

제22회 전자정보통신 학술대회

CEIC 2020

The 22th Conference on Electronics and Information Communications

- ◆ 일 시 : 2020년 12월 4일(금)
- ◆ 장 소 : 대전 ETRI 융합기술생산센터
- ◆ 주 최 : 한국통신학회 대전·충남지부, 대한전자공학회 스위칭및라우팅연구회,
IEEE Daejeon Section
- ◆ 주 관 : 한국통신학회 대전·충남지부

논문 목록

Technical Session 1 [융합1 - 현장발표]	Technical Session 2 [융합2 - 동영상]
[TS1-1] 50Gbps 모바일 프론트홀 시스템의 구조 및 구현 방법 - 황인기, 이승우, 강현식, 장순혁, 이준기(ETRI)	[TS2-1] 안드로이드 FOTA(Firmware Over-The-Air) 업데이트 파일에 관한 연구 - 이석훈, 류재철(충남대학교)
[TS1-2] 다중로그 플랫폼을 활용한 충전안전 시스템 설계 및 구현 - 신원재, 권은정, 장동만, 이응돈, 이용태(ETRI)	[TS2-2] 3D CNN과 Bi-LSTM을 이용한 리그 오브 레전드 경기 영상 하이라이트 추출 - 차정훈(경희대), 남상대(건국대), 장효철(부산대)
[TS1-3] 국부 곡률 신뢰도를 이용한 스테레오 정합 성능 개선 기법 - 이진환, 윤정일, 엄기문, 정원식, 서정일(ETRI)	[TS2-3] 교량의 손상평가를 위한 GAN 시뮬레이션 모델에 관한 연구 - 한주혁, 송호중, 김용석(건양대학교)
[TS1-4] 선택적 여과 다중 반송파 전송방식들에 대한 해석적 분석에 관한 연구 - 이우용, 고영조(ETRI)	[TS2-4] LTE망에서 MPTCP 프로토콜을 사용한 핸드오버 성능 분석 - 김서현, 강희수, 정일형, 김병철, 이재용(충남대학교)
	[TS2-5] 실시간 기상환경 데이터를 이용한 개인 맞춤형 서비스 - 우수빈, 박승희, 최병진, 황경호(한밭대학교)
	[TS2-6] 심전도 데이터 기반의 머신러닝을 활용한 간이 폐쇄성수면 무호흡증 진단 모델 - 정해성, 김태현, 김서영, 서대웅(경북대학교)
	[TS2-7] 발사 임무 사후 분석을 위한 녹화영상 동기 재생 시스템 설계 - 조형근(한국항공우주연구원)
Technical Session 3 [융합3 - 현장발표]	Technical Session 4 [융합4 - 동영상]
[TS3-1] 위드 코로나 시대 신 남방 국가와의 ICT 기술 협력 분야 선정에 관한 연구 - 이은혜(충남대), 노일수(ETRI)	[TS4-1] 근거리 수중통신을 위한 네트워크 실해역 실증 연구 - 조아라, 최영철(선박해양플랜트연구소)
[TS3-2] 생체신호 기반 바이오 크립토 기술 동향 및 서비스 시나리오 분석 - 권혁찬, 황호빈, 정병호(ETRI), 이종실(한양대)	[TS4-2] 주파수 도메인 데이터의 CFAR 처리 성능 향상을 위한 개선 방법 - 김수현(한화시스템)
[TS3-3] 공동주택 AMI 미터 데이터 신뢰성 확보를 위한 도커 기반 프라이빗 블록체인 플랫폼 연구 - 최창식, 한진수, 박완기(ETRI)	[TS4-3] 데이터집약형 거대과학연구의 가속화를 위한 국가연구망의 과학빅데이터 첨단네트워크기술 - 이찬균, 장민석, 노민기, 석우진(한국과학기술정보연구원)
[TS3-4] Random Forest 및 LSTM 기반 의료기기 네트워크 랜섬웨어 이상 행위 탐지 - 정병호, 권혁찬(ETRI)	[TS4-4] UNECE WP.29 자동차 사이버 보안 법규 제정에 따른 국내 자동차 사이버 보안 현황 분석 - 조유라, 송원석, 류시원, 오재욱, 유은혜, 조해린(한국정보기술연구원)
	[TS4-5] ESS 화재 예방을 위한 BMS 개발 연구 - 진윤선, 이재덕, 김춘경, 배정효(한국전기연구원)
	[TS4-6] 야간 자율주행을 위한 적외선 이미지를 이용한 객체 인식 - 김민환, 이혜주, 정해준, 노승환(공주대)
	[TS4-7] 적응 형성기를 가진 MIMO-OFDMA 시스템을 위한 전력제어 기법 - 김찬규(한밭대)
Technical Session 5 [융합5 - 동영상]	Poster Session [융합6 - 현장발표 또는 동영상]
[TS6-1] AI기반 지능형 물류 통합 관리 플랫폼 구축에 관한 연구 - 황욱철((주)덱스), 김은(경남대)	[PS1-01] 지상파 UHD 기반 재난경보서비스를 위한 수신된 재난정보 활용에 관한 연구 - 조경섭, 이상윤, 배병준(ETRI)
[TS6-2] 자율주행 셔틀버스 차량 내 디스플레이 콘텐츠 조작을 위한 다수 사용자 인터랙션 시스템 개발 및 프로토타입 구현 - 김민준, 채승훈, 이동현, 문연국(한국전자기술연구원)	[PS1-02] 5G 프론트홀 전달망을 위한 MTN 기술 - 고재수, 장순혁, 이준기(ETRI)
[TS6-3] 1셀 리튬이온 배터리 보호 모듈 설계 및 실시간 SOC 모니터링 기술에 관한 연구 - 김민준, 채승훈, 문연국(한국전자기술연구원)	[PS1-03] 포토닉스 기반 THz 전송링크를 이용한 무압축 4K UHD 영상 전송 시험 - 김승환, 김연상, 문상록, 조승현(ETRI)
[TS6-4] 생체신호 기반 실시간 인터랙션 제어 시스템 설계 및 구현 - 김명진, 채승훈, 김민준, 문연국(한국전자기술연구원)	[PS1-04] 이더넷 기반 다중도메인 차량 네트워크에서 경량화된 침입 탐지 방법 연구 - 전부선, 정보홍(ETRI)
[TS6-5] 엣지컴퓨팅 지원을 위한 근거리 노드간 데이터 공유 프레임워크 설계 - 주현태, 정용무(한국전자기술연구원)	[PS1-05] 안티드론을 위한 딥러닝 기반 실시간 탐지/추적/인식 기술 연동 프레임워크 - 전진우, 이인재, 최상혁, 차지훈(ETRI)
[TS6-6] 산업 IoT를 위한 엣지 컴퓨팅 연구 - 홍용근(동명대학교)	[PS1-06] 불법 드론 탐지를 위한 딥러닝 기반 표적 탐지 알고리즘 개발 - 이인재(ETRI), 전진우, 최상혁, 차지훈(ETRI)
[TS6-7] V2I 시스템에서 RSU의 전송 지속 시간 변화에 기반한 데이터 전달 지연값의 감소 방법 - 서봉수(공주대학교)	[PS1-07] 공장자동화를 위한 절대시간 동기 유지 절차 연구 - 김용선, 장갑석, 고영조(ETRI)
	[PS1-08] IoT 보안위협 확산 방지를 위한 동적 보안정책 모델 - 손선경, 임재덕, 김정녀(ETRI)
	[PS1-09] 우편 배달용 드론 관제시스템 GUI 구현 - 김봉수, 한경수(ETRI)
	[PS1-10] 소형드론 무선 식별 에너지 효율 개선 방안 및 성능 분석 - 오진형, 강규민(ETRI)
	[PS1-11] 영국의 국가 데이터 전략 분석 및 국내 정책에 대한 시사점 - 설성호, 권수천(ETRI)
	[PS1-12] 우리나라 인공지능과 빅데이터 연구위상 분석에 관한 연구 - 김문구, 박안선, 권수천(ETRI)
	[PS1-13] 가정용 스마트 측정 기기의 데이터를 활용한 근감소증 진단을 위한 알고리즘 설계 - 이윤주, 원윤재(한국전자기술연구원)

50Gbps 모바일 프론트홀 시스템의 구조 및 구현 방법

*황인기, **이승우, ***강현식, ****장순혁, *****이준기
한국전자통신연구원

*ikhwang74@etri.re.kr, **beewoo@etri.re.kr, ***gadin@etri.re.kr, ****shchang@etri.re.kr,
*****juneki@etri.re.kr

Implementation of 50 Gbps Mobile-Fronthaul system

*Hwang In Ki, **Lee Seung Woo, ***Kang Hun Sik, ****Chang Sun Hyok,
*****Lee Joon Ki
ETRI

요 약

본 논문은 50Gbps 급 데이터 전송용량을 지원하는 모바일 프론트홀 시스템을 FPGA 로 구현, 시험한 결과에 대하여 기술한다. 구현된 FPGA 시스템은 IEEE 802.3 Ethernet 규격을 만족하도록 구현되었고, 실시간 동작이 가능하도록 고속 병렬 처리 구조를 이용하여 구현되었다. 상용 CPRI/Ethernet 분석장비와 연동하여 시험 결과, 전기적 루프백 시험에서 에러 프리의 성능을 확인하였다.

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2020-0-00847, 5G+ 기지국 프론트홀 기술 개발)

I. 서 론

모바일 프론트홀은 5G/B5G 이동통신 기지국의 3 가지 핵심 기능 요소인 CU(Central Unit) 및 DU(Distribution Unit)와 RU(Remote Unit)를 연결하는 초고속 저지연 광 네트워크를 말한다. 기존의 10/25 Gbps/λ, CPRI 기반 점대점 연결 방식에서, 50Gbps/λ, 패킷 전송 기반(RoE, eCPRI, Ethernet)의 다양한 프로토콜을 지원함으로써 전송용량의 한계를 극복하고, 전송효율을 향상시키는 장점을 갖는다.

5G 프론트홀에서 요구되는 데이터 전송용량은 주파수 대역폭 확장과 빔포밍 안테나 기술의 발전으로 크게 증가할 것으로 전망된다. 4G LTE 에서 주파수 대역폭 20MHz 를 갖는 2x2 MIMO 경우, CPRI(Common Public Radio Interface) 링크의 전송용량은 2.46Gbps 이며, massive MIMO 가 적용되어 8 개의 안테나를 사용하는 경우, 10.04Gbps 의 전송용량을 필요로 하게 된다. 이에 더해 주파수 대역폭이 100/200MHz 로 확대되면, 필요 데이터 전송용량은 수백 Gbps 에 달하게 된다. 데이터 전송 효율 향상을 위해 데이터 전송 효율이 낮은 CPRI 에서 패킷 전송 기반으로 변화하고 있으며, 데이터 전송용량을 향상시키기 위해 RU 와 DU, CU 간 기능 분리(function split) 등이 논의되고 있다. 또한 프론트홀 시스템에서 처리해야하는 데이터 전송용량도 기존의 10/25Gbps 에서 50Gbps 급이 요구된다.

기존의 프론트홀 구현 논문은 전송효율 향상을 위해 CPRI 데이터를 압축하는 기술 [1], DSP-assisted channel aggregation 기술을 통해 전송용량을 향상시키는 기술 [2] 등이 FPGA 를 통해 구현되었다.

본 논문에서는 50Gbps/λ 데이터 처리능력을 갖춘 패킷 전송 기반 프론트홀 시스템을 FPGA 를 이용하여 구현, 시험한 결과에 대하여 기술한다.

II. 본론

구현된 프론트홀 시스템은 IEEE 802.3 25GBASE-R, 50GBASE-R 규격을 따른다. [3][4][5] 클라이언트 접속부는 25GBASE-R 규격의 PCS(Physical Coding Sublayer) 기능을 지원하며, 네트워크 접속부는 50GBASE-R 규격의 PCS, RS-FEC(Reed-Solomon Forward Error Correction) Sublayer 기능을 지원한다.

1) 프론트홀 송신부

프론트홀 송신부는 클라이언트 접속부에서 수신한 25.78125Gbps, 2 채널 데이터를 신호 처리하여 26.5625Gbps, 2 채널로 송신하는 블록을 정의한다.

클라이언트 접속부는 25.78125Gbps 데이터 전송 속도를 지원하는 SERDES (Serializer / De-serializer) 2 채널을 이용하여 66 비트, 390.625MHz x 2 데이터를 출력한다. 동기화 모듈은 2 비트 sync header 를 이용하여 데이터 동기를 획득한다. SERDES 에서 CDR(Clock Data Recovery)를 이용해 생성한 데이터 수신 클럭은 시스템 로직에서 사용하는 클럭과 그 소스가 다르기 때문에 클럭간 Skew 문제가 발생할 수 있다. 입출력 제어 Buffer 모듈은 클럭간 Skew 문제를 해결하기 위해, 입출력간 전송속도를 유지하면서, IDLE 데이터를 삭제 또는 삽입하는 기능을 수행한다. 그림 1

은 입출력 제어 Buffer 모듈의 구조도를 나타낸다. 그림과 같이 Descrambler 를 이용하여 64B/66B Encoded 형태로 데이터를 descrambling 한 후, 데이터의 Block Type (그림 2)을 이용하여 데이터의 IDLE 여부를 결정한다. IDLE 데이터는 FIFO 에 WRITE 되지 않는다. Controller 에서는 RD_CLK 에 동기 되어, RD/WR 동작 간 시간차를 추적하고, 그 차이가 일정 범위 이상 커지면, TERMINATION 데이터 후 IDLE 을 일정량 삽입하여 시간차를 원하는 값으로 매치시킨다.

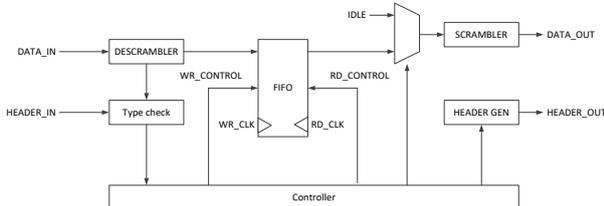


그림 1. 입출력 제어 Buffer 모듈 구조도

Input Data	S I D E	Block Payload
ER Position: 0 1 2		
Data Block Format: D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁		
Control Block Format:		
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁	10	D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅ D ₆ D ₇ D ₈ D ₉ D ₁₀ D ₁₁ D ₁₂ D ₁₃ D ₁₄ D ₁₅ D ₁₆ D ₁₇ D ₁₈ D ₁₉ D ₂₀ D ₂₁ D ₂₂ D ₂₃ D ₂₄ D ₂₅ D ₂₆ D ₂₇ D ₂₈ D ₂₉ D ₃₀ D ₃₁

그림 2. 64B/66B 블록 포맷

입출력 제어 Buffer 의 출력은 64B/66B to 256B/257B Transcoder 로 입력되어 66 비트 x 4 의 데이터가 257 비트로 압축된다. 이는 후의 RS-FEC(544,514) 동작으로 추가되는 데이터로 인해 규정된 전송속도 26.5625Gbps 를 맞추지 못하는 것을 방지하기 위함이다. AM(Alignment Marker) 삽입 모듈은 수신단에서 RS-FEC 의 동작시점을 찾기 위해 삽입하는 신호로 일정 주기 (1024 x 20) 마다 IDLE/IFG (Inter Frame Gap) 데이터 대신 AM 신호를 삽입한다. 매핑 모듈은 2 채널을 통해 입력된 신호를 50Gbps 프레임으로 매핑하는 기능을 수행한다. RS-FEC(544,514)의 구현 구조 상 입력되는 데이터는 N 개의 심볼로 구성되어야 하며, 네트워크 접속부의 SERDES 는 26.5625Gbps 의 전송속도를 구현하기 위해 80비트 단위로 데이터를 입력 받아야 한다. RateMatch 모듈은 257 비트, 195.3125MHz 의 데이터를 160 비트, 332.03125MHz 단위로 변환하는 기능을 수행한다. RS-FEC(544,514) 모듈은 MATLAB 을 이용하여 구현되었으며, 추후 FPGA 로 구현 예정이다. Distribution 모듈은 RS-FEC 의 출력 데이터를 심볼단위로 2 개의 채널로 분배하는 기능을 수행한다. 네트워크 접속부는 26.5625Gbps 전송 속도를 지원하는 SERDES 를 2 개를 이용하여 80 비트, 332.03125MH x 2 의 데이터를 직렬로 변경하여 송신한다.

2) 프론트홀 수신부

프론트홀 수신부는 네트워크 접속부에서 수신한 26.5625Gps, 2 채널 데이터를 신호 처리하여 25.78125Gbps, 2 채널로 송신하는 블록을 정의한다.

네트워크 접속부는 26.5625Gbps 데이터 전송속도를 지원하는 SERDES 를 이용하여 80 비트, 332.03125 MHz 로 데이터를 출력한다. 동기화 모듈은 송신부 AM 삽입 모듈에서 삽입한 AM 신호를 이용하여 동기를 획득하며, 그림 3 과 같이 채널 별 할당된 심볼의 위치에 따라 정해진 값을 갖는다. 이를 통해 PAM-4 전송 중 채널의 위치가 바뀌어도 해당 채널에 맞게 데이터를 복구할 수 있다.

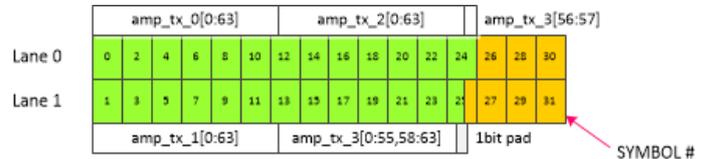


그림 3. 채널 별 AM 신호 분배도

동기를 획득한 신호는 RS-FEC-1 모듈로 입력되기 위해 Aggregation 모듈에서 심볼단위로 재구성된다. RS-FEC-1 의 160 비트 단위의 출력 데이터 포맷을 Transcoder 에서 처리하기 위해 RateMatch-1 모듈에서 160비트, 332.03125MHz 에서 257 비트, 195.3125 MHz 로 데이터 포맷을 변동시킨다. 디매핑 모듈은 25Gbps 이더넷 포맷에 맞춰 50G 데이터 신호를 디매핑하는 기능을 수행한다. AM 검출/제거 모듈은 Transcoding 전에 AM 데이터를 찾아내어 제거하는 기능을 수행한다. Transcoding 은 Scrambled 된 데이터를 처리하기 때문에, AM 데이터를 제거하지 않고 처리하게 되면, AM 신호에 영향을 받아 Descrambled 값이 원 데이터 값과 달라지기 때문이다. 256B/257B to 64B/66B Transcoding 모듈은 257비트를 입력 받아 66비트 x 4 로 압축을 푸는 기능을 수행한다. LSB (Least Significant Bit) 5 비트 값을 이용하여 압축된 4 개 데이터의 Type 정보를 획득한 후 데이터 Type 일 경우 LSB 1 비트 제거 후 헤더를 생성하여 출력하고, 제어 Type 의 데이터가 있는 경우 압축하면서 제거된 4 비트의 Block Type 값을 추정, 생성한 후 헤더를 생성하여 출력한다. 입출력 제어 Buffer 는 시스템 클럭과 클라이언트 접속부 SERDES 간의 클럭 Skew 를 보정해 주는 기능을 수행한다. 클라이언트 접속부는 66 비트 390.625MHz 를 지원하는 SERDES 2 채널로 구성된다.

3) 구현 및 시험

구조된 프론트홀 시스템은 Xilinx VCU118 Evaluation board (Virtex UltraScale+ XCVU9P FPGA)를 이용하여 구현되었다. 최대 동작 속도는 390.625MHz 이고, Utilization 은 아래의 표와 같다.

Resource	Utilization	Available	Utilization %
LUT	15888	1182240	1.34
LUTRAM	1320	591840	0.22
FF	28184	2364480	1.19
BRAM	90	2160	4.17
IO	4	832	0.48
GT	4	52	7.69
BUFG	13	1800	0.72
MMCM	3	30	10.00

표 1. Utilization 결과

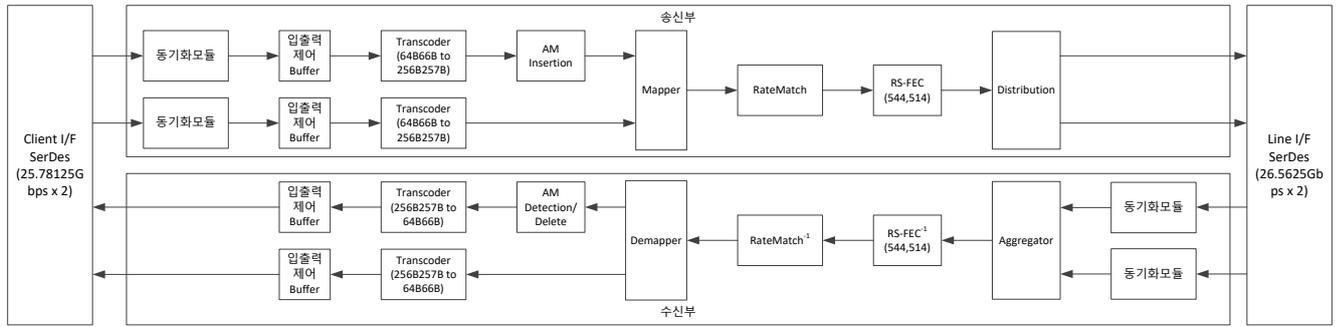


그림 4. 50Gbps 급 모바일 프론트홀 시스템 구조도

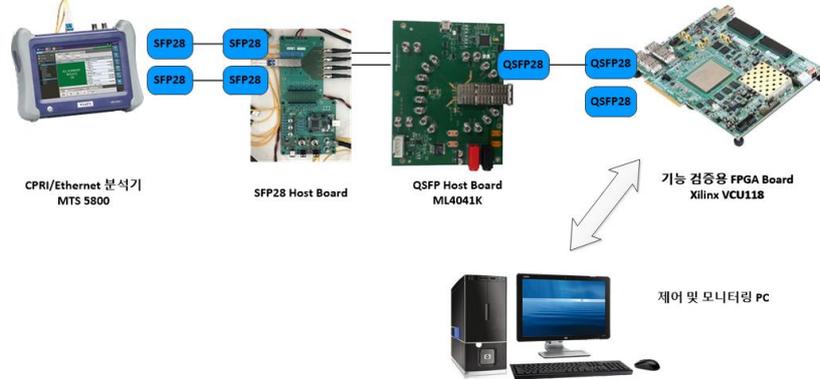


그림 5. 시험 환경 구성도

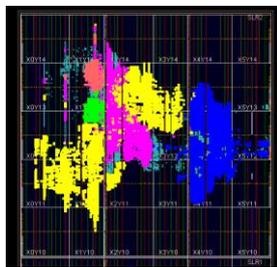


그림 6. PnR 결과

그림 5 는 시험 환경 구성을 보여준다. 상용 CPRI / Ethernet 분석기에서 생성된 25Gbps x 2 Ethernet Packet 을 QSFP28 광송수신기로 입력 받아, 구현된 프론트홀 시스템에서 50 Gbps 로 신호 처리 후 다른 QSFP28 를 이용하여 송신한다. 송신된 신호는 QSFP28+ Loopback Adapter 를 이용하여 전기적으로 Loopback 되고 수신된 신호를 신호 처리 후 25Gbps x 2 신호로 CPRI/Ethernet 분석기로 송신한다. 분석장비에서는 수신된 신호의 format 을 확인하고, payload 의 BERT (2³¹-1) 정보를 이용하여, BER 값을 표시한다. 그림 7 은 그 분석결과로써, Error 없이 수신된 것을 확인할 수 있다.

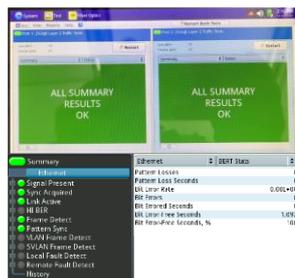


그림 7. CPRI/Ethernet 분석기 분석 결과

III. 결론

본 논문에서는 50Gbps 급 데이터 전송용량을 지원하는 프론트홀 시스템을 FPGA 를 이용하여 구현하였다. 최대 동작 속도는 약 391MHz, 최대 전송용량은 53.125Gbps 를 지원하며, IEEE 802.3 Ethernet 규격을 만족한다. Electrical Loopback 시험에서 Error Free 성능을 보여주었으며, Optical Loopback 시험에서 1E⁻⁹ 수준의 BER 성능을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] S.H. Kim, H.S. Chung, and S.M Kim, "Experimental Demonstration of CPRI Data Compression based on Partial Bit Sampling for Mobile Front-Haul Link in C-RAN", OFC 2016, W1H
- [2] H. Zeng, N. Chand, "Real-Time Demonstration of CPRI-Compatible Efficient Mobile Fronthaul Using FPGA", 2017, Journal of Lightwave Tech.
- [3] IEEE Std 802.3TM-2018, IEEE Standard for Ethernet, 2018
- [4] IEEE Std 802.3TM-2015, IEEE Standard for Ethernet, 2015
- [5] IEEE Std 1914.3TM-2018, IEEE Standard for Radio over Ethernet Encapsulations and Mappings(RoE), Sept. 2018

다중로그 플랫폼을 활용한 총기 안전시스템 설계 및 구현

*신원재, 권은정, 장동만, 이응돈, 이용태

한국전자통신연구원

* {thunder9001, ejkwon, dmjang, edlee, ytlee}@etri.re.kr

Design and Implementation of Machine Learning base Firearm safety system with multilog platform

* Won-Jae Shin, Eunjung Kwon, Dong-Man Jang, Eungdon Lee, Yong-Tae Lee

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

최근 빅데이터 및 인공지능 기술에 큰 발전이 있음에 따라 여러 분야에서 해당 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 그중 공공 안전 분야에서는 사용자의 위험상황을 분석하여 인공지능 기반의 분석 예측을 통해 안전을 보장하기 위한 요구사항이 대두되고 있다. 또한 고성능 모바일 단말 기기에서 획득할 수 있는 다양한 센서 데이터들을 융복합하여 분석하면, 획득한 센서 데이터의 잠재적 가치를 최대로 활용할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 다중로그 데이터들을 분석하여 보호대상자를 총포로부터 안전하게 보호할 수 있는 다중로그 플랫폼 기반 이동경로 예측 기법을 제안한다. 또한 해당 알고리즘을 적용한 다중로그 플랫폼의 구성과 그에 따른 구현 결과를 소개한다.

I. 서론

최근 여러 사회적 문제들을 해결하기 위해 보행자 행동 및 경로 예측 분야의 연구가 활발해졌다. 특히 자율주행 자동차의 등장으로 인해 보행자와 차량 간의 사고를 막기 위해 많은 기업들이 보행자의 행동 및 경로를 예측하는 연구를 진행 중이다. 최근 기술의 발전으로 인하여 많은 양의 연산을 짧은 시간에 수행하는 것이 가능해졌고 이로 인해 딥러닝은 큰 발전을 이룰 수 있었다. 특히 컴퓨터 비전 분야에서는 딥러닝으로 큰 혜택을 보며 사람보다 높은 정확도의 이미지 인식이 가능해졌다. 딥러닝 기술을 활용하기 위해서는 도메인에 적합한 학습 알고리즘을 선정하는 것이 중요하다.

기존의 위험관련 연구는 이미 발생한 위험현상분석에 집중하였고, 위험을 예측하는 연구는 활발히 진행되지 않았다. 이를 사용자 이동 로그 데이터 기반 보행자의 이동 경로를 예측함에 따라 위험 상황에 접할 가능성을 예측함으로써 사고 및 위험상황 발생을 방지할 수 있으며, 딥러닝 기반으로 예측 모델을 구현하여 데이터 마이닝 기반으로 생성된 모델과의 차이점을 가진다. 앞으로는 딥러닝을 통하여 보행자의 경로를 예측하는 연구는 보행자의 경로 뿐 아니라 행동 예측까지도 발전할 가능성이 있다. 또한 보행자 뿐 아니라 자동차, 비행기, 선박 등 여러 이동 수단의 경로를 예측하여 사고 예방 및 기술 발전에 도움을 줄 수 있다. 또한 자율주행자동차에 보행자 경로 예측 모델이 탑재되어 보행자의 행동을 예측함으로써 사고 예방에 효과적인 도움을 줄 수 있다. 딥러닝은 큰 발전을 이루었으며 앞으로도 무궁무진한 가능성을 가지고 있다.

다중로그 플랫폼은 사용자의 위치 변화에 따른 위치 정보, 센서 정보를 수집하고, 최종사용자의 스마트폰을 통해 위험이 감지 또는 예측된 경우 상황 대응정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 논문은 “딥 러닝 기반 경로 영상 인식 기술 개발”에 대한 내용과 관련된 것으로, 기계학습 기반

으로 영상을 분석하여 사용자의 경로를 판단하는 기능 구현을 위한 상세한 설계 내용을 기술한다.

II. 본론

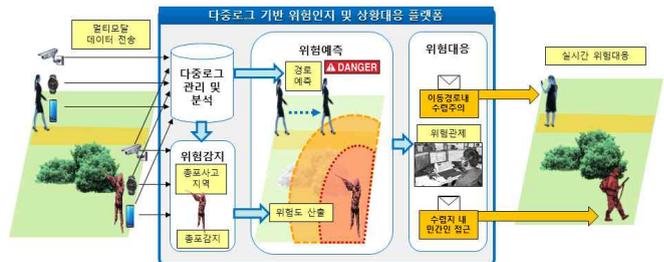


그림 1. 다중로그 플랫폼을 활용한 총기 안심 서비스 시나리오

상기 그림은 다중로그 플랫폼을 활용한 총기 안심 서비스 실증 시나리오를 나타낸다. 보호대상자와 총기를 가지고 있는 염사 모두 다중로그 서비스 애플리케이션을 설치한 스마트단말을 사용하여 GPS를 비롯한 다양한 다중로그 데이터를 서버에서 수집한다. 그 후 서버에서 각자의 경로를 예측하여 보호대상자와 염사가 조우하지 않도록 다중로그 서비스 애플리케이션으로 알림 및 메시지를 보내 위험 상황을 피하는 시나리오이다.

위와 같은 시나리오를 위해 다중로그 플랫폼은 다음의 그림과 같이 구성된다. 보호대상자로부터 데이터를 수집하고 위험상황을 알리기 위한 이중 데이터 소스모델, 다중로그 데이터를 수집하여 분류하고 전처리하는 다중로그 관리와 위험상황 감지 데이터모델링 및 위험감지 분석엔진이 있는 위험감지, 다중로그 모듈, 위험 조우 예측과 모니터링을 통한 상황대응 모듈로 구성이 되어있다.



그림 2 다중로그 플랫폼 시스템 구성

본 논문에서는 상기 시스템중 LSTM을 활용한 위험 조우 예측 시스템을 제안한다. 딥러닝 모델은 1차원 데이터를 입력 받아 1차원 데이터를 출력하는 형태이지만, 본 연구는 GPS값을 예측하기 위하여 2차원 x, y 데이터를 입력받아 다음 시간간격(timestep)의 위치예측값(x,y)을 출력하는 딥러닝 모델을 생성하였다. 딥러닝 모델 중 라벨이 있는 지도학습 모델을 생성하였는데, 본 모델의 라벨은 다른 모델들과 차이점이 있다. 본 모델은 시계열 데이터인 GPS좌표를 예측하는 모델이기에 일정한 시간간격의 데이터들을 하나의 학습데이터로 보고 그 학습데이터의 라벨을 다음 시간간격의 위치로 하였다. 여기서 일정한 시간간격은 Look_back 의 길이이다. 아래 그림과 같이 Look_back 길이 만큼의 데이터들을 학습데이터, 테스트 데이터의 단위로 설정한 후 Look_back 길이 이후의 위치를 label로 설정하였다.

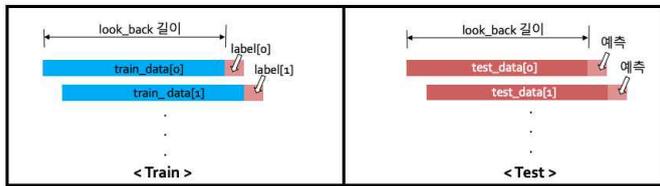


그림 3.look_back의 크기를 고려한 train 방법 및 test 방법

생성한 RNN-LSTM 모델에는 look_back 이라는 개념이 들어간다. gps 데이터는 시계열 데이터이다. 시계열 데이터의 예측을 위해서 라벨링을 look_back 데이터 이후의 데이터로 해줘야 한다. 예를 들어 look_back의 길이가 5이면, 5개 timestep의 데이터의 흐름을 학습데이터의 단위로 보고 이 데이터의 라벨은 5 timestep 이후의 위치가 된다. 이 look_back의 길이에 따라 예측 성능이 변하기에 최적의 look_back 길이를 찾는 것이 중요하다. 또한 본 모델은 3,000개 정도의 sequence가 있는 데이터로 학습을 시켜야 학습이 되어 성능을 볼 수 있다는 점을 파악하였다. 아래 그림을 통하여 look_back을 고려한 라벨링 방식 및 학습방식을 확인할 수 있다. 또한 본 연구는 아래 그림과 같이 look_back길이 다음의 길이를 더 추가하여 예측 가능 범위를 늘리기 위하여 forward_length 만큼의 길이 이후의 값을 예측하는 실험을 하였다.

look_back	학습시간(초)	MSE	Accuracy(%)
10	152.8320	0.01674	97.86
30	394.6860	0.01791	97.74
50	665.1247	0.01680	97.30
70	953.7043	0.01978	97.06

표 2. Look back 길이에 따른 성능 비교표

아래의 그림은 본문에 기술한 시스템 구성에 상기의 기계학습 기반 위험 조우 예측 시스템을 적용한 시각화 모니터링 화면이다. 보호대상자와 업체의 이동 경로를 수집하여 표출하며 추가로 각각의 예상 이동 경로를 표출한다. 이렇게 표출된 경로들이 가까워질수록 그림과 같이 타원형으로 위험 표시를 하며 일정 임계치 미만으로 가까워지면 그림 5 와 같이 각각의 스마트 단말에 메시지를 출력한다.



그림 4. 이동경로 예측에 따른 총포 위험 조우 예측 시각화



그림 5 사용자 단말을 활용한 위험 조우 예측 알림.

III. 결론

본 논문에서는 현재 구축하고 있는 다중로그 시스템의 총포 안전 시나리오에 따른 시스템 구성과 위험조우예측 알고리즘을 간단히 소개하고, 보호대상자의 안전을 위한 모니터링과 위험 메시지 전송 시스템을 제안하였다. 제안하는 위험조우예측 알고리즘은 보호대상자의 GPS 데이터를 시계열로 Lookback 길이만큼 분석하여 일정 timestep 이후의 위치를 결과로 표출한다. 이렇게 예측된 보호대상자 및 업체의 이동 경로의 거리를 분석하여 실시간으로 모니터링하여 위험 상황으로 간주되면 각각의 스마트 단말로 알림을 전송하게 되어 안전을 확보 할 수 있다. 현재 해당 시스템은 실험실 테스트를 완료하여 실증테스트 단계에 있으며 향후 경찰청의 총기데이터와 연계하여 연구개발을 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] H. Park et. al., "Multi-log analysis platform for supporting public safety service," in Proceeding of the 2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence, Jeju, South Korea, pp.1137-1139, Oct. 2017.
- [2] 신원재, 권은정, 박현호, 정의석, 변성원, 장동만, 이용태, "다중로그 플랫폼을 위한 딥러닝 기반 경로 분류 기술 개발", 2019년 한국방송·미디어공학회 추계학술대회, 2019.1171 - 72

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017-0-00336, 다중로그 기반 멀티모달 데이터융합 분석 및 상황 대응 플랫폼 기술 개발)

국부 곡률 신뢰도를 이용한 스테레오 정합 성능 개선 기법

*이진환, 윤정일, 엄기문, 정원식, 서정일
한국전자통신연구원 실감미디어연구실

Stereo Matching Performance Improvement Algorithm Using Local Curvature Confidence

*Jinhwan Lee, Joungeil Yun, Gi-Mun Um, Won-Sik Cheong, Jeongil Seo
Immersive Media Research Section

Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : jinhwan@etri.re.kr, sigipus@etri.re.kr, gmum@etri.re.kr, wscheong@etri.re.kr,
seoji@etri.re.kr

Abstract

In this paper, we propose a novel stereo matching algorithm to update the matching costs of the background part to a lower values if the matching cost local curvature of the background part is larger than that of the foreground part. We first calculate the local curvature of matching cost, and then update the matching cost using the local curvature confidence.

Through test simulation, it is showed that the proposed algorithm improves the problem of foreground fattening effect caused by occluded areas between images.

I. 서론

스테레오 정합이란 시차를 가진 두 장 이상의 영상에서 화소정보를 기반으로 기준영상의 특정위치에 해당하는 대응점을 탐색영상에서 찾는 기술이다.

스테레오 정합시 텍스처의 부재와 영상간의 폐색영역은 변이맵을 구하는데 큰 걸림돌로 작용하고 있으며, 최적의 변이맵을 구하기 위한 스테레오 정합 연구는 영상 처리 분야에서 활발히 진행되고 있다.

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017-0-00072, 초실감 테라미디어를 위한 AV 부호화 및 LF 미디어 원천기술 개발)

일반적으로 최적의 변이맵을 구하기 위하여 다음 네 가지 과정을 수행한다.

- (1) 정합비용 계산
- (2) 정합비용 집계
- (3) 변이 최적화
- (4) 변이맵 정제

대부분 정합비용 계산은 기준영상의 화소정보와 탐색영상에서 대응되는 화소정보와의 차를 이용하며, SAD(Sum of Absolute Difference), Rank변환, Census변환 등을 이용한다.

정합비용 집적은 정합비용의 모호성을 줄이기 위해 해당 화소의 정합비용만을 고려하는 것이 아니라 주변 화소의 정합비용을 공간적으로 집계하여 정합비용을 개선하는 과정이다. 이에 CBCA(Cross-Based Cost Aggregation), Guided filtering 기법 등이 있다.

변이 최적화는 사전 정의된 에너지 함수를 국부적으로 또는 전역적으로 최소화하기 위한 과정으로 Graph Cut과 SGM(Semi-Global Matching) 기법이 대표적이며 이 기법들은 평탄화 제약(smoothing constraint)을 이용하므로 텍스처 부재로 인한 오류를 해결한다. 이 과정에서 정합비용이 가장 적은 변이를 해당화소의 변이값으로 결정하여 변이맵을 생성한다 (WTA: Winner Take All).

변이맵 정제 과정에서는 앞에서 구한 변이맵에 대하여 기준영상의 변이맵과 탐색영상의 변이맵 간에

신뢰도 검사(LRC: Left/Right Consistency Check)를 실시한 후 이를 기반으로 outlier를 제거하여 변이맵을 정제한다. 이 과정으로 인하여 폐색영역으로 인한 오류를 줄일 수 있다.

앞에서 설명한 기법들로 인하여 텍스처의 부재와 영상간의 폐색영역으로 인한 오류를 개선할 수 있음에도 불구하고, 텍스처 부재와 폐색영역 문제가 겹치는 경우에는 전경이 비대해지는 현상(foreground fattening)이 발생하기 쉬우며, 기존 기법으로는 이에 대처하기 어렵다. 본 논문에서는 정합비용으로부터 구한 국부 곡률 신뢰도를 이용하여 전경 비대 현상을 해결할 수 있는 기법을 제안한다.

II. 본론

2.1 기존 알고리즘

스테레오 정합의 성능 개선을 위하여 신뢰도를 구하는 방식은 크게 변이맵으로부터 구하는 방식과 정합비용으로부터 구하는 방식으로 나뉜다. [1]

변이맵이 아닌 정합비용으로부터 신뢰도를 구하면, 이를 SGM과 같은 변이맵 최적화 과정에 적용하여 성능을 향상시킬 수 있다.

정합비용으로부터 신뢰도를 구하는 대표적인 기법에는 피크율(PKR: Peak Ratio)을 이용하는 기법과 국부 곡률(LC: Local Curvature)을 이용하는 기법이 있다. 피크율을 이용하는 기법은 식 (1)과 같이 최소의 정합비용 값과 두번째 국소 최저치(Local minima of the cost curve) 정합비용 값의 비율이 큰 경우에 높은 신뢰도를 갖는다. 국부 곡률 기법은 식 (2)와 같이 최소의 정합비용 값을 가진 변이에서의 국부 곡률이 큰 경우, 높은 신뢰도를 가진다. [1] [2]

$$Conf_{PKR} = \frac{Cost_{2m}}{Cost_1} \quad (1)$$

$$Conf_{LC} = -2Cost(d_1) + Cost(d_1 - 1) + Cost(d_1 + 1) \quad (2)$$

그림 1은 변이맵의 에러맵과 신뢰도맵을 나타내었다. 에러맵과 신뢰도맵의 형태가 유사함을 알 수 있다. 이는 구한 신뢰도맵이 구한 정합비용에 대한 신뢰도를 비교적 잘 표현하고 있다는 의미이다.



그림 1. 변이맵의 에러맵(좌), 피크율을 이용한 신뢰도맵(중양), 국부 곡률을 이용한 신뢰도맵(우)의 비교

정합비용으로부터 구한 신뢰도를 이용하여 성능을 향상시키는 잘 알려진 기법에는 아래의 두 가지가 있다.

첫번째는 신뢰도를 이용하여 정합비용을 변조함으로써 성능을 개선할 수 있는 기법이다. 식 (3)과 같이 신뢰도가 낮은 화소에서는 해당 화소 정합비용의 평균값에 가깝게 변조시키고, 신뢰도가 높으면 자체의 정합비용을 유지하도록 한다. [2]

$$Cost_{new}(p, d) = Conf(p)Cost(p, d) + (1 - Conf(p))Cost(p, mean) \quad (3)$$

두번째 기법으로는 SGM에서 패널티(평탄화 제약 계수) 부가시, 신뢰도가 낮은 화소에서는 패널티를 높게 하고, 신뢰도가 높으면 패널티를 낮게함으로써, 신뢰도가 높은 화소의 정합비용이 주변화소 정합비용의 영향을 적게 받도록 한다. [3]

2.2 국부 곡률 신뢰도를 이용하여 정합비용을 갱신하는 기법

객체 경계의 배경부분에는 폐색영역이 주로 존재하며, 특히 배경에 텍스처 성분이 적으면, 전경 비대 현상이 발생하게 된다.

해당 변이에서 정합비용의 국부 곡률이 크면 신뢰도가 높다는데 착안하여, 본 기법을 제안하였다.

식 (2)에서는 해당 화소에서 최소의 정합비용 값을 가진 변이에서의 국부 곡률을 이용하여 해당화소의 정합비용에 대한 신뢰도를 구하였다.

식 (4)와 같이, 식 (2)를 정합비용으로 나누어 주면 더 정확한 신뢰도를 구할 수 있으며, 해당 화소 내에서 변이 간의 상대적인 신뢰도를 구하는데 적합하다.

$$LC(d_m) = \frac{-2Cost(d_m) + Cost(d_m - 1) + Cost(d_m + 1)}{Cost(d_m)} \quad (4)$$

식 (4)를 이용하여, 최소의 정합비용 값을 가진 변이와 배경부분 변이에서의 국부 곡률들을 구하여 가장 높은 신뢰도를 가지는 변이를 찾는다. 가장 높은

신뢰도를 가지는 변이가 최소의 정합비용 값을 가진 변이가 아닌 경우에는 정합비용을 갱신한다.

즉, 그림 2와 같이 전경부분의 변이(A)에 비하여 배경부분의 변이(B)에서 국부 곡률이 크므로 배경부분 변이(B)의 정합비용을 낮게 갱신함으로써, 전경 비대현상 문제를 해결할 수 있다. 또한, 신뢰도를 정합비용 변조에 이용하는 기법을 추가하여 성능을 향상시켰다.

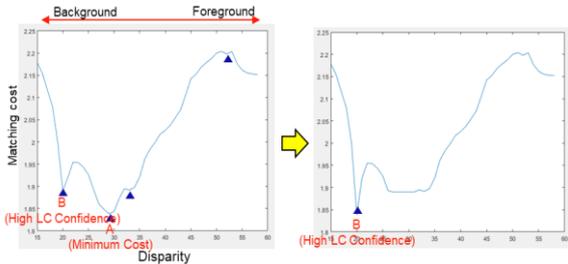


그림 2. 국부 곡률 신뢰도를 고려한 정합비용 갱신 과정

2.3 실험 결과

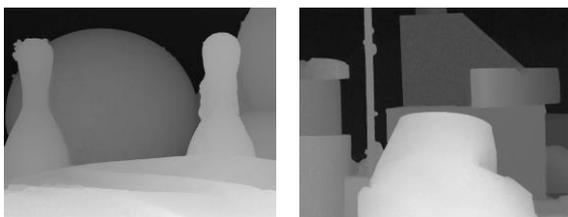
그림 3은 서론에서 설명한 네 가지 과정에 정합비용으로부터 구한 신뢰도를 이용하여 성능을 추가적으로 개선한 실험 결과이다.

정합비용으로부터 구한 신뢰도를 이용하여 성능을 향상시키는 기존의 두 가지 기법 모두에서 전경 비대현상 문제가 해결되지 않았음을 그림 3으로부터 알 수 있다.

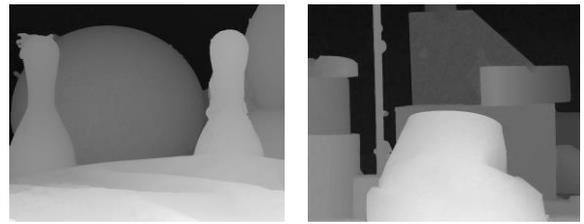
기존 기법에 비하여 제안한 기법에서는 전경 비대현상 문제가 개선되었음을 알 수 있다.



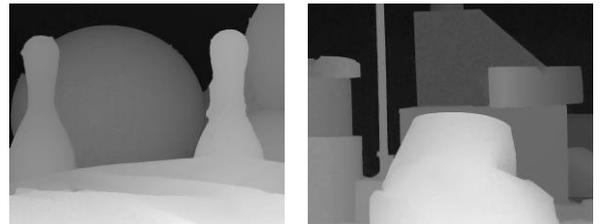
(a) 실험영상



(b) 신뢰도를 정합비용 변조에 이용하는 기법의 실험 결과



(c) 신뢰도를 SGM의 패널티에 이용하는 기법의 실험 결과



(d) 제안 기법에 의한 실험 결과

그림 3. 실험영상과 방식별 실험 결과(변이맵)

III. 결론

본 논문에서는 국부 곡률 신뢰도를 이용한 정합비용 갱신 기법을 제안하였다.

제안한 기법은 스테레오 정합시 영상간의 폐색영역으로 인하여 객체 경계의 변이가 두터워지는 전경 비대 현상 문제를 개선할 수 있으며, 실험을 통하여 제안한 기법의 유용성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] X Hu, P Mordohai, "Evaluation of Stereo Confidence Indoors and Outdoors," CVPR, 2010

[2] Min-Gyu Park, Kuk-Jin Yoon, "Learning and Selecting Confidence Measures for Robust Stereo Matching," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), June 2019

[3] Seki, A., Pollefeys, M., "Patch based confidence prediction for dense disparity map," BMVC 2016

선택적 여과 다중 반송파 전송방식들에 대한 비교 분석에 관한 연구

이우용, 고영조

한국전자통신연구원

{wylee, koyj}@etri.re.kr

A Study on Analytical Analysis of Selective Filtering Multi-carrier Transmission Methods

Lee Woo Yong and Ko Yong Jo

Electronics and Telecommunications-Research-Institute (ETRI)

요약

본 논문에서 우리는 주파수 활용을 극대화하기 위해서 최근 제안되고 있는 새로운 전송 방식들 중 선택적 여과 직교 다중 반송파 전송(Selective filtering multi-carrier transmission) 부류의 방식들에 대한 해석적 분석을 하였다. 최근 동향을 살펴보면 기존 OFDM 시스템과의 하위 호환성을 유지하고, QAM 및 MIMO 기술에 대한 적용이 용이하며, 짧은 패킷 전송에 적합하며, 매우 빠른 이동성(High Mobility) 채널환경에도 쉽게 적용할 수 있는 전송 효율 극대화 방안들을 제안되고 있다. 그 대표적인 예로, 측면 돌출파(Side lobe) 전력 누수와 순환 전치 사용을 극소화한 FBMC, 주기적 길쌈 필터를 사용하여 기존 기술(MIMO, OFDM 등)과 결합하는데 유연성을 높인 GFDM, 매우 빠른 이동성에 강점이 있는 OTFS 등이다. 본 논문에서는 FBMC, GFDM, OTFS로 대표되는 선택적 여과 직교 다중 반송파 전송방식을 해석하고 비교하였다. 또한 제안하는 해석적 결론은 선택적 여과 직교 다중 반송파 송신기와 수신기에 대한 구성과 동작 방법을 보다 정확히 파악하는데 있다. 이러한 해석적 도구는 다양한 기존 방식과 정밀 분석함으로써 보다 효과적인 전송방식을 찾아내는데 도움을 줄 것이다.

I. 서론

향후 영상 및 비디오 데이터의 폭증 이동 통신 시스템의 주파수 이용이 포화될 것으로 전망되고 있다. 비교적 넓고 실외 통신영역 확보해야 하는 통신환경에서는 비교적 낮은 반송파 대역을 사용하는 것이 필요하다. 이들 이동통신 시스템에서는 OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) 방식을 기본으로 사용하고 있다. 많은 전문가들은 향후에도 이러한 유형의 OFDM과 같은 주파수 분할 전송 방식의 전송 효율을 상당히 개량할 수 있다고 예측하고 있다. 지금까지 이동 통신 환경에서 주파수 효율을 극복하기 위하여 GFDM (Generalized Frequency Division Multiplexing), FBMC (Filter Bank Multi-Carrier), OTFS (Orthogonal Time Frequency and Space) 등 많은 기법들을 고안했다[1-5].

각각의 전송 기술을 살펴보면 다음 특징으로 간략히 정리할 수 있다. OFDM 보다 발전된 형태의 원형필터(Prototype filter)를 사용하는 FBMC는 순환 전치를 사용하지 않고 측면 돌출파 누수전력을 경감시키는 전송방식이다 [1, 2]. GFDM은 부-반송파별로 다수의 심볼을 전송할 수 있는 구조로 심볼당 필터를 이용하여 전송한다[3]. GFDM은 부 반송파 한 개를 사용하는 경우는 단일 반송파로 전송이 되고, 다수의 부-반송파별로 1 개씩 심볼을 전송할 경우는 OFDM이 된다. OTFS는 매우 빠른 이동환경에서 채널 측정과 보상을 보다 정확히 하기 위하여, 도플러 지연 영역에 데이터와 기준 신호를 배치한다. 이를 주파수 영역으로 변환하기 위하여 심플렉틱 푸리에 변환(SDFT: Symplectic

Discrete Fourier Transform)을 이용하고, 이 주파수 영역에 있는 신호를 하이젠베르크(Heisenberg) 변환을 사용하여 시간영역으로 변환하여 송신한다[4].

GFDM, OTFS 기법은 주파수 보호 대역을 경감시킴으로써 OFDM 대비 상당한 향상을 가져오지만 순환 전치를 제거하면 동작을 못하는 단점을 가진다. 주파수 활용을 극대화하기 측면에서 성능의 가장 큰 향상은 대표적 기술로 FBMC는 주파수 보호 대역과 순환 전치를 제거함으로써 약 1/5의 향상을 가져왔다. 그러나 FBMC의 경우, OFDM와 하위 호환성이 어렵고, QAM과 MIMO의 이용이 곤란하며, 짧은 패킷 전송에 매우 부적절하며, 다일 반송파 전송에 적용 등 많은 단점을 가지고 있다. 이러한 종래 기술의 단점에도 불구하고 주파수 효율의 극대화 측면에서 같은 유형의 선택적 여과 직교 다중 반송파 전송 방식에 대한 보다 정확한 분석을 통하여 효과적인 전송방식을 찾아내는데 도움을 얻고자 한다..

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 FBMC 전송 방식에 대한 해석적 분석과 GFDM과 차이점을 비교한다. III장에서는 OTFS 전송 방식에 대한 해석적 분석과 GFDM과 비교한다. IV장에서 결론을 맺는다..

II. FBMC와 GFDM 송신기 분석과 차이점

임의의 자연수 $L, M, N, P, Q, K, U, S, T$ 에 대하여, $n = 0, 1, \dots, N-1$ 이고 $k = 0, 1, \dots, K-1$ 이라고 하자. 이때 입력 데이터 $X(k)$ 에 대하여 필터 $g[k]$ 를 통과한 신호 $X(k)$ 은 다음 수식과 같이 표현할 수 있다.

$$D(k) = \sum_{i=0}^{U-1} X(i)g(k-i)$$

위 수식은 필터계수 U 개인 필터 g[k] 및 입력 데이터 X(k)에 대하여 길쌈(convolution) 연산을 함으로 얻어진다.

일반적인 OFDM 통신시스템을 가정할 때, 주파수 영역 색인 k에 대하여 입력 데이터 X(k)를 역 푸리에(Inverse Fourier) 변환하여 시간영역 색인 n에 대하여 출력 신호 x(n)가 송신된다고 할 수 있다. 시간영역 출력 신호 x(n)은 다음 식으로 주어질 수 있다.

$$x(n) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} X(k)e^{-j2\pi \frac{kn}{K}}$$

주파수 영역에서 K(=P*Q)개의 입력 데이터를 모아 1개의 데이터 블록(P*Q)를 단위로 신호 처리하고, 이 데이터 블록을 역 푸리에 변환한 N(=L*M)개의 신호가 묶인 1개 전송 신호 블록이라고 가정했을 때, 행렬 형태로 표현하면 다음과 같다.

$$X(k) = X(p, q), x(n) = x(l, m)$$

여기서, $l \in [0..L-1]$, $m \in [0..M-1]$, $q \in [0..Q-1]$, $p \in [0..P-1]$ 이고, $k=q+p*Q$ 이라고 할 때, $k \in [0..P*Q-1]$ 로 정의할 수 있다. 이것을 도식으로 표현하면 그림 1과 같다. 이 때, Zak 변환의 특성을 나타내기 위하여 [5], $X(k) = X(q, p) = X(p, q)^T$ 에 대한 $x(l, m)$ 은 다음 수식으로 표현될 수 있을 것이다.

$$\begin{aligned} x(l, m) = x(n) &= \frac{1}{K} \sum_{q=0}^{Q-1} \sum_{p=1}^{P-1} X(q, p) e^{-j2\pi \frac{(q+pQ)n}{PQ}} \\ &= \frac{1}{K} \sum_{q=0}^{Q-1} \sum_{p=1}^{P-1} X(q+pQ) e^{-j2\pi \frac{nq}{PQ}} e^{-j2\pi \frac{np}{P}} \end{aligned}$$

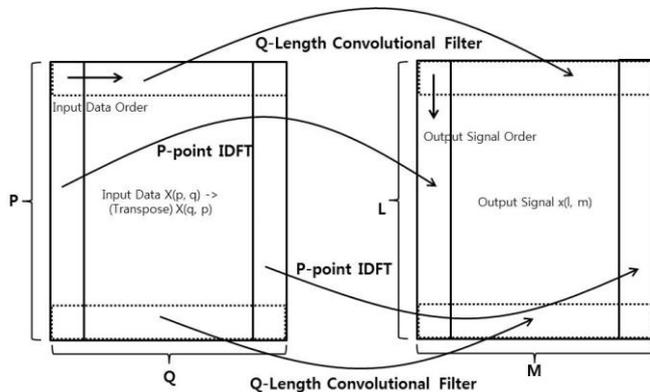


그림 1. FBMC 송신기에서 K(=P*Q)개의 데이터를 하나의 블록 단위로 역 푸리에 변환한 N(=L*M)개의 신호의 전송하는 신호처리 관계.

위 수식에서 x(l, m)은 p와 q의 순서를 바꾸어 전개하면 다음 수식(5)으로 변형할 수 있다.

$$x(l, m) = \frac{1}{K} \sum_{p=0}^{P-1} \left\{ \sum_{q=1}^{Q-1} X[pQ - (-q)] e^{j2\pi \frac{n(-q)}{PQ}} \right\} e^{-j2\pi \frac{np}{P}}$$

여기서 임의의 함수 g[k]를 $g(k) = e^{j2\pi \frac{nk}{PQ}}$ 로 정의할 수 있고, 위 수식은 입력 데이터 X(k)에 대하여 pQ 주기로 추출한 데이터와 필터 g[-k]와 길쌈 연산이다. g[k]와 같은 필터는

원형 필터(Prototype filter)등 인접 신호간 간섭을 제거할 수 있고 신호 복원이 쉬운 다양한 신호형의 필터를 사용할 수 있다[1,3].

$$\sum_q X[pQ - (-q)] e^{j2\pi \frac{n(-q)}{PQ}} = X(pQ) * g(-pQ)$$

그러므로 x(l, m)은 X(k)에서 한 블록의 열 색인 $q \in [0..Q-1]$ 에 대하여 Q 주기로 추출한 Q 개의 데이터 X(q+p*Q)들을 길쌈 필터(convolutional filter) g[-k]를 통과시키고 하나의 1/P 부채널(subchannel)를 사용하여 송신하는 형태로 다음과 같다.

$$x(n) = x(l, m) = \frac{1}{K} \sum_{p=0}^{P-1} \{ X(pQ) * g(-pQ) \} e^{-j2\pi \frac{np}{P}}$$

위 수식은 P 개의 부채널당 Q 개의 길쌈 필터가 P*Q 배열의 기억 장치(memory bank)를 필요로 하는 FBMC 방식의 전형적인 송신기 형태가 된다. 여기서 일정 블록 크기로 데이터 블록을 나누기 위해 길쌈 필터의 길이를 Q 개로 제한하면 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \sum_q X[(pQ - (-q)) \bmod (PQ)] e^{j2\pi \frac{n(-q)}{PQ}} \\ = X(pQ) * g((-pQ) \bmod K) \end{aligned}$$

위 수식을 식(5)에 대입하면 다음 수식과 같고 전형적인 GFDM 송신기가 된다.

$$\begin{aligned} x(l, m) &= \frac{1}{K} \sum_{p=0}^{P-1} \left\{ \sum_q X[(pQ - (-q)) \bmod (PQ)] e^{j2\pi \frac{n(-q)}{PQ}} \right\} e^{-j2\pi \frac{np}{P}} \\ &= \frac{1}{K} \sum_{p=0}^{P-1} \left\{ \sum_{q=1}^{Q-1} X[(pQ + q) \bmod K] e^{j2\pi \frac{-nq}{PQ}} \right\} e^{-j2\pi \frac{np}{P}} \end{aligned}$$

III. OTFS 송신기 구조 분석 및 비교

OTFS 통신시스템은 도플러와 지연을 분해하기 위하여 일종의 주파수 영역인 도플러 지연 영역 X(k)에 데이터와 기준 신호를 배치하고, 이를 새로운 주파수 영역 X'(w)으로 변환하기 위하여 심플렉틱 푸리에 변환(SDFT: Symplectic Discrete Fourier Transform)을 이용한다. 이 새로운 주파수 영역에 있는 신호를 일종의 Zak 변환인 하이젠베르크(Heisenberg) 변환을 사용하여 시간영역 신호블록 x(n)으로 바꾸어 송신한다[4]. 여기서, $s \in [0..S-1]$, $t \in [0..T-1]$, $w \in [0..S*T-1]$ 일 때, $w=t+sT$, $k=q+pQ$, $n=l+mL$ 이다. 이런 구조의 송신기의 신호 흐름과 동작은 그림 2와 같다.

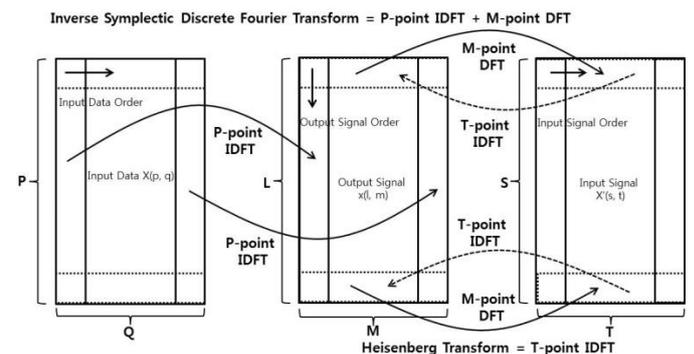


그림 2. OTFS 송신기에서 심플렉틱 푸리에 변환과 하이젠베르크(Heisenberg) 변환의 신호 처리 관계.

우선 OTFS 통신시스템에서 사용하는 역 심플렉틱 푸리에 변

환, 즉 도플러 지연 영역 $X(k)$ 에서 새로운 주파수 영역 $X'(w)$ 으로 변환은 다음 같이 정의될 것이고, 주파수 영역 $X'(w)$ 는 시간영역 신호 $x(n)$ 를 푸리에 변환한 것으로 다음 식과 같다.

$$X'(w) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{j2\pi \frac{wn}{N}}$$

동시에 도플러 지연 영역 데이터 $X(k)$ 를 시간 영역 신호 $x(n)$ 로 역 푸리에 변환은 위 수식에 $x(n)$ 을 대입하면 다음 식과 같다.

$$X'(w) = \frac{1}{NK} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{K-1} X(k) e^{-j2\pi \frac{nk}{K}} e^{j2\pi \frac{wn}{N}}$$

$$\begin{aligned} X'(w) &= X'(s, t) \\ &= \frac{1}{NK} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{q=0}^{Q-1} X(p, q) e^{-j2\pi \frac{nq}{PQ}} e^{-j2\pi \frac{np}{P}} e^{j2\pi \frac{wl}{LM}} e^{j2\pi \frac{wm}{M}} \end{aligned}$$

위 수식에 $PQ=LM=ST$ 이고, $-j2\pi \frac{np}{P} = j2\pi \frac{nt}{M}$ 인 다음 수식과 같이 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned} X'(s, t) &= \frac{1}{NK} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{q=0}^{Q-1} X(p, q) e^{-j2\pi \frac{lq}{PQ}} e^{-j2\pi \frac{qLm}{PQ}} e^{-j2\pi \frac{lp}{P}} e^{j2\pi \frac{lt}{LM}} e^{j2\pi \frac{ts}{LM}} e^{j2\pi \frac{tm}{M}} \end{aligned}$$

위 수식에서 $e^{-j2\pi \frac{lq}{PQ}} e^{j2\pi \frac{lt}{LM}}$ 는 직교 성질로 인하여 $lq=tL$ 인 경우 외는 모두 영(zero)이고, $e^{-j2\pi \frac{qLm}{PQ}} e^{j2\pi \frac{ts}{LM}}$ 에서는 $qL=1T$ 인 경우 중 $m=s$ 인 경우 외에 모두 영이다. 다음 수식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} X'(s, t) &= \frac{1}{NK} \sum_{l=0}^{L-1} e^{j2\pi 0} \sum_{q=1}^{Q-1} e^{j2\pi 0} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{p=0}^{P-1} X(p, q) e^{-j2\pi \frac{lp}{P}} e^{j2\pi \frac{tm}{M}} \\ X'(s, t) &= X'(l, t) = \frac{1}{PM} \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{m=0}^{M-1} X(p, q) e^{-j2\pi \frac{lp}{P}} e^{j2\pi \frac{tm}{M}} \end{aligned}$$

OTFS 통신시스템의 전송은 위 수식에서 $X'(s, t)$ 의 색인 s 에 대하여 하이젠베르크 변환, 즉 역 푸리에 변환하여 시간 영역 색인 n 에 대하여 출력 신호 $x(n)$ 가 송신된다고 할 수 있다. 다음 수식과 같이 T 주기로 추출한 T 개의 데이터 $X'(t+sT)$ 들을 모아서 역 푸리에 변환한 것이다.

$$x(n) = x(l, m) = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} X'(t+sT) e^{-j2\pi \frac{m(t+sT)}{ST}}$$

같은 차원의 블록 크기로 가정하여 $p=s$ 로 설정하여 전개해 보면 아래 수식 형태로 변경이 가능하다. 이 때로 직교 특성 때문에 $e^{-j2\pi \frac{mp}{S}} e^{j2\pi \frac{sm}{M}}$ 도 $S=M$ 외에 모두 영(zero)이다.

$$\begin{aligned} x(l, m) &= \frac{1}{TMP} \sum_{t=0}^{T-1} \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{m=0}^{M-1} X[pT \\ &\quad + t] e^{-j2\pi \frac{mt}{ST}} e^{-j2\pi \frac{mp}{S}} e^{j2\pi \frac{sm}{M}} e^{-j2\pi \frac{lp}{P}} \\ x(l, m) &= \frac{1}{PT} \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{t=0}^{T-1} X[pT - (-t)] e^{j2\pi \frac{m(-t)}{ST}} e^{-j2\pi \frac{lp}{P}} \end{aligned}$$

여기서 임의의 함수 $g[i]$ 를 $g(i) = e^{j2\pi \frac{mi}{ST}}$ 로 정의할 수 있고, 위 수식은 입력 데이터 $X(i)$ 에 대하여 pT 주기로 추출한 데이터와 필터 $g[-i]$ 와 길쌈 연산이다.

$$\sum_t X[pT - (-t)] e^{j2\pi \frac{m(-t)}{ST}} = X(pT) * g(-pT)$$

그러므로 $x(l, m)$ 은 $X'(w)$ 에서 한 블록의 열 색인 $t \in [0..T-1]$ 에 대하여 T 주기로 추출한 T 개의 데이터 $X'(t+p*T)$ 들을 길쌈 필터 $g[-i]$ 를 통과시키고 하나의 $1/P$ 부채널을 사용하여 송신하는 형태로 다음과 같다.

$$x(n) = x(l, m) = \frac{1}{PT} \sum_{p=0}^{P-1} \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} X(pT + t) e^{j2\pi \frac{m(-t)}{ST}} \right\} e^{-j2\pi \frac{lp}{P}}$$

위 수식은 P 개의 부채널당 T 개의 길쌈 필터 $P*T$ 배열을 사용하여 신호를 전송하는 전형적인 GFDM 송신기 구조가 된다. 그러므로 FBMC, GFDM, OTFS은 모두 같은 송수신 구조를 갖는다고 할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 OFDM 보다 발전된 원형필터를 사용함으로써, 순환 전치를 사용하지 않고 측면 돌출과의 누수전력을 줄이는 가장 기본적인 전송방식인 FBMC를 우선 분석하였다. 그 다음으로 OFDM에서 사용했던 여러 기존 기술을 적용에 용이한 GFDM과 비교 분석했다. 매우 빠른 이동환경에서 채널 측정과 보상을 보다 정확히 하기 위하여, 도플러 지연 영역과 주파수 영역을 사용하고 시간영역 신호로 변환하여 송신하기 위한 하이젠베르크 변환을 사용하는 OTFS를 분석했다. 결론적으로 FBMC, GFDM, OTFS은 모두 같은 기본 송수신 구조를 갖는다고 할 수 있다. 제안하는 해석적 결론은 선택적 여과 다중 반송과 송수신기의 구성 및 동작 기법을 보다 정확히 파악하는데 있다. 이러한 해석적 도구는 다양한 기존 방식과 비교 분석함으로써 가장 효과적인 전송방식을 찾아내는데 도움을 줄 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구이다. [No.2019-0-00002, (전문연구실) 초정밀 서비스 실현을 위한 On-Time·On-Rate 무선액세스 및 광에지 클라우드 네트워킹 핵심기술 개발].

참고 문헌

- [1] F. Schaich, "Filterbank based multi carrier transmission (FBMC) - evolving OFDM: FBMC in the context of WiMAX," in proc. of the European Wireless Conf. (EW 2010), pp. 1051-1058, Apr. 2010.
- [2] L. Lin and B. Farhang-Boroujeny, "Cosine-modulated multitone for very-high-speed digital subscriber lines," EURASIP J. Appl. Signal Process., vol. 2006, Art. ID. 19329, pp. 1-16, 2006.
- [3] N. Michailow, M. Matthé, I. S. Gaspar, A. N. Caldeilla, L. L. Mendes, A. Festag, and G. Fettweis, "Generalized Frequency Division Multiplexing for 5th Generation Cellular Networks," IEEE Transactions on Communications, vol. 62, no. 9, pp. 3035-3061, Sept. 2014.
- [4] R. Hadani, S. Rakib, M. Tsatsanis, A. Monk, A. J. Goldsmith, A. F. Molisch, and R. Calderbank, "Orthogonal Time Frequency Space Modulation," in 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), pp. 1-6, Mar. 2017.
- [5] H. Bolcskei and F. Hlawatsch, "Discrete Zak Transforms, Polyphase Transforms, and Applications," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 45, no. 4, pp. 851-866, Apr. 1997.

안드로이드 FOTA(Firmware Over-the-air) 업데이트 파일에 관한 연구

이석훈, 류재철

충남대학교

sukhoon0975@gmail.com, jcryou@cnu.ac.kr

A Study on the Android FOTA(Firmware Over-the-air) Update File

SeokHun Lee, Jaecheol Ryou

Chungnam National Univ

요약

스마트폰은 안드로이드, IOS와 같은 모바일 OS를 통해 동작하고 있다. OS의 안전성을 향상시키기 위해 제조사들은 OTA를 이용하여 업데이트 파일을 제공한다. 해당 파일을 통해 업데이트가 이루어진다. 각 제조사의 업데이트 파일은 기본 형태는 동일하나, 일부 차이가 존재한다. 본 연구는 안드로이드 업데이트 파일에 대해 분석한다. 업데이트 파일의 생성 코드와 구성 요소를 확인한다. 이 후, 여러 안드로이드 제조사들에서 제공하는 업데이트 파일을 비교한다. 이 연구를 통해 안드로이드 업데이트 파일에 대한 기본 메커니즘 및 각 제조사의 특징을 파악하였다. 추후 업데이트와 관련된 연구에 도움이 될 것으로 기대된다.

I. 서론

컴퓨터에서 윈도우 업데이트가 이루어지듯이 스마트폰에서도 OS 업데이트가 이루어진다. OS 업데이트를 통해 취약한 코드를 수정하고, 새로운 코드가 추가된다. 정기적인 업데이트를 통해 안전성을 유지한다.

OTA를 통해 안드로이드 제조사는 OS 업데이트를 위한 업데이트 파일을 제공한다. 시스템 앱을 통해 업데이트 파일은 스마트폰으로 전송된다. 이 후, 단말 내에서 특정 메커니즘을 통해 업데이트가 이루어진다.

구글에서 업데이트 파일 생성 코드를 공개했다. 안드로이드 제조사는 코드를 일부 수정 및 변경하여 사용한다. 생성된 업데이트 파일은 기본 형태는 동일하나, 일부 차이가 존재한다.

본 연구에서는 제조사별 업데이트 파일의 특징을 파악한다. 구글에서 공개한 업데이트 파일 코드를 분석한다. 기본 메커니즘을 알아내고, 생성된 업데이트 파일의 구성을 파악한다. 이 후 여러 제조사의 업데이트 파일과 비교하여 차이를 확인한다.

II. 관련연구

안드로이드 업데이트

안드로이드의 OS 및 펌웨어 업데이트는 4개의 영역에서 동작한다. APP, Framework, Recovery Console, Updater 영역이 존재한다. 각 영역마다 검증 과정이 존재하고, 업데이트를 위한 특정 기능을 수행한다[1].

OTA

OTA(Over-The-Air)는 새로운 소프트웨어, 펌웨어 등을 휴대전화, 셋톱박스 등의 장치에 무선으로 배포하기 위한 방식을 의미한다. 펌웨어 배포를 위한 방식을 FOTA(Firmware Over-The-Air)로 부르기도 한다. 하나의 중앙 제어소를 통해 모든 사용자에게 전송이 가능하다. 주로 휴대용 모바일 디바이스 및 차량의 소프트웨어 업데이트에 활용된다.

안드로이드 업데이트 취약점

보안성을 향상시키기 위한 업데이트가 공격의 경로로서 활용된 적이 있다. "PileUp"으로 불리는 취약점을 통해 Package Manager Service에 집중하여 공격을 전개한다. 낮은 버전의 안드로이드 OS에 해당 취약점을 지닌 악성 앱을 설치한다. 그 앱을 지닌 단말이 OS 업데이트를 하는 경우, 시스템 앱을 교체하거나 악성 데이터를 주입하여 비밀번호, 통화 기록 등을 수집한다[2]. 또한 특정 제조사의 업데이트 파일에 취약점이 존재한 적이 있다. 다운그레이드 및 크로스 오버 공격이 가능했다[3].

III. 안드로이드 업데이트 파일 분석

안드로이드 업데이트 파일은 Zip 확장자를 가진다. 파일 내부에는 new.dat, patch.dat 및 updater-script 등이 존재한다. 구글은 AOSP(Android Open Source Project)를 통해 버전 별 안드로이드 코드를 공개한다. 공개된 코드 내에 업데이트 파일 생성 코드도 포함된다. 각 안드로이드 제조사는 공개 코드를 이용하여 업데이트 파일을 만든다.

제조사별 업데이트 파일의 특징을 파악하기 위해 3가지 과정을 수행하였다.

업데이트 파일 생성 코드 분석

구글에서 공개한 생성 코드는 /tools/releasetools에 위치한다. 이 코드는 ota_from_target_files.py 코드이다. 빌드된 안드로이드 시스템 2개를 인자로 지정하여 실행한다.

생성 코드는 인자로 지정된 빌드된 안드로이드 시스템의 압축을 임시로 해제한다. 해당 과정에서 IMAGES와 META 폴더가 나온다. 2개의 지정된 빌드 시스템의 블록 및 폴더 정보를 서로 비교한다. 비교한 정보를 토대로 Transfer 객체를 생성한다.

폴더	파일	특징
Images	system.img	OS 바이너리 및 프레임워크
	system.map	System.img에 대한 심볼 정보
	boot.img	커널 및 램디스크
	vendor.img	제조사 바이너리 및 프레임 워크
	recovery.img	시스템 복구를 위한 커널 및 램디스크
	userdata.img	사용자 데이터 및 설정
META	apkcerts.txt	apk에 대한 인증서 정보
	filesystem_config.txt	파일 시스템 정보
	otakeys.txt	ota용 키 정보
	recovery_filesystem_config.txt	Recovery 시스템 정보
	boot_filesystem_config.txt	Boot 시스템 정보

표 2 Images,META 폴더 정보

생성된 Transfer 객체에는 여러 정보가 포함된다. 비교된 2개의 시스템에 대한 블록 정보 및 범위 그리고 스타일 등의 정보를 지닌다. 스타일은 new, diff, zero 등 두 시스템에 대한 비교 결과를 나타낸다.

스타일에 따라 patch.dat, new.dat와 같은 파일이 생성 된다. 스크립트 관련 함수를 실행하여 updater-script를 구성한다. 이 후, 공개된 코드 내에 존재하는 update-binary를 추가하고, 전자 서명을 하여 업데이트 파일을 생성한다.

업데이트 파일 구성 요소

업데이트 파일의 내부 파일에는 여러 파일이 존재한다. 업데이트의 핵심 요소는 updater-script와 update-binary이다. update-binary는 실제 업데이트를 동작시키는 바이너리 파일이다. updater-script는 특정 커맨드 정보가 들어있는 파일이다. 스마트폰 내에서 여러 검증과정을 거치고, update-binary가 실행된다. 실행된 바이너리는 updater-script의 커맨드를 파싱하고, 이에 대응되는 함수를 호출한다. 해당 함수를 통해 dat 및 list 파일을 이용하여 특정 블록에 대한 업데이트가 진행된다.

파일	특징
META-INF/com/android/metadata	기존 시스템 및 업데이트될 시스템 정보
META-INF/com/android/otacert	전자 서명과 관련된 공개키 인증서
META-INF/com/google/update-binary	단말 내에서 업데이트 메커니즘을 동작 시키는 바이너리 파일
META-INF/com/google/updater-script	검증 및 업데이트 관련 커맨드
*.new.dat	업데이트될 시스템에 추가된 새로운 블록 정보
*.patch.dat	업데이트될 시스템과 기존 시스템에 대한 블록 정보
*.transfer.list	블록에 대한 범위 및 해시 정보
patch/*.img.p	특정 img 파일에서 달라진 부분

표 3 업데이트 파일 구성요소

제조사별 비교

구글, 삼성, 화웨이 등 여러 안드로이드 제조사의 업데이트 파일을 비교한다. 각 제조사마다 특정 폴더 및 파일이 추가된 것을 확인 할 수 있다.

모델	제조사	특징
Nexus 5x	Google	-
Nexus 6p	Google	-
Galaxy s8	Samsung	SEC-INFO 폴더 존재
Galaxy s10	Samsung	SEC-INFO 폴더 존재
Redmi Note5	Xiaomi	firmware-update 폴더 존재
Redmi Note7	Xiaomi	firmware-update 폴더 존재
P30	Huawei	verify 및 post-script 존재
Honorview10	Huawei	verify 및 post-script 존재

표 4 제조사별 업데이트 파일 비교

삼성의 경우, "SEC-INFO" 폴더가 추가되었다. 폴더 내에는 buildinfo.xml 이 존재한다. buildinfo.xml은 펌웨어 정보 및 특정 서명값을 가진다. 이를 활용하여 업데이트 전에 검증을 수행한다.

Xiaomi의 Redmi 모델 시리즈를 분석한 결과, 업데이트 파일의 특징점은 firmware-update 폴더이다. 기존 업데이트 파일 구성요소에는 포함되지 않는 폴더로서, 패치가 되는 img 및 바이너리 파일들을 모두 포함하고 있다. 검증 및 주요 업데이트 동작에는 큰 변화가 없다.

Huawei는 script에서 많은 차이가 존재했다. 기존 업데이트 파일 구성요소는 META-INF/com/google/ 폴더에 updater-script와 update-binary만 존재한다. Huawei의 업데이트 파일은 이뿐 아니라 verify-script 및 post-script 등이 존재한다. 파일의 내용 또한 매우 달랐다. 기본적인 updater-script에는 검증 및 업데이트에 관한 모든 커맨드가 담겨있다. 하지만 Huawei의 script에서는 커맨드가 1~2줄만 존재한다. script를 파싱하여 동작하는 update-binary 역시 데이터 없는 파일로만 존재한다. 이를 통해 Huawei의 업데이트 방식은 기존 안드로이드 방식과 다른 메커니즘을 사용함을 알 수 있다.

III. 결론

본 연구는 제조사별 업데이트 파일을 비교하여 특정 제조사의 특징을 확인 할 수 있었다. 구글에서 제공하는 코드를 통해 업데이트 파일의 기본 요소를 파악할 수 있었다. 이를 토대로 각 제조사의 업데이트 파일에서 다른 점을 찾을 수 있었다. 특히 삼성 및 화웨이의 업데이트 파일에서는 기존 메커니즘에 영향을 주는 파일이 있음을 알 수 있었다. 이를 기반으로 추후 업데이트와 관련된 연구에 도움이 될 것으로 기대된다.

Acknowledgement

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학 지원 사업의 연구결과로 수행되었음"(2015-0-00930)

참 고 문 헌

[1] Andrew Boie, "Android * Software Updates", 2015, Embedded Linux Conference
 [2] Luyi Xing, "Upgrading Your Android, Elevating My Malware: Privilege Escalation Through Mobile OS Updating", 2014, IEEE Symposium on Security and Privacy
 [3] CVE-2017-8851, "http://cve.mitre.org/cgi-bin/cvename.cgi?name=2017-8850"

3D CNN 과 Bi-LSTM 을 이용한 리그 오브 레전드 경기 영상 하이라이트 추출

차정훈, 남상대, 장효철
경희대학교, 건국대학교, 부산대학교

jhcha08@khu.ac.kr, nsd26534613@gmail.com, choristyle@gmail.com

Highlight Extraction of League of Legends Game Video using 3D CNN and Bi-LSTM

Cha Jung Hun, Nam Sang Dae, Jang Hyo Cheol
KyungHee Univ., KonKuk Univ., Pusan Nat'l Univ.

요 약

영상 스트리밍 시장의 규모가 증가함에 따라 시청자들의 서비스 이용 시간도 날이 갈수록 길어지고 있다. 그런데 게임 영상의 경우 전체 영상 길이에 비해 유의미한 하이라이트 부분의 비중이 매우 작은 편이다. 이에 본 논문에서는 편리하고 일관성 있게 게임 영상의 하이라이트만을 추출하기 위한 딥러닝 기반 하이라이트 추출 모델을 제안한다. 제안하는 모델은 영상의 순간적인 상황을 파악하기 위한 3D CNN^[1]과 일정 시간 동안의 맥락을 파악하기 위한 Bi-LSTM^[2]을 함께 사용하였다. 모델의 학습과 평가는 리그 오브 레전드 경기 영상을 대상으로 하였고 다른 3 개의 모델과 함께 비교 평가하였다. 그 결과로 3D CNN 과 Bi-LSTM 을 함께 사용한 모델이 가장 우수한 성능을 나타내는 것을 확인하였다.

I. 서 론

최근 Youtube, Afreeca TV, Twitch 등의 개인방송 플랫폼이 발전함에 따라, 게임 동영상 스트리밍 시장 또한 날로 성장하고 있어 일반인들의 게임 동영상 시청 시간이 기하급수적으로 증가하고 있다.

한편 게임 영상의 경우 중요한 하이라이트 부분보다 특별한 의미가 없는 상황이 훨씬 많다. 리그 오브 레전드(League of Legends, 이하 LoL)의 경우 한 경기의 소요 시간이 약 40 분 정도로 매우 긴 편이고, 이 중 하이라이트라고 할 수 있는 부분은 전체의 약 10%에 불과하다. 따라서 시청자들의 불필요한 시청 시간을 줄이기 위해 경기 주최 측이나 개인 편집자들은 원본 영상의 하이라이트만 편집해서 제공하기도 한다. 그러나 이 경우 편집자의 많은 시간과 노력이 투입되고, 개인의 주관에 작용하여 편집의 일관성이 부족해진다. 따라서 본 연구에서는 딥러닝을 사용하여 게임 원본 영상에서 하이라이트를 추출하는 모델을 제안하여, 하이라이트 영상 제작의 편의성과 일관성을 제공하고자 한다.

본 논문에서는 먼저 데이터 수집 및 전처리 방법에 대해 설명한다. 학습 및 평가 대상으로 LoL 게임 영상을 채택했는데, 그 이유는 원본 영상에 대해 이미 잘 편집된 하이라이트 영상의 수가 다른 게임에 비해 많아 지도 학습에 적합하다고 판단했기 때문이다. 또한 하이라이트 장면에서 두드러지는 화면 효과와

해설자들의 목소리 톤 변화 등을 활용하기 위해 영상의 비디오와 오디오 정보를 모두 사용하였다.

그 다음으로 본 연구에서 제안하는 모델의 구조를 설명한다. 우리는 3D CNN(Convolutional Neural Network) 모델이 영상의 짧은 구간을 처리하는데 효과적일 것이고 Bi-LSTM(Bidirectional Long Short-Term Memory) 모델은 조금 더 긴 구간의 맥락을 파악하는데 도움이 될 것이라고 판단하였다. 따라서 이 두 모델을 조합한 모델을 제안하고자 하며 비교 평가를 위해 총 4 개의 모델을 설계했다.

그 다음 장에서는 앞서 제시한 4 가지 모델의 실제 실험 결과를 살펴보고 각 모델의 특성과 성능 차이에 대해 설명한다. 최종적으로 우리가 제안하는 모델의 실제 예측 결과를 그래프와 샘플링을 통해 좀더 구체적으로 분석한다.

마지막 장에서는 본 연구의 결론을 도출하고 한계점과 향후 연구 방향을 정리한다.

II. 관련 연구

딥러닝을 활용하여 원본 영상의 하이라이트를 추출하는 연구는 이전부터 많이 이루어졌다.

S. H. Yoon 등은 이미지와 음성 데이터를 기반으로 3D CNN과 Bi-LSTM, 오토 인코더를 활용해서 LoL 영상의 하이라이트를 추출하는 모델을 제안했다^[3]. E.

Y. Kim 등은 음성과 스트리밍 서비스의 채팅 데이터를 기반으로 LSTM과 Bi-LSTM을 활용해서 LoL 영상 및 전통 스포츠 경기 영상의 하이라이트를 예측하는 모델을 제시했다^[4]. J. T. Hsieh 등은 이미지 데이터만을 기반으로 3D CNN, Inception-V3, SqueezeNet, LSTM 등을 활용하여 일반 동영상의 하이라이트를 추출하는 모델을 제안했다^[5].

우리는 하이라이트 추출 모델의 성능 향상을 위해 영상의 비디오 및 오디오 데이터를 모두 활용했고 3D CNN과 Bi-LSTM을 함께 적용했다. 또한 이미 제작된 하이라이트 영상을 이용하여 지도 학습을 진행할 수 있었다. 이러한 점이 본 연구의 차별점이라고 할 수 있다.

III. 본론

1. 데이터 수집 및 전처리

자체 제작한 크롤러를 이용하여 '2020 LoL 챔피언스 코리아 2020 스프링'의 원본 영상과 하이라이트 영상 240 쌍을 '네이버 스포츠'에서 수집하였다. 수집한 영상들에 대해 두 종류의 영상을 비교하며 원본 영상에서 정확히 어느 구간이 하이라이트에 해당하는지 확인하는 코드를 통해 하이라이트 구간을 찾아낸 후, 이 작업이 원활히 진행된 120 쌍의 영상만을 데이터 셋으로 활용하였다.

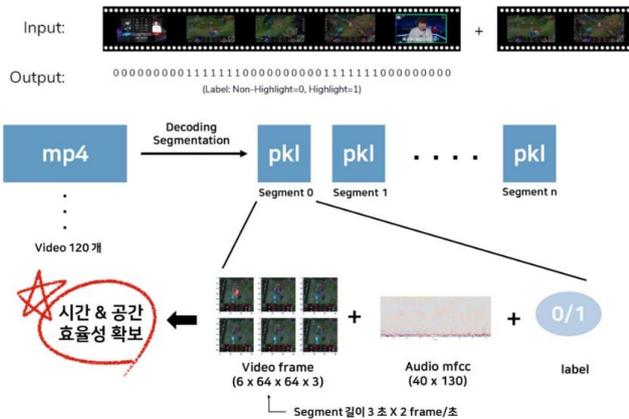


그림 1. 데이터 전처리 시각화

영상 데이터는 용량이 크고 연속적 정보를 담고 있기 때문에 이를 고려한 전처리 방식이 필요하다. 본 연구에서는 전체 영상을 3 초 단위의 작은 세그먼트로 잘라서 처리하였다. 한 세그먼트에서 영상을 0.5 초마다 캡처한 이미지 6 장을 묶어서 3D 형태의 비디오 데이터를 구성했다. 이때 각 이미지의 크기는 64x64 로 조절하였으며, RGB 3 개의 채널로 구성된다. 또한, 이 세그먼트의 오디오 데이터에 MFCC(Mel Frequency Cepstral Coefficient) 필터를 적용하여 하나의 2D 이미지로 추출하였고, 영상이 하이라이트인지 아닌지를 구분하기 위한 레이블 (0: 일반 장면, 1: 하이라이트 장면) 데이터를 추가하였다. 이렇게 하나의 세그먼트에 대한 비디오, 오디오, 레이블 세 종류의 데이터를 묶어서 피클 형태로 저장하고, 각 피클 데이터를 하나의 입력값으로 사용하였다. [그림 1]은 위 과정을 시각화 한 것이다.

2. 모델 설계

본 연구에서 사용한 기법은 지도 학습의 분류 모델이다. 즉 비디오 이미지와 오디오 MFCC 이미지를 사용하여 0 또는 1로 하이라이트를 예측하고자 한다.

모델	비디오	오디오	LSTM
1	3D CNN	2D CNN	없음
2	3D CNN	Pre-trained 2D CNN (VGG16)	없음
3	Pre-trained 2D CNN (Xception)	Pre-trained 2D CNN (VGG16)	LSTM
4	3D CNN	2D CNN	Bi-LSTM

표 1. 비교 평가할 4개 모델

[표 1]은 이번 연구에서 설계한 총 4 가지의 모델을 나타낸다.

모델 1 은 비디오의 3D 데이터와 오디오의 2D 데이터를 각각 기본적인 3D, 2D 컨볼루션 레이어를 통과시킨 뒤 이를 앙상블 (Ensemble)하는 모델이다. 한 번에 한 개의 세그먼트만을 볼 수 있기 때문에 긴 흐름의 맥락을 파악하지 못하는 단점이 있을 것으로 보인다.

모델 2 는 모델 1 과 마찬가지로 비디오의 3D 데이터는 기본적인 3D 컨볼루션 레이어에 통과시키고, 오디오의 2D 데이터는 pre-trained 2D CNN 모델을 통과시키고 이를 앙상블하는 모델이다. 이때 사용한 2D CNN 모델은 VGG16^[6]이다.

모델 3 은 하이라이트 예측을 일정 시간 동안의 영상 세그먼트 단위가 아닌, 각각의 프레임 단위로 하였을 때의 결과를 확인하기 위해 사용된 모델이다. 즉, 이 모델은 이미지 한 장 한 장이 하이라이트인지 아닌지를 예측한다. 따라서 이 모델에서는 비디오와 오디오의 2D 데이터가 각각 다른 pre-trained 2D

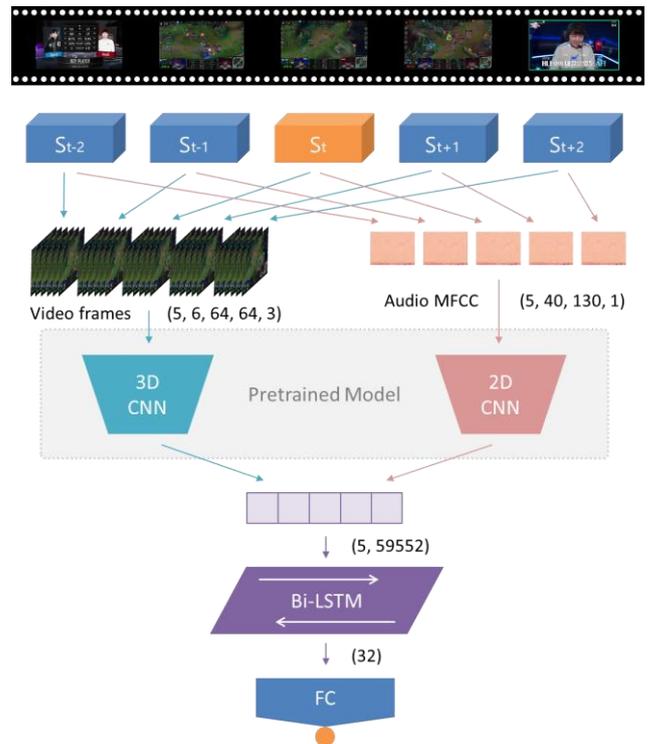


그림 2. 모델 4의 신경망 구조

CNN 모델에 입력된다. 이때 비디오에 대해 Xception^[7] 모델을, 오디오에 대해 VGG16 모델을 각각 사용했다. 그리고 CNN 모델을 통과한 각 이미지들은 LSTM 레이어를 거친 뒤 이상불린다.

모델 4 는 모델 1 을 발전시킨 형태로서, 더 많은 세그먼트 데이터와 Bi-LSTM 을 사용한다. 예측하고자 하는 세그먼트에 앞뒤로 각각 2 개의 세그먼트를 더 붙여서 총 5 개의 세그먼트를 하나의 입력 데이터로 구성하고, 각 세그먼트가 CNN 계층을 통과하여 출력된 값에 Bi-LSTM 을 적용하여 하이라이트를 예측한다. 이를 통해 더 긴 시간 동안의 영상의 맥락을 파악할 수 있을 것으로 기대한다. [그림 2]는 모델 4 의 신경망 구조를 보여준다.

IV. 실험 및 평가

1. 모델 학습

전체 데이터 셋을 6:2:2 의 비율로 나누고 각각 학습, 검증 및 테스트에 사용하였다. 데이터는 레이블 0 과 1 의 비율이 9:1 로 불균형 문제를 갖고 있어서 모델 학습 시에 클래스 가중치를 1:4 로 적용했고, 오버피팅의 억제를 위해 드롭 아웃(p=0.3)을 추가했다.

모델 4 를 학습할 때는 이미 학습된 모델 1 의 3D, 2D CNN 계층을 활용하여 전이 학습을 진행했다. 이를 통해 매우 짧은 시간 동안에 높은 성능의 모델을 얻을 수 있었다.

모델	데이터 셋	Accuracy	Precision	Recall	F1
1	검증	0.9324	0.7068	0.6414	0.6725
	테스트	0.9279	0.6730	0.6505	0.6616
2	검증	0.9164	0.6159	0.5996	0.6076
	테스트	0.9108	0.5848	0.6034	0.5940
3	검증	0.9085	0.5787	0.5605	0.5694
	테스트	0.9042	0.5572	0.5549	0.5560
4	검증	0.9417	0.7276	0.7382	0.7329
	테스트	0.9351	0.6849	0.7423	0.7124

표 2. 모델 별 평가 결과

2. 모델 평가

[표 2]는 해당 모델의 검증 데이터 셋과 테스트 데이터 셋에 대한 accuracy, precision, recall, f1 score 를 나타낸다.

먼저, 모델 1 과 모델 3 을 비교하면 모델 1 의 성능이 압도적으로 앞서는 것을 알 수 있다. 즉, 2D CNN 기반의 모델에 비해 3D CNN 기반의 모델이 게임 영상 분류에 더 적합하다고 할 수 있다.

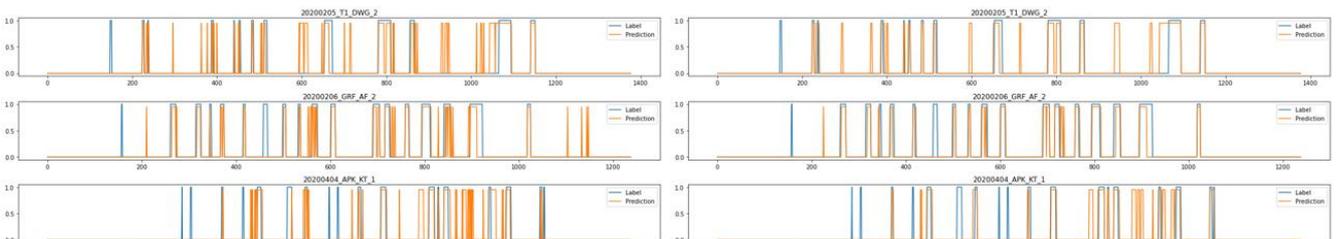


그림 3. 하이라이트 예측 결과 비교 (좌: 모델 1, 우: 모델 4)

다음으로, 모델 1 과 모델 4 를 비교하면 모델 4 의 성능이 전반적으로 모두 좋아진 것을 볼 수 있다. precision 과 recall 모두 높게 나타났고, 이 둘을 종합적으로 볼 수 있는 f1 score 또한 모델 4 쪽이 월등히 높게 나타났다.

따라서 3D CNN 과 Bi-LSTM 을 모두 사용했을 때 게임 영상 하이라이트 추출 성능이 전반적으로 대폭 향상되는 것을 알 수 있다.

3. 예측 결과 시각화

[그림 3]은 모델 1 과 모델 4 를 이용해 샘플 경기의 하이라이트 예측 결과를 시각화한 그래프이다.

X 값은 시간, Y=1 은 하이라이트 장면, Y=0 은 일반 장면을 의미한다. 파란색 선은 실제 하이라이트를 의미하고, 주황색 선은 모델이 예측한 하이라이트를 의미한다.

두 모델 모두 실제 하이라이트에 매우 근접하게 예측 결과를 출력하고 있는 것을 볼 수 있다. 또한 두 그래프를 비교해보면, 모델 4 가 모델 1 에 비해 더욱 정확하고 안정적으로 하이라이트를 예측하는 것을 확인할 수 있다. 특히 짧은 시간 동안 0 과 1 을 반복해서 예측하는 상황이 현저히 줄어들었는데, 이것은 모델 4 가 Bi-LSTM 을 통해 더 긴 시간 동안의 맥락을 파악할 수 있기 때문으로 보인다.

4. 주요 장면 검출 평가



그림 4. 경기 승부 장면, 통계 장면 예측

경기 마지막 승부 장면과 경기 결과를 보여주는 통계 장면은 하이라이트에 필수적으로 포함되어야 한다. [그림 4]와 같이 모델 4 는 2 개 경기를 제외하 나머지 경기에서 해당 장면들을 모두 검출하였다.



그림 5. 경기 리플레이 예측

원본 영상에는 해당 경기의 주요 장면 리플레이가 포함되어 있는데, 이 구간은 하이라이트로 포함되지 않아야 한다. [그림 5]와 같이 모델 4 는 해당 리플레이 장면들을 하이라이트로 검출하지 않았다.

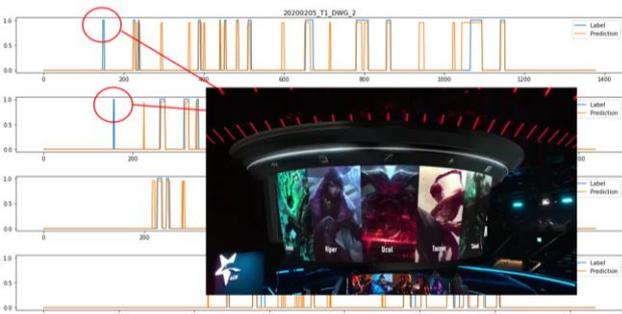


그림 6. 챔피언 결정 장면 예측

각 팀에서 챔피언(게임 캐릭터)을 결정하는 장면 또한 하이라이트에 해당하나, [그림 6]과 같이 모델 4 가 정상적으로 검출하지 못한 경우도 다수 존재했다. 선수들이 결정한 챔피언을 촬영하는 화면의 각도 및 챔피언들의 모습이 상이하여 발생한 결과로 추측한다.

V. 결론

1. 결론 및 한계점

본 논문에서는 3D CNN 과 Bi-LSTM 모델을 사용하여 하이라이트 추출 연구를 진행하였다.

데이터 전처리 단계에서는 영상을 세그먼트 단위의 피클 파일로 정리하여 학습 시간과 메모리를 절약할 수 있었다.

모델 설계 단계에서는 2D 또는 3D CNN 사용 여부, 공개 학습된 모델 사용 여부 그리고 Bi-LSTM 사용 여부에 따른 성능을 비교할 수 있도록 4 개의 모델을 준비했다.

모델 실험 단계에서는 클래스 가중치 1:4 라는 최적값을 찾아 데이터 불균형 문제를 해결하였다. 또한 LSTM 적용 시 깊은 층의 CNN 모델보다 얇은 층의 CNN 모델 성능이 더욱 좋았는데, 이는 세그먼트에 대한 정확한 분류보다 장면들 간의 맥락을 보는 것이 더 중요함을 보여준다. 모델 4 학습 단계에서는 전이 학습을 통해 효율적인 실험을 진행할 수 있었다.

모델 평가 단계에서는 2D CNN 을 프레임 단위로 학습한 모델에 비해 3D CNN 을 세그먼트 단위로 학습한 모델의 성능이 더 우수함을 확인했고,

최종적으로 Bi-LSTM 을 추가하여 긴 시간 동안의 맥락을 함께 파악할 수 있도록 설계한 모델이 게임 영상 하이라이트 추출이라는 목적에 가장 적합하다는 것을 보였다.

한편 레이블 추출용으로 사용된 기존의 하이라이트 영상에서, 편집자의 주관에 따른 하이라이트 편집이 노이즈가 되어 모델 성능을 저해하는 요소로 작용했다는 점은 지도 학습의 한계점으로 볼 수 있다.

2. 향후 연구 방향

본 연구에서는 학습 시간과 메모리 제약 문제로 인해 비디오 이미지의 크기를 64×64 로 축소하여 사용하였다. 이후 더 큰 크기의 이미지로 후속 연구를 진행할 필요가 있다. 또한 영상과 음성뿐만 아니라 실시간 채팅 데이터를 함께 사용할 경우 모델 성능에 유의미한 향상이 있을 것이라 기대된다. 더 나아가, 이번 연구 결과는 LoL 뿐만 아니라 다른 게임에도 적용해볼 가치가 있다고 판단한다.

3. 구현 소스 코드

본 논문에서 작성하고 활용한 코드들은 다음 링크에서 확인할 수 있다.

<https://github.com/VideoHighlightTeam/YasuoNet>

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2020 년도 서울시 민간위탁 사업인 AI 양재 허브 운영 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

[1] Tran, Du, et al. “Learning Spatiotemporal Features With 3D Convolutional Networks”, *IEEE*, 2015.
 [2] M. Schuster and K. K. Paliwal, “Bidirectional recurrent neural networks”, *IEEE*, 1997.
 [3] 윤성훈, 이승진, 김경중, “오토 인코더 모델을 이용한 리그 오브 레전드 게임 동영상 하이라이트 추출”, *한국소프트웨어 종합학술대회 논문집*, 701-703, 2018.
 [4] 김은율, 이계민, “채팅과 오디오의 다중 시공간 정보를 이용한 영상의 하이라이트 예측”, *방송공학회논문지 제24권 제4호*, 553-563, 2019.
 [5] Jung-Ting (Tim) Hsieh, Chengshu (Eric) Li, Wendi Liu, Kuo-Hao Zeng, “Spotlight: A Smart Video Highlight Generator”, *Stanford University CS231N Final Project Report*, 2017.
 [6] K. Simonyan and A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition”, *ICLR*, 2015.
 [7] F. Chollet, “Xception: Deep Learning with depthwise separable convolution”, *CVPR*, 2017.

교량의 손상평가를 위한 GAN 시뮬레이션 모델에 관한 연구

*한주혁, **송호중, ***김용석

*건양대학교, **건양대학교, ***건양대학교

*dnfwlq203@gmail.com, **songhj6692@gmail.com, ***yongsuk@konyang.ac.kr

A Study on the GAN Model for Damage Simulation Assessment

*Han Ju-Hyuck, **Song Ho-Joong, ***Kim Yong-Suk

*Konyang Univ., **Konyang Univ., ***Konyang Univ.

요약

교량과 같은 우리나라의 사회기반시설은 한국의 고도 성장기에 대부분 건설되었다. 이는 건설 후 20년 이상이 지났으며, 붕괴 위험이 있는 노후 구조물로 분류된다. 최근에는 노후 구조물의 붕괴에 대한 대책으로 구조물의 손상평가 분야가 활발히 연구되고 있다. 특히, 구조물에서 축적되는 손상의 정도를 파악하고 위험여부를 분별하는 기술연구는 많은 주목을 받고 있다. 하지만 실제 구조물을 대상으로 손상평가를 진행하는 것은 많은 어려움이 있다. 손상평가를 진행하기 위해서는 센서를 부착하거나, 촬영, 등 여러 측정방법이 필요하기 때문에, 시간적, 경제적 제약이 상당하다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 발전한 기술은 시뮬레이션으로 이는 교량의 구조를 기반으로 입력되는 외력을 계산하여 구조물에 가해지는 압력을 도출한다. 본 논문에서는 기계학습의 일종인 딥러닝의 GAN(Generative Adversarial Networks) 모델을 기반으로 교량의 응답 데이터를 생성했다. 기존의 시뮬레이션에서는 교량의 구조와 조건을 자세하게 입력해야했지만, GAN을 기반으로 한 시뮬레이션에서는 구조물의 특징을 입력할 필요가 없다. 이는 GAN이 구조물 데이터의 특징을 스스로 학습하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 모형 구조물의 손상실험을 통해 획득한 응답데이터와 GAN 모델에서 생성된 응답데이터를 비교하여 시뮬레이션으로써의 GAN 모델을 구성하며, 지진과 같은 외력이 교량에 작용했을 때 교량의 상태를 예측한다.

I. 서론

국내의 대규모 구조물은 대부분 사회 기반시설이며, 대부분 건설 후 20년이 지난 노후 구조물이다. 이러한 노후 구조물은 붕괴에 대한 대책으로 손상평가 기술을 채용하고 있다[1]. 하지만 실제 구조물을 대상으로 손상평가 기술을 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 이는 교량의 상태를 정량적으로 측정하기 위한 방법(센서 기술, 이미지 촬영, 비파괴검사, 등)이 복잡하며, 많은 비용(물적, 시간적, 인적)이 소모되는 것에 있다[2]. 따라서 측정에 많은 비용이 소모되는 대규모 구조물의 경우에는 실제 계측을 진행하기에 앞서, 비교적 적은 비용이 소모되는 시뮬레이션을 통해 구조물의 상태를 사전에 확인한다[3]. 그러나 현재의 시뮬레이션 기술은 구조물을 특정 짓기 위한 구조물 정보를 수동으로 입력해야 한다. 이는 구조물의 정보, 입력되는 외력을 특정하기 위한 과정이며, 본 논문에서는 이를 수동 엔지니어링이라 칭한다. 수동 엔지니어링은 외력이 작용하는 구조물의 상태를 사람이 직접 조정하기 때문에, 복잡한 구조물일수록 많은 노력이 필요하다[4]. 그러므로 수동 엔지니어링 방식의 시뮬레이션은 교량과 같은 대규모 사회기반시설에 대한 검증이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 기계학습의 일종인 딥러닝의 GAN(Generative Adversarial Network)을 이용하여[5], 교량의 특징을 학습하고 특정한 외력이 작용했을 때의 상태를 예측하는 시뮬레이션을 연구했다. 본 논문에서 활용한 GAN은 데이터에 기반을 두는 딥러닝의 특징을 가지기 때문에, 복잡한 구조를 가지는 교량의 경우에 상당한 강점이 있다. 이는 데이터의 특징으로 구조물의 특징을 스스로 도출하여, 구조물의 특징을 일일이 입력해야하는 수동 엔지니어링의 단점을 보완할 수 있다.

II. 본론

본 논문에서는 그림 1과 같이 서해대교를 약 1/200배 크기로 축소한 모형 교량을 사용했으며, 교량의 상판에 가속도 센서를 부착하여 실험했다.



그림 1. 서해대교 모형 교량

본 논문의 데이터는 앞서 이야기한 가속도 센서의 출력 값으로 200건을 수집하였다. 하나의 데이터는 8개의 채널(Channel) x 65,536 데이터 길이로 524,888이며, 총 데이터는 데이터 수(200개)를 곱한 104,857,600의 시계열 데이터로 구성된다. 또한 본 논문에서는 데이터의 특징이 두드러지는 부분을 학습하기 위해, 자유 진동 구간은 제거하여 총 52,428,800의 시계열 데이터를 사용했다.

52,428,800의 시계열 데이터는 데이터 수(200건) x 채널(8개) x 데이터 크기(32,768)로 구성되며, 본 논문에서는 그림 2와 같이, 시계열 데이터 학습에 유리한 LSTM(Long-Short Term Memory) 방식의 구성을 위해 데이터 크기를 256x128로 구성했다.

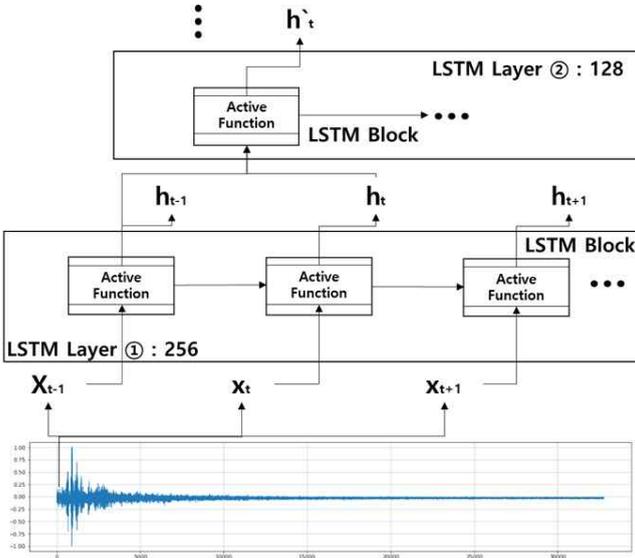


그림 2. 데이터를 적용한 LSTM Layer

LSTM 방식은 순차적인 데이터의 특징을 확인하기 위한 상태 값(h)을 갖고 있지만, 이러한 구조 때문에 복잡한 모델 구조를 구성하기 어렵다. 그러므로 본 논문에서는 그림 3과 같이, LSTM Layer로 GAN을 구성했다. 이는 순차적인 학습절차를 유지하며 데이터를 생성하고 판단하기 위함이다. 또한 생성자(Generator)의 마지막 계층은 사실 파형과 비교하기 위해, 뉴런의 모양(Shape)을 맞추었다. 따라서 판별자(Discriminator)의 첫 번째 계층은 생성자의 마지막 계층과 원본 파형을 입력받아 판단하며, 판별자의 두 번째 계층은 그 특징을 이어받아 생성자의 첫 번째 계층을 피드백한다.

본 논문에서는 모든 LSTM 계층의 출력에 활성화함수(Active Function)를 Sigmoid로 구성했다. 따라서 그림 3의 각 계층은 수식 1~6의 형태로 계산되며, 수식 5의 기호는 행렬곱(Matrix Multiply)를 의미한다. 또한 수식 1~3의 I, f, o는 LSTM을 구성하는 수식 5의 c에 영향을 주는 가중치이며, 수식 4의 g는 이전 LSTM 셀의 출력 값이다. 마지막으로 W는 가중치, x는 출력, b는 bias, h는 데이터의 흐름을 기억하는 상태 값이다.

$$i_t = \sigma(W_i x_t + W_i h_{t-1} + b_i) \quad (1)$$

$$f_t = \sigma(W_f x_t + W_f h_{t-1} + b_f) \quad (2)$$

$$o_t = \sigma(W_o x_t + W_o h_{t-1} + b_o) \quad (3)$$

$$g_t = \text{Sigmoid}(W_g x_t + W_g h_{t-1} + b_g) \quad (4)$$

$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot g_t \quad (5)$$

$$h_t = o_t \odot \text{Sigmoid}(c_t) \quad (6)$$

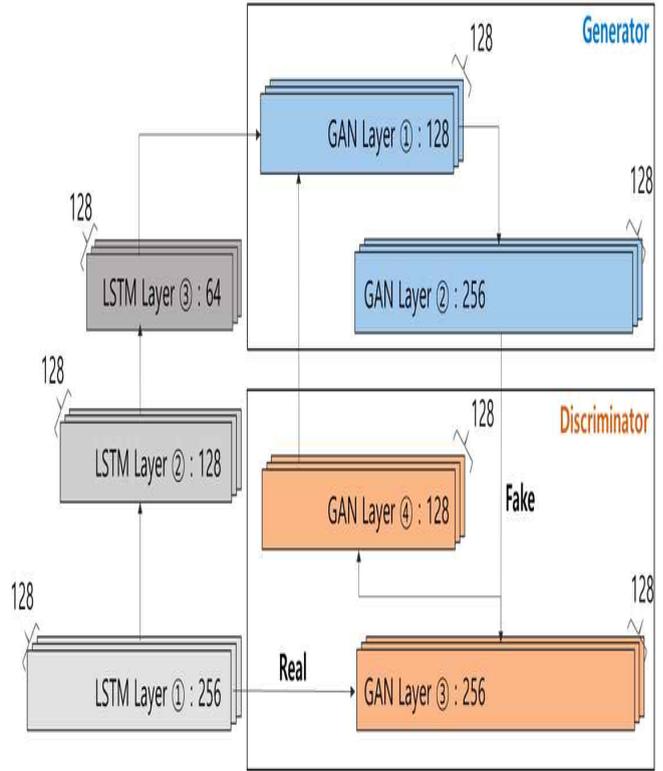


그림 3. GAN 시물레이션 모델 구조

따라서 그림 3의 생성자와 판별자의 손실(Loss)은 수식 7~9의 형태로 계산되며, 특히 생성자의 출력은 수식 8에서 볼 수 있듯이 두 번째 계층의 출력 데이터를 판별자가 수식 7의 방식으로 판단 후 전체(1)에서 제외한다.

$$\max_D V(D) = E_{x:p}(x)[\log D_2(x)] \quad (7)$$

$$\min_G V(G) = E_{x:p}(h_t)[\log(1 - D_2(G_2(h_t)))] \quad (8)$$

$$\text{Loss} = \min_G \max_D V(D, G) \quad (9)$$

본 논문에서는 정상적인 교량의 상태를 정상 생성자로 정의했다. 손상이 없는 데이터를 기반으로 충분히 학습한 생성자는 손상이 없는 데이터를 추정한다. 따라서 정상 생성자에 특정한 외력을 입력하여 학습했을 때, 생성자는 정상적인 교량의 상태를 기반으로 하여 외력을 재구성한다. 이는 수식 10~13으로 표현되며, 정상 데이터로 학습된 생성자에게 외력 데이터를 입력한 수식 13의 경우에는 정상 교량에게 외력을 가해 도출한 진동 데이터로 볼 수 있다.

$$\text{Normal } G = \min_G V(G) \quad (10)$$

$$\text{Damage Data} = h_d \quad (11)$$

$$\min_G V(G_d) = E_{x:p}(h_t)[\log(1 - D_2(G_2(h_d)))] \quad (12)$$

$$\text{Damage State} = \min_G V(G_d) \quad (13)$$

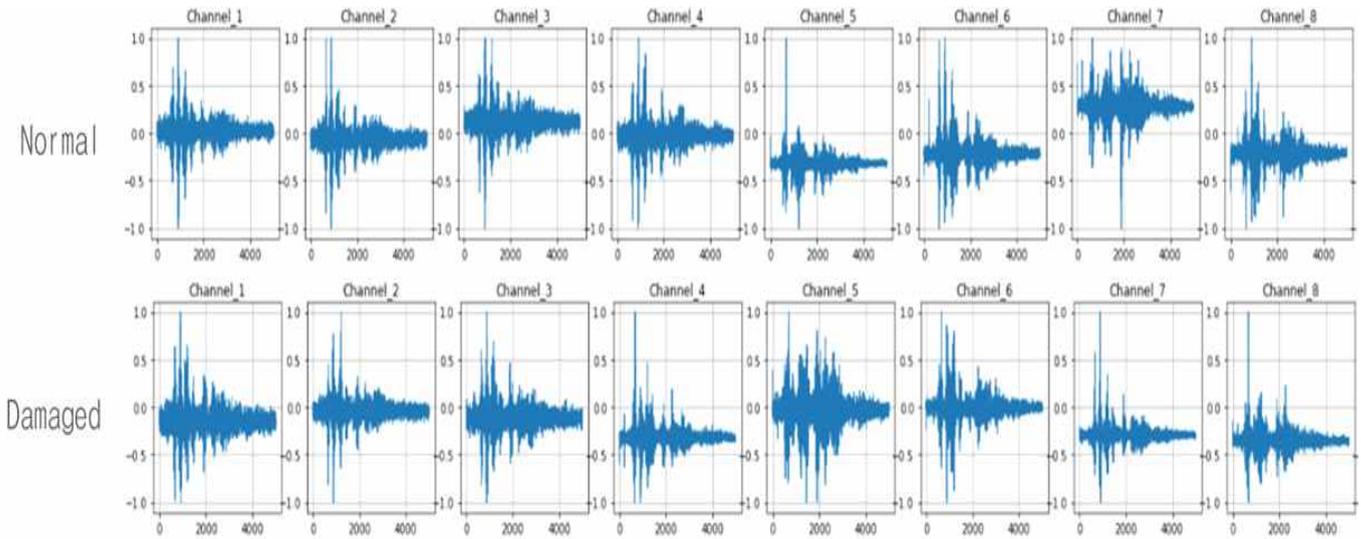


그림 4. 외력을 적용한 정상 생성자의 데이터

그림 4는 정상 생성자를 학습시킨 데이터와 외력을 정상 생성자의 입력으로 사용했을 때, 생성된 데이터의 그림이다. 이는 앞서 이야기 한 부분과 같이, 데이터의 특징이 두드러지는 부분만을 시각화 한 그림이며, 자유진동에 가까운 부분은 표현되지 않았다. 그림 4의 상단의 파형은 정상 생성자를 학습시킨 학습데이터이며, 하단의 파형은 외력을 생성자의 입력으로 사용하여 획득한 데이터이다. 그림은 1~8 채널로 구성되어 있으며, 각 파형의 가로축은 시간, 세로축은 진동수로 볼 수 있다. 외력은 2017년 발생한 포항 지진 데이터를 사용했으며, 그림 4에서 볼 수 있듯이 기존의 파형과 차이가 발생했다. 특히, 교량의 중심부에 해당하는 4, 5번 채널은 차이가 명확히 구분된다.

III. 결론

본 논문에서는 기계학습의 일종인 딥러닝의 GAN을 사용하여, 교량의 상태를 학습하고 특정한 외력에 따라 반응하는 시뮬레이션 연구를 진행했다. 이는 인간이 추출할 수 없는 다양한 변위의 데이터를 기반으로 할 때 더욱 강점이 생기며, 학습된 인공지능 모델은 비슷한 구조물에 대하여 쉽게 적용될 수 있다. 또한 기존의 수동 엔지니어링은 구조물에 대한 많은 배경지식이 필요했으며, 복잡한 구조물일수록 고려되는 방대한 변수를 수동으로 조정해야 했다. 하지만 딥러닝을 이용한 시뮬레이션은 구조물에 대한 과학, 기술적 배경지식이 적어도 충분히 구성할 수 있으며, 다양한 변수를 직접 고려해야 했던 수동 엔지니어링의 시뮬레이션에 비해 그 구성의 비용이 적다. 따라서 본 논문의 GAN 시뮬레이션 모델은 기존의 수동 엔지니어링을 바탕으로 하는 시뮬레이션을 효과적으로 대체할 수 있다. 향후 연구로는 그림 1에서 구성했던 모형 교량에 본 논문에서 사용한 외력을 동일하게 적용하여 발생하는 데이터로 GAN 시뮬레이션 모델을 검증할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Dawson, Brian. "Vibration condition monitoring techniques for rotating machinery," *The Shock and Vibration Digest*, 8, (12), 1976
- [2] Mahmoudzadeh, A., Amir, G., Jahanshahi, M, R., and Firoozi, Y, S., "Estimating Pavement Roughness by Fusing Color and Depth Data Obtained from an Inexpensive RGB-D Sensor," *Sensors*, 19, (7), 2019.
- [3] Lovejoy, Steven. "Applications of Structural Health Monitoring to Highway," *State of Oregon*, 2013.
- [4] Willberg, C., Duczek, S., Vivar-Perez, J.M., and Ahmad. Z.A.B. "Simulation Methods for Guided Wave-Based Structural Health Monitoring: A Review," *Applied Mechanics Reviews*, Vol. 67, (1), 2015.
- [5] Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., and Bengio, Y. "Generative Adversarial Networks," *Proceedings of the International Conference on Neural Information Processing Systems*, pp.2672 - 2680, 2014.

LTE 망에서 MPTCP 프로토콜을 사용한 핸드오버 성능 분석

김서현, 강희수, 정일형, 김병철[Ⓢ], 이재용[Ⓢ]

충남대학교 전파정보통신공학과

teohn@naver.com, kdkdj98@naver.com, ihjung@kari.re.kr, byckim@cnu.ac.kr, jyl@cnu.ac.kr

Evaluation of Handover Performance using MPTCP Protocol in LTE Networks

Seohyun Kim, Heesu Kang, Ilhyung Jung, Byungchul Kim[Ⓢ], Jaeyong Lee[Ⓢ]

Radio and Information and Communication Engineering, Chungnam National University

요 약

두 사업자 망의 다중경로를 이용하여 데이터를 전송하는 다중경로 TCP 를 기지국 간 핸드오버 환경에 적용할 경우 한 사업자 망의 핸드오버 수행 시 다른 경로의 서브 플로우도 영향을 받는 현상을 학내에서 이동하면서 실험을 하여 살펴볼 수 있었다. 이 경우 다중 TCP 를 사용함에도 Round Robin 방식이나 lowest RTT 스케줄러 방식의 경우 단일 TCP 보다 성능이 나빠질 수 있다. 이러한 문제점은 기존에 제안되었던 DAPB 스케줄러 방식을 적용하여 개선할 수 있음을 보였다.

I. 서 론

최근 단일 경로만을 이용하여 전송하는 TCP 보다 다중경로를 이용하여 효율적인 데이터 전송을 하는 MPTCP (다중경로 TCP) 가 제안되었다[1]. MPTCP 는 두 개 이상의 경로를 이용하는 프로토콜로서 데이터를 여러 경로로 나누어 전송한다. 따라서 전송하는 데이터의 크기와 경로의 개수, 전송 스케줄러 그리고 유·무선 환경이 MPTCP 의 성능을 좌우한다[1][2].

본 논문에서는 상용 LTE 망 두 개를 동시에 연결하여 무선 MPTCP 망을 구축한다. 그리고 각 통신사의 중계기 (기지국) 위치를 고려하여 무선 환경에서 핸드오프를 수행할 경우의 MPTCP 성능을 스케줄러마다 비교하였다. 또한 핸드오버에 대한 성능 저하를 확인하여 문제점을 분석하고 기존에 제안하였던 Delay Alerted Path

Blocking(DAPB) 프로토콜[4]을 적용할 경우 이러한 문제점이 개선됨을 확인하였다.

II. 실험환경 및 구성

MPTCP Sender 인 Laptop 과 MPTCP Receiver 인 Desktop 은 리눅스 우분투 MPTCP 커널을 설치한다. 정확한 성능을 위해 동일 버전 커널을 설치한다[2]. Laptop 에는 USB 테더링을 통해 두 개의 LTE 망, SKT 망과 LGU+ 망을 연결하였다. 서버는 교내 개방 포트를 통해 서브플로우 2 개를 동시에 연결하였고 실험 트래픽을 측정하고 분석하는 툴은 iperf3 와 Wireshark 를 사용하였다. 자세한 실험 환경은 [표 1]과 같다.

[표 1] 실험 환경

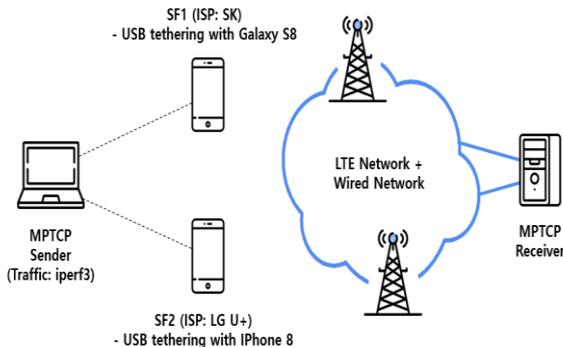
	MPTCP Sender	MPTCP Receiver
OS	Linux Ubuntu 18.04 LTS	Linux Ubuntu 18.04 LTS
version	4.14.184 mptcp 0.94	4.14.192 mptcp 0.94
Experiment program	iperf3, Wireshark	

또한, 무선 이동 환경으로 안정적인 트래픽 전송을 위해 네트워크 파라미터 값을 변경하였는데 이 때 netem 은 [표 2]와 같이 token bucket filter 를 사용하여 경로마다 적절한 값을 적용하였다[3].

[표 2] netem 명령어

netem 명령어	
SKT	sudo tc qdisc add dev I/F root tbf rate 12Mbit latency 15ms burst 60Kbit
LG U+	sudo tc qdisc add dev I/F root tbf rate 10Mbit latency 10ms burst 50Kbit

전체적인 실험 환경 구성은 <그림 1>과 같다. 본 실험에서는 구축된 무선망을 통해 이동 환경에서 두 개의 통신사를 3 가지의 스케줄러(Round Robin, lowest RTT 및 DAPB)를 사용하여 성능 결과를 비교하였다.



<그림 1> MPTCP 실험 환경 구성

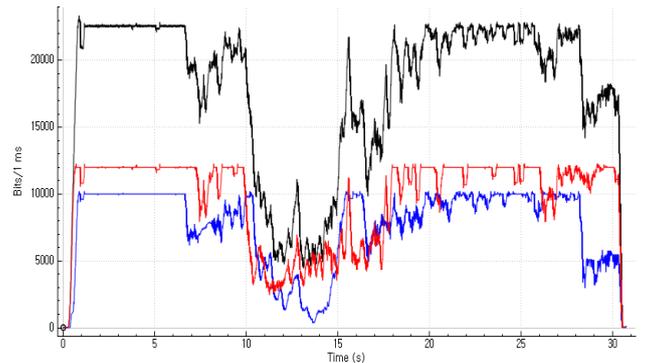
III. 핸드오버 구간에서의 MPTCP 성능

본 실험에서는 MPTCP 핸드오버를 분석하였다. 스케줄러 별 성능과 문제점을 분석하기 위해 동일 구간에서 평균 30km/h로 주행하며 실험을 진행하였다.



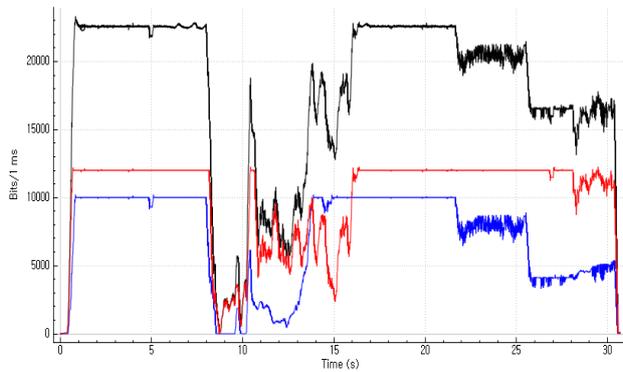
<그림 2> 핸드오버 실험경로

핸드오버 실험 시 주행경로는 <그림 2>와 같이 교내 '정보화본부교육관 → 농업생명공학관'으로 주행경로를 구성하였다. 이 경로상에서 핸드오버가 총 두 번 일어나게 되는데 먼저 SKT 에서 핸드오버가 발생을 한다. 그 후 5 초 가량이 지난 뒤에 LG U+ 에서 핸드오버가 발생하게 된다.



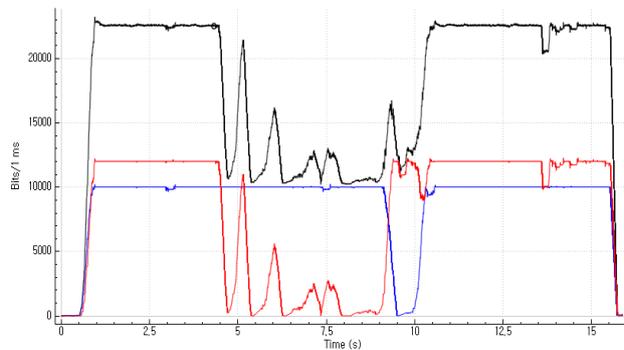
<그림 3> 핸드오버 실험 결과 (LowestRTT)

<그림 3>은 LowestRTT 의 Throughput 그래프이다. LowestRTT 스케줄러는 기본적인 MPTCP 스케줄러로서 가장 낮은 RTT 를 가지는 경로를 우선적으로 사용하게 되는데 만약 하나의 서브플로우에 핸드오버가 발생하여 성능이 저하되면 다른 서브플로우도 동시에 성능이 저하되는 문제점을 보인다.



<그림 4> 핸드오버 실험 결과 (Roundrobin)

<그림 4>는 Round Robin 스케줄러를 사용한 경우의 MPTCP Throughput 그래프이다. Round Robin 스케줄러도 하나의 서브플로우의 핸드오버 발생의 영향으로 다른 서브플로우의 성능이 저하된다. 이상의 문제점은 핸드오프로 인해 성능 저하가 발생한 경로로 인해 그렇지 않은 경로의 송신 버퍼에서 발생하는 HoL(Head-of-Line) blocking 문제점 때문이라고 할 수 있다.



<그림 5> 핸드오버 실험 결과 (DAPB)

<그림 5>는 DAPB 스케줄러를 사용했을 때의 MPTCP Throughput 그래프이다. DAPB 스케줄러를 적용했을 때에도 동일 구간에서의 핸드오버가 발생한다. 하지만 앞의 두 스케줄러와 달리, 하나의 서브플로우가 특정 기준의 RTT threshold 를 넘어가면 해당 서브플로우를 차단하게 되고 HoL blocking 을 일으켰던 패킷을 다른 서브플로우로 전송하기 때문에 이후 남아있는 다른 서브플로우의 성능을 단일 경로 TCP 성능만큼 보장한다. 따라서 앞의 두 스케줄러보다 핸드오버에 의한 성능 저하 현상이 적게 나타난다.

IV. 결론

본 논문에서는 무선망에서의 MPTCP 이동 환경 실험으로 핸드오버 발생 시 스케줄러 별 MPTCP 의 성능을 확인할 수 있었다. MPTCP 적용을 한 무선 망 환경에서 핸드오버가 발생한 서브플로우가 있다면 핸드오프로 인한 성능 저하의 영향으로 나머지 다른 서브플로우도 영향을 받아 단일경로 TCP 성능만큼도 보장해주지 못하는 문제가 발생할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 DAPB 스케줄러는 핸드오버가 발생하면 해당 서브플로우를 차단하고, 다른 서브플로우를 단일 경로 TCP 성능만큼 보장한다. 그러므로 잦은 핸드오버가 발생하는 환경이나 불안정한 무선 통신 환경에서 DAPB 스케줄러를 사용하는 것이 매우 효율적이라고 판단된다.

참고 문헌

- [1] A. Ford, C. Raiciu, M. Handley and O. Bonaventure, "TCP Extensions for Multipath Operation With Multiple Addresses", document RFC 6824, Jan. 2013.
- [2] C. Paasch and S. Barre, "MultiPath- Linux Kernel implementation", (<http://www.multipath-tcp.org>)
- [3] netem - Network Emulation functionality for testing protocols by emulating the properties of wide area networks [Internet]. <https://man7.org/linux/man-pages/man8/tc-netem.8.html>
- [4] 김민섭, 이재용, 김병철. (2017). 이중 망에서의 지연경로 경로차단 스케줄러를 이용한 MPTCP 성능 개선방안. 전자공학회논문지, 54(2), 28-37.

실시간 기상환경 데이터를 이용한 개인 맞춤화 서비스

우수빈, 박승희, 최병진, 황경호

국립한밭대학교 컴퓨터공학과

suvin9616@gmail.com, seungheepark0515@gmail.com, cbj951212@gmail.com, gabriel@hanbat.ac.kr

Personalization Service Using Real-Time Weather Environment Data

Subin Woo, Seung-Hee Park, Byoung-Jin Choi, Gyung-Ho Hwang

Hanbat National University Dept. Computer Engineering

요약

본 논문은 기상청에서 제공하는 데이터보다 좁은 범위의 기상 데이터를 측정 및 수집하여, WiFi 무선 통신으로 구글의 클라우드 플랫폼에 저장 후 스마트폰 앱을 통하여 사용자에게 실시간으로 측정된 기상 데이터와 이를 활용하여 현재 이후의 예측된 기온 데이터를 시각화하여 보여주고 사용자가 설정한 조건을 만족할 때 스마트폰으로 알림 서비스를 제공한다.

I. 서론

기상 데이터는 유통 관리, 소비 현황 파악 등에 사용되고 있으며, 활용 사례 또한 증가하고 있다. 하지만 기상청에서는 넓은 단위로 측정된 기상 데이터를 제공하고 있어 개인 맞춤화된 기상 알림 서비스의 발전은 미비한 상태이다.

본 논문에서는 기상청보다 좁은 범위의 기상 정보를 제공하는 개인화 맞춤 서비스를 제안한다. WIFI기능이 구현된 NodeMCU를 사용해 기상 데이터를 수집해 구글의 클라우드(Firebase)에 저장한다. 서버에 저장된 기상데이터(온도, 습도, 미세먼지 지수, 자외선 계수, 강수 유무, 누적 강수량, 풍속, LSTM 모델을 이용한 기상 예측 값)는 안드로이드 앱에서 실시간으로 확인할 수 있다. 또한 FCM(Firebase Cloud Messaging)으로 사용자가 설정한 조건에 따라 변화된 기상 상황에 대비할 수 있도록 알림을 전송한다.

II. 본론

2.1 시스템 구성 및 동작

본 논문에서 제안하는 서비스의 구성도는 <그림 1>과 같다. 사용자는 설치하고자 하는 위치에 기상 환경 수집 기기를 설치한다. 연결된 센서로 기상 데이터를 수집하고 서버에 저장한다. 저장된 데이터는 앱을 통해 확인할 수 있다.

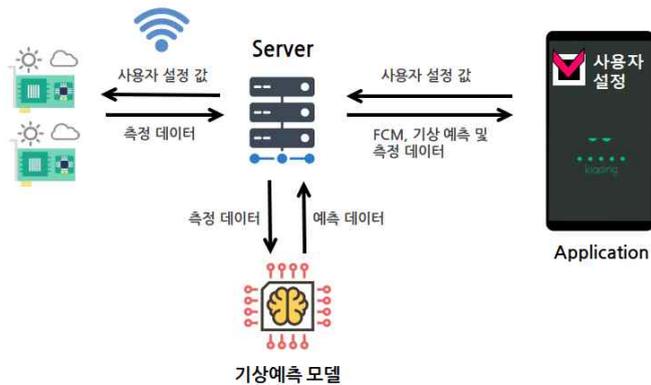


그림 1. 실시간 기상 정보를 이용한 개인화 서비스 구성도

오픈소스 사물인터넷(IoT) 플랫폼인 NodeMCU와 센서를 연결해 기상 데이터를 수집한다. WiFi 기능을 포함한 개발보드는 NodeMCU를 사용하여 무선으로 기상 정보를 인터넷을 통해 서버로 전달한다.

기상 환경 수집 센서는 <그림2>와 같이 9개를 사용하였다. 자외선 센서(GUVA-S12SD), 미세먼지 센서(SDS011), 온도습도 센서(DHT22), 접촉식 수위 센서(Water Level Sensor), 비접촉식 수위 센서(Non-contact Liquid Level Switch, 연결 수량 4개), 풍속 센서(fst200-201)를 NodeMCU에 연결하여 센서 정보를 서버로 전송한다.

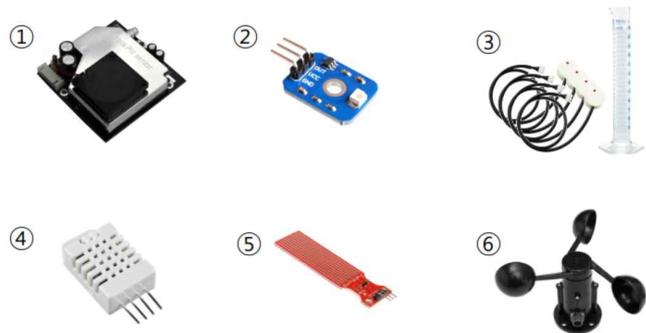


그림 2. 기상 정보 수집에 사용되는 센서

①SDS011, ②GUVA-S12SD, ③Non-contact Liquid Level Switch
④DHT22, ⑤Water Level Sensor, ⑥fst200-201

강수 유무를 사용자에게 알리고, 강수량을 측정하기 위해 NodeMCU 개발 보드 2개를 사용한다. 각 보드에는 한 개의 <그림3>의 접촉식 수위 센서와 네 개의 <그림4>의 비접촉식 수위 센서를 연결한다. 접촉식 수위 센서는 1Ω의 저항 라인을 사용하여 측정된 값을 출력한다. 전류가 100 이상일 경우, 강수 여부는 참이므로 사용자에게 강수 여부 알림 서비스를 제공한다. 또한, 강수 여부가 참일 때부터 비접촉 수위 센서가 연결된 모듈에서 강수량을 측정한다. 하루 6시간 기준 누적 강수량을 측정하여 실시간 강수 현황을 앱으로 알린다.

사용자 맞춤 알림 서비스는 구글에서 제공하는 FCM을 사용한다. 개발보드는 스마트폰 앱에서 사용자가 설정한 알림 서비스 on/off, 미세먼지, 온도, 습도, 자외선 수치와 앱 고유의 토큰 값, 회원가입 시 입력된 사용자 이메일 데이터를 서버에서 읽어온다.



그림 3. 접촉식 수위 센서



그림 4. 비접촉식 수위 센서

첫 번째 알람 서비스는 사용자가 직접 입력한 데이터 수치와 센서로 측정된 값을 비교한 후 제공한다. 사용자는 앱에서 온도, 습도, 미세먼지, 자외선 수치에 대해 이상, 이하를 설정할 수 있다. 설정한 값이 서버에 저장되면 측정기는 서버에서 값을 읽어온다. 그 후 사용자 계정 노드를 확인하고, 개인 설정 값과 실시간 측정 데이터를 비교하여 알람을 보낸다. 예를 들어 사용자가 설정한 조건이 ‘온도-15°C-이상’일 경우, 서버에 저장된 조건 값과 실시간 측정 데이터를 비교하여 측정된 온도 데이터가 15 이상일 때 사용자에게 알린다. 두 번째 알람 서비스는 스위치 On/Off 기능을 통한 기상 변화 알람 서비스이다. 이 서비스는 자외선 수치 변화, 강수 여부, 미세먼지 수치 변화 알람을 제공한다. 앱에서 스위치 On 한 값이 서버에 저장되면 개발보드는 저장된 값을 불러온다. 그 후 실시간 측정된 데이터를 기준으로 각 기상 상황 변화에 대한 알람 서비스를 제공한다. 예를 들어 자외선 지수 ‘위험’이나 ‘보통’에서 ‘낮음’으로 변화되는 경우, ‘현재 자외선 지수는 낮음입니다.’라는 알람을 <그림5>와 같이 확인할 수 있다.



그림 5. 자외선 변화 알람 메시지

2.2 기상 데이터를 활용한 기온 예측

기온 예측을 하여 사용자에게 현재 기온과 비교할 수 있는 현재 시간 이후의 기온을 예측하여 알려준다.

학습 데이터로는 기상청에서 제공하는 지역 동 범위의 2011년~2019년까지 1시간마다 측정된 데이터를 사용한다. 예측은 텐서플로우 케라스를 활용하며 예측 모델은 RNN 계열의 LSTM 모델을 사용한다. 예측을 위해 사용하는 속성은 온도, 습도, 강수량, 풍속 기상 데이터를 사용한다. 기상 모듈을 이용하여 측정된 기상 데이터는 1분 단위로 파이어베이스에 업로드된다. 학습데이터와 시간을 같게 만들기 위해 서버에서 각 시간의 평균 기상 데이터를 만들고 평균 기상데이터를 활용하여 1시간마다 서버에서 예측을 진행한다. 예측된 데이터는 파이어베이스로 정보를 전달한다.

2.3 기상 정보 개인화 서비스 스마트폰 앱 개발

본 논문에서 개발한 스마트폰 앱은 사용자 계정을 활용하여 파이어베이스 서버에 실시간으로 업데이트되는 기상 상황을 조회 할 수 있다. <그림 6>에서 이메일 계정을 활용한 회원가입과 로그인을 할 수 있다. 로그인을 한 뒤, 현재 사용자와 가장 가까운 측정 지역의 강수여부, 미세먼지, 온도, 습도, 자외선, 사용자 위치를 <그림 7>에서 확인할 수 있다. 상단의 스피너로 측정기를 선택하여 사용자가 알고자 하는 지역의 기상을 조회할 수 있다. 비가 오거나 미세먼지, 자외선 센서의 측정값이 단계별 기준치를 초

과하게 되면 해당 센서 이미지를 변경하여 사용자가 기상상태 변화를 쉽게 알 수 있도록 하였다. 레이아웃 하단에는 LSTM 모델 기반 60분 단위의 기상예측을 실시간 그래프 형태로 제공한다.



그림 6. 로그인 화면



그림 7. 메인화면

자기 집 앞이나 특정 위치에 <그림 8>과 같은 개인 측정기를 설치 해놓은 뒤 설치 장소를 <그림 9>에서 확인할 수 있다. <그림 10>은 개인별 FCM 알람 설정화면으로 사용자 개인이 측정기, 센서, 수치를 선택/입력한 뒤 업데이트 버튼을 클릭하면 파이어베이스 사용자 계정 노드에 설정값이 저장된다. 또한, 스위치 버튼을 활용한 방법으로는 자외선, 강수 여부, 미세먼지의 단계별 기상 상황을 수신 설정할 수 있다.



그림 8. 기상 측정기



그림 9. 측정기 위치



그림 10. FCM 알람 설정

III. 결론

개인별 FCM 알람 설정을 이용하여 사용자 주변의 실시간 기상 변화에 대한 즉각적인 피드백을 받을 수 있다. 같은 지역임에도 건물 밀집도, 녹지 비율 등에 따라 발생하는 온도차 또한 사용자가 즉각 알 수 있어 여름철 무더위·열대야 등을 대비하는데 도움을 줄 수 있다. 기상정보도 좁은 범위의 기상 데이터를 측정하여 세부 지역별, 시간별 날씨 정보를 제공할 수 있고, 실시간 기상 서비스 구현으로 기상 네트워크를 구축할 수 있다. 수집한 기상 환경 데이터를 위치, 시간, 센서 단계로 분류하여 관리하기 때문에 여러 분야에서 필요한 특정 기상 데이터를 간편하게 제공할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 김성진, 여현 “과수 기상환경 파악을 위한 저가형 아두이노 기반 AWS 모니터링 시스템 설계” 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 2017.

[2] 조동혁 “로라 통신 기반의 클라우드 시스템을 구축된 스마트팜 플랫폼”, 한국정보통신학회 춘계학술대회 논문집, pp 917~919, 2019.

[3] 허경용, 김광훈 “날씨 정보와 아두이노를 이용한 스마트 알람 시계”, 한국정보통신학회논문지, 제23권, 제8호, pp. 889~895, 2019.

[4] 장원준, 이아론, 박현수, 황경호 “무선 멀티홉 네트워크 기반 실시간 기상환경 모니터링 시스템 개발” 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, 2019.

심전도 데이터 기반의 머신러닝을 활용한 간이 폐쇄성수면무호흡증 진단 모델

*정해성, **김태현, **김서영, **서대웅

*,**경북대학교

*error30@knu.ac.kr, **socm9145@knu.ac.kr, **heyksy96@knu.ac.kr, **tjeodnd403@knu.ac.kr

Diagnostic Light Model for OSA Using ECG Data-Based Machine Learning

*Jeong Hae Seong, **Kim Tae Hyun, **Kim Seo-Young, **Seo Dae Woong

*,**Kyungpook Univ.

요약

수면 검사 인원의 증가 추세를 보이지만 수면다원검사(PSG)의 접근성과 고비용으로 사람들이 수면 검사를 받는 데 어려움이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 웨어러블 기기에도 사용 가능한 간단한 신호만을 사용하여 수면장애를 쉽게 진단할 수 있도록 간이 폐쇄성수면무호흡증 진단 모델을 제안한다. 머신러닝과 딥러닝을 활용하여 수면 상태와 호흡 상태를 분류하여 비용적인 측면을 개선하고 많은 사람의 수요를 충족시킬 수 있는 수면장애 진단에 도움 될 것으로 보인다.

I. 서론

사람은 매일 잠이 들지만, 자신이 어떻게 잠을 자고 있는지는 알 수 없다. 수면 중에는 코골이나 이갈이처럼 다양한 수면 습관이 존재하지만, 그중 저 호흡, 무호흡 같은 수면장애는 수면의 질에 많은 영향을 끼친다. 이 사실과 수면의 질에 관한 관심의 증가로 수면 검사 인원이 증가하고 있다.

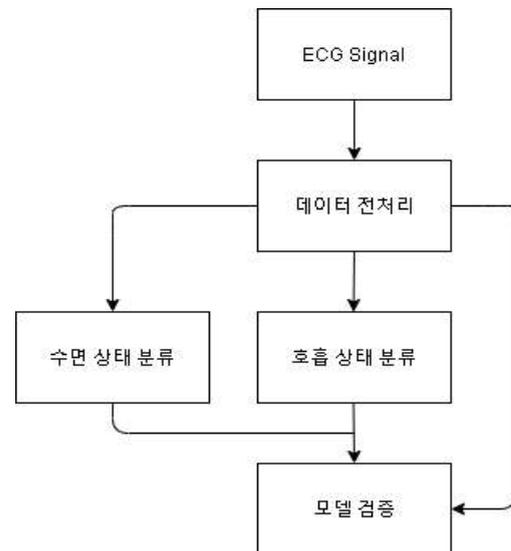
수면다원검사(PSG, Polysomnography)검사는 수면 상태의 생리적 변화를 연속적으로 기록할 수 있는 임상 신경생리학 검사 방법이다. 그러나 뇌파, 유발 진위, 근진도 등 대부분의 임상 신경생리 검사들이 단일 생리지표를 기록하는 것과 달리 여러 가지 생리지표들을 같이 기록하여 수면 중의 생리적 상태를 파악해야 한다 [1]-[2]. 이처럼 다양한 신호들을 측정해야 하는 것뿐만 아니라 수면을 취하는 장소 및 시간이 한정적이라는 어려움이 있다. 또한, 수면다원검사는 검사 비용이 많이 들고, 수면 검사실에서 하루 동안 수면해야 하는 낮은 접근성을 보이며, 대기 환자 수요가 많아 접근이 제한적이다.

따라서 ECG, EEG, EOG, EMG 등 다양한 신호가 사용되는 수면다원검사서 간단한 웨어러블 기기에 탑재 가능한 생체 신호를 사용해서 사전 검사(pre-screening)모델을 개발한다면 간단하게 간이 수면다원검사를 할 수 있을 것이다.

최신 웨어러블 기기인 스마트워치에서 혈압, 심박 수, 심전도를 측정할 수 있게 되었다. 따라서 심전도(ECG)를 활용한 사전 진단 모델을 제안한다.

II. 연구 방법

<그림 1>은 본 논문에서 제안하는 간이 폐쇄성수면무호흡증 진단 모델 개발 과정을 나타낸다.



<그림 1> 간이 폐쇄성수면무호흡증 진단 모델 개발 과정

2.1 데이터 전처리

시그널 데이터 파일과 annotations 파일이 별개로 존재하고 다양한 시그널이 존재하기 때문에 ECG 데이터와 Annotations 값만 따로 추출해서 30초 즉 7,500개의 자료당 수면 중인지, 수면 무호흡, 저 호흡인지에 대한 하나의 Label을 할당하게 처리한다. 그 후 train, test 데이터로 나누어 모델 학습과 성능 평가에 사용한다.

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(2015-0-00912)

2.2 수면 상태 분류

전처리를 통해 얻은 train 데이터에서 수면에 관련된 Label은 W(Wake), 1, 2, 3, 4, R(REM Sleep), MT(Movement Time) 7개가 있지만 AHI(Apnea-Hypopnea Index) 계산은 수면 중인지 아닌지만 판단하면 되기 때문에 깨어있는 상태인 W를 0 나머지를 1로 할당하는 이진 분류 모델로 설계한다.

2.3 호흡 상태 분류

수면 무호흡, 저 호흡에 관련된 Label은 H(Hypopnea), HA(Hypopnea with arousal), OA(Obstructive apnea), X(Obstructive apnea with arousal), CA(Central apnea), CAA(Central apnea with arousal), L(Leg movements), LA(Leg movements with arousal), A(Unspecified arousal)가 있다. 수면 상태 분류와 마찬가지로 AHI 계산을 위해 저 호흡과 무호흡의 구분이 필요하지 않기 때문에 H, HA, OA, X, CA, CAA를 1, 없거나 나머지를 0으로 할당하는 이진 분류 모델로 설계한다.[3]

2.4 모델 검증

전처리를 통해 얻은 데이터 중 25%가 train 데이터이다. train 데이터의 수면과 호흡 상태에 관련된 값과 분류 모델에서 나온 값들의 accuracy를 구한다. 각 모델에 대해 accuracy를 구해서 최적의 모델을 찾는다.

III. 실험 결과

3.1 실험 환경 및 사용 데이터셋

H/W	CPU	Intel I7-9700K
	RAM	삼성전자 DDR4 128G
	Storage	1TB m.2 SSD
		4TB HDD
S/W	GPU	RTX 2080 Ti
	OS	Ubuntu 20.04 LTS
	Language	Python 3.8

<표 1> 개발 환경

모델 설계를 위해 사용된 ECG 시그널 데이터는 Open Access Database인 PhysioNet의 MIT-BIH Polysomnographic Database를 사용하였다[4]. 18개의 레코드가 있으며 기록된 시그널은 ECG, BP, EEG, RESP, EOG, EMG, SV, SO2이 존재하며 250Hz로 기록되었다.



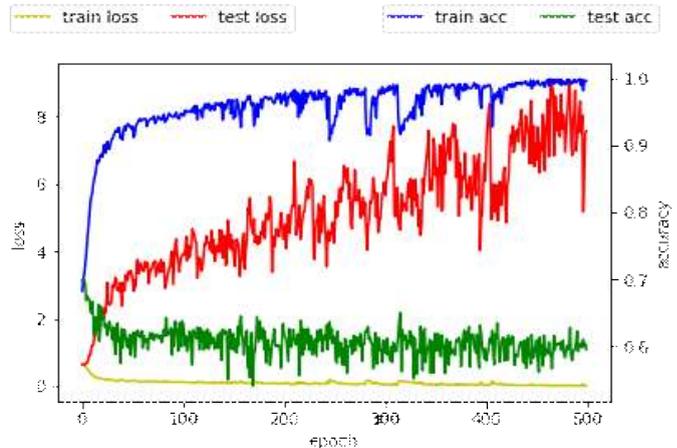
<그림 2> 시그널 데이터

그림 2와 같이 시그널이 존재하며 30초마다 수면 상태에 대해 W, 1, 2, 3, 4, R, H, HA, OA, X, CA, CAA, L, LA, A, MT의 Annotations이 기록되어 있다.

3.2 실험 결과 분석

Model	accuracy
LogisticRegression (solver=lbfgs)	58.78%
LogisticRegression (solver=saga)	58.99%
RandomForest	71.43%
RandomForest (Max_depth=20)	70.28%
RandomForest (Max_depth=10)	70.03%
DNN	65.68%
RNN	61.21%
LSTM	56.98%

<표 2> 수면 상태 분류 모델별 정확도

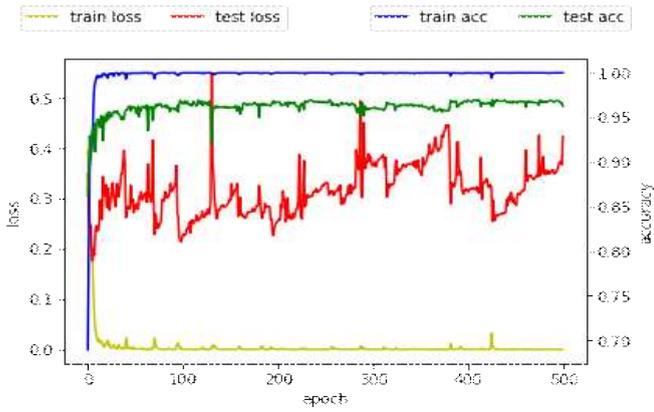


<그림 3> 수면 상태 분류 모델 정확도 그래프

<그림 3>은 딥러닝 모델에 train, test 데이터에 대한 loss, acc 그래프이다. epoch 500까지 증가시켜도 test 데이터에 대한 정확도는 70%를 넘기지 못했다. 높은 정확도가 나오는 모델이 없기에 파라미터를 조절하면서 돌려보았지만 RandomForest모델이 가장 높은 정확도를 나타냈다.

Model	accuracy
LogisticRegression (solver=lbfgs)	80.67%
RandomForest	94.70%
RandomForest (Max_depth=5)	93.27%
RNN	96.26%

<표 3> 호흡 상태 분류 모델별 정확도



<그림 4> 호흡 상태 분류 모델 정확도 그래프

IV. 결론

본 논문에서 ECG 데이터를 통하여 AHI계산을 위한 수면 상태와 수면 무호흡, 저 호흡 분류하는 방법을 소개하였다. 30초마다 분류하는 데이터에 대해 다양한 모델을 사용해봤을 때 수면 상태 분류 모델에서는 RandomForest가 호흡 상태 분류 모델에서는 RNN이 가장 좋은 결과를 도출해내는 것을 확인할 수 있었다.

차후 연구로는 수면 상태 및 무호흡, 저 호흡을 확인하는 모델을 통해 AHI를 계산하여 현재 수면장애 단계를 판단하는 모델을 개발하고, 위의 방식을 통해 만들어진 모델의 데이터를 수면다원검사가 아닌 웨어러블 기기를 통해 얻은 데이터를 이용했을 때 같은 결과를 도출해내는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이일근, "수면다원검사." *Annals of Clinical Neurophysiology* 1.2, pp.230-235, 1999.
- [2] 최수진, "폐쇄성 수면 무호흡의 합병증." *대한내과학회지* 89.1 pp.13-20, 2015.
- [3] 양창국, "수면다원검사와 다수면잠복기검사." *대한신경과학회 춘계학술대회*, pp.10-26, 2001.
- [4] MIT Laboratory for Computational Physiology, "PhysioNet: The Research Resource for Complex Physiologic Signals," URL: <https://physionet.org/>, accessed on November 19, 2020.

발사 임무 사후 분석을 위한 녹화영상 동기 재생 시스템 설계

조형곤
한국항공우주연구원

hgjo@kari.re.kr

Design of Synchronously Video Play System for Post Analysis of Launch Mission

Hyeonggon Jo
Flight Safety Technology Division
Korea Aerospace Research Institute

요 약

발사체 발사 임무에는 다양한 시스템이 참여하며, 임무 수행 결과로 발사체를 촬영하는 다수의 카메라 및 광학추적장비의 녹화 영상, 발사체 탑재 카메라 녹화 영상, 각종 자료처리시스템의 화면 녹화 영상 등 다수의 녹화 파일이 저장된다. 녹화된 영상은 발사 임무 사후 분석시 해당 시점의 상황을 파악하는데 사용된다. 그러나 각 영상파일들은 시작 시점 및 영상 길이가 서로 다르기 때문에, 원하는 시점에 상황을 파악하기 위해서는 개별 영상을 하나씩 확인해야하므로 어려움이 있다. 본 논문은 이러한 어려움을 해결하고자 다양한 녹화영상을 발사 시점인 H0 시간에 동기화하고, 원하는 시점에 맞추어 동시에 재생하는 시스템을 제안하고 그 구조를 설계하였다.

I. 서 론

나로우주센터의 발사임무 수행 중에는 성공적인 임무 수행을 위해 다양한 시스템이 참여하고[1], 그에 따라 다수의 촬영 영상과 운용화면 녹화 파일들이 생성되고 저장된다. 예를 들어 발사체 내부를 촬영하는 발사체 탑재 카메라 촬영 영상, 발사대 주변 및 발사체 감시 카메라 촬영 영상, 광학추적장비 추적 녹화 영상, 각종 자료처리시스템의 운용화면 녹화 영상 등이 있다. 해당 영상들은 임무가 종료된 후, 사후분석시 발사체의 상태나 임무 상황을 분석하기 위해 사용된다. 그러나 저장된 영상은 시간 동기화가 되어 있지 않아 원하는 시간 구역의 영상을 동시에 재생할 수 없고 운용자가 개별 영상들을 일일이 확인해야 하는 어려움이 있다.

그림 1 은 녹화영상의 비동기 문제를 표현하고 있다. 붉은 선은 기준이 되는 발사시점(H0), 색깔 블록은 각각의 영상파일을 나타낸다. 그림 1(위)는 실제 임무 시간 흐름에 따라 녹화 영상의 시점을 표시한다. 각각의 영상 녹화 시스템은 독립적인 장비이므로 그림처럼 운용 시작 시점이 다기 때문에 서로 다른 녹화 시작 시간을 갖게 되고, 녹화 영상의 길이 또한 다르다. 그림 1(아래)는 실제 저장된 녹화영상의 시간흐름을 나타낸 것이다. 시작시간이 다르기 때문에, 결과적으로 영상내부의 H0의 시점이 서로 다를 수 있다.

본 논문은 이러한 녹화 영상 활용의 어려움을 해결하고자 시작시점이 다른 다수의 녹화영상을 발사 시점인 H0 시간에 동기화하고, 원하는 시점에 맞추어 다수의 영상을 동시에 재생 제어하는 시스템을 제안하고 그 구조를 설계하였다.

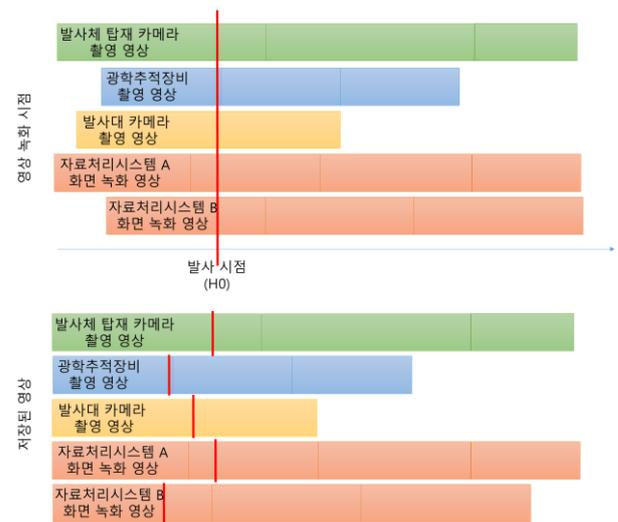


그림 1. 녹화영상별 비동기 문제 개념
(위)영상 녹화 시간 기준 (아래)저장된 파일 기준

II. 본론

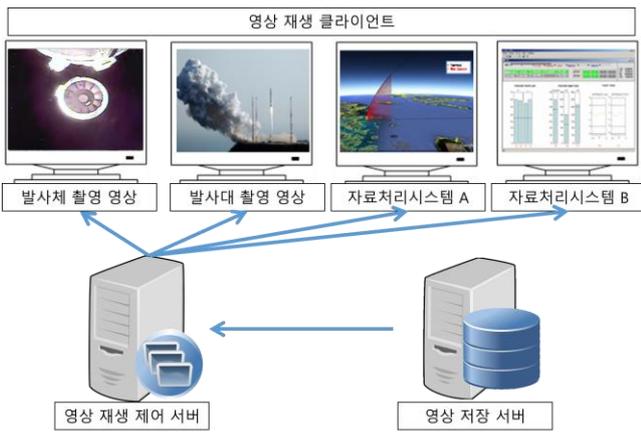


그림 2. 제안 시스템 구성도

제안하는 녹화영상 동기 재생 시스템은 그림 2와 같이 세 부분으로 이루어진다. 영상 저장 서버는 재생하고자 하는 모든 영상파일들을 저장한다. 영상 재생 제어 서버는 H0 시간 기준으로 각 영상파일의 시간 보정 정보와 어느 영상을 어떤 클라이언트 화면에 표시할지 저장된 재생 목록을 관리한다. 마지막 영상재생 클라이언트는 실제 영상을 재생하여 화면에 표시하는 역할로, 구성에 따라 하나의 시스템에서 하나의 화면만 표시할 수도 있고, 다수의 화면을 표시하도록 할 수도 있다.

그림 3은 제안시스템의 동작을 시퀀스 다이어그램으로 간략하게 표시한 것이다.

먼저 사전 단계로, 각각의 영상 녹화시스템은 우주 센터에 있는 시각 분배 서버[2]를 통해 시간 동기화를 수행한다. 개별 녹화파일은 영상 시작시간과 함께 영상저장서버에 모두 저장된다. 이때 영상녹화 시스템의 기능에 따라, 영상파일에 시작시간이 기록되지 않는 경우에는 저장 후 직접 영상정보 편집을 통해 영상의 시작 시간과 종료 시간을 영상정보에 기록해 둔다.

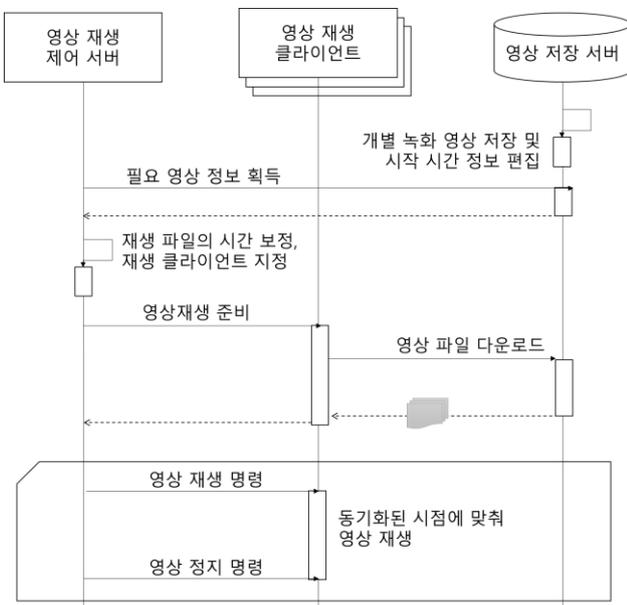


그림 3. 영상 동기 재생 시스템 동작 시퀀스

영상 재생제어 서버는 영상 저장서버에 저장된 녹화파일의 시작시간과 종료시간을 이용하여, 재생하고자 하는 시간 범위 내에 포함된 모든 영상의 시작시간 및 영상 길이를 수집한다. 예를 들어 H0 시각을 12:00:00으로 가정하고, 운용자가 H0-10 분에서 H0+20 분 사이의 영상을 재생하고자 한다. 영상 재생제어 서버는 11:50:00 ~ 12:20:00 구간이 포함된 모든 영상 정보를 획득한다.

다음으로 각 영상별로 시간 보정 값을 계산한다. 예를 들어 파일 A의 시작시간이 11:59:00 일 경우 보정 값은 시작 시간과 H0 시각과의 차이인 +60 초 이고, 파일 B의 시작시간이 12:00:03 일 경우 보정 값은 -3 초이다. 파일별 시간 보정 값 계산이 끝나면, 해당 영상을 재생할 대상 클라이언트를 지정한다. 각 영상파일의 시간 보정 값과 해당 영상을 재생할 클라이언트 쌍의 리스트를 재생 목록 설정이라 한다.

재생 목록 설정이 완료된 후에, 제어 서버는 영상 재생 클라이언트에 재생준비 명령을 내릴 수 있다. 재생 준비 명령은 클라이언트가 재생해야 할 영상의 주소 정보와, 동기 재생을 위한 영상의 시간 보정 값을 포함하고 있다. 이를 수신한 클라이언트는 영상저장서버에서 실제로 영상파일을 로컬로 다운로드 받아 재생할 수 있도록 준비한다. 다운로드가 완료되면, 모든 준비는 끝나고 다시 영상재생제어서버에 준비 완료 메시지를 회신한다.

이제 운용자의 제어에 따라 영상 재생 클라이언트에 원하는 시점의 영상 재생 명령을 내리면, 각 클라이언트는 동시에 개별 파일에 시간 보정 정보를 이용하여 영상을 재생한다. 예를 들어 H0+10 초 시점의 영상을 보고자 할 경우, 파일 A는 보정값(60 초) + 재생시점(10 초)인 70 초부터 재생이 시작되고, 파일 B는 보정값(-3 초)+ 재생시점(10 초)인 +7 초부터 재생이 시작된다. 이때 필요에 따라 구간 반복을 설정하여 해당 상황을 반복적으로 재생함으로써 상황 분석을 도울 수 있다.

III. 결론

본 논문은 발사 임무 사후분석을 위해, 발사 임무시 저장된 영상 시작 시점 및 길이가 서로 다른 다양한 녹화영상을 발사 시점인 H0 시간에 동기화하고, 원하는 시점에 맞추어 여러 클라이언트 화면에 재생하는 시스템을 제안하고 그 구조를 설계하였다. 제안 시스템은 아직 설계 단계이지만, 실제로 구현되어 활용된다면 향후 예정된 발사 임무의 사후 분석 시 도움이 될 것으로 기대한다.

참고 문헌

[1]이효근, 민경주. (2008). 나로우주센터 추적장비 통합운용시스템 구축. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, 994-997.
 [2]문병진, 한유수, 최용태, 이재용, 김병철. (2016). 나로우주센터 시간정보 전시를 위한 전송 방법 다양화에 관한 연구. 한국통신학회 학술대회논문집, (), 98-99.

위드 코로나시대 신남방국가와의 ICT기술협력분야선정에 관한 연구

*이은혜, **노일수

*충남대학교 경제학과 석사과정, **한국전자통신연구원 글로벌협력실 책임연구원

*leehornlover@hanmail.net, ** isroh@etri.re.kr

A Study on the Selection Process of ICT Technology Cooperation Area with New Southern Policy Partners under Covid-19 Era

*Yi Eun Hye, **Roh Ilseue

*ChungNam National Univ., **Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 코로나-19의 확산에 따른 신남방 주요국가의 변화된 ICT 시장트렌드를 분석하고, 우리나라와의 중장기적인 기술협력을 통해 협력공동체간 디지털 경제 활성화를 제고할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 코로나의 일상화로 신남방국가의 온라인 쇼핑이 급증하였고, 격리조치로 인한 홈코노미 활성화로 배달음식 주문이 증가하여 디지털 경제 플랫폼이 급격히 성장하였다. 또한 디지털 소비가 핀테크 기술을 활성화시키고 전자화폐 사용을 가속화하면서, 디지털 경제 생태계가 한국보다 더 커질 수 있을 것으로 전망된다. 동시에 사회적 거리두기의 여파로 비대면 진료체계인 원격진료가 더욱 가속화될 것으로 보인다. 본 논문은 주요 신남방국가들의 새로운 디지털 경제 트렌드를 도출하고 우리나라의 유망 ICT 협력 분야를 도출하여 1차적으로 양자간 협력 분야를 선정하였고 최종적으로 세부 협력분야들을 도출하였다. 디지털 경제로의 전환이 가속화되고 있는 신남방국가와의 기술협력을 강화하여 코로나 이후 시대를 선제적으로 준비하고 상호 상생을 모색하는 것이 필요한 시점이다.

I. 서론

2018년 8월 28일 신남방정책 특별위원회가 출범한 이래로 우리나라는 신남방국가의 대부분이 포함되어 있는 동남아시아 경제협력체인 ASEAN (Association of Southeast Asian Nations)과의 전략적인 경제동반자 관계를 모색해 왔다. 우리나라와 신남방국가, 특히 ASEAN과는 기술협력의 핵심 축의 하나로 4차 산업혁명 관련 과학기술·신사업 분야를 중심으로 호혜적인 협력을 강화하고 있다.[1]

신남방 국가 중 아세안 지역은 총 인구가 6.4억 명이며, 평균연령이 30세 이하로 매우 젊다. 중국의 저렴한 스마트폰 보급으로 디지털 경제로 킥업되고 있고, 미디어 산업이 급격히 OTT(Over The Top Service)시장으로 전환되고 있다.[2] 또한 Untact의 생활화로 재택근무와 학생들의 선별적인 등교 그리고 원격진료가 일상생활 깊숙이 파고들고 있다. 따라서 이와 관련된 ICT 기술 도입의 필요성이 크게 대두되고 있다.

본 논문은 코로나-19의 확산에 따른 신남방 주요국들의 변화된 ICT 시장 트렌드를 분석하고, 우리나라와의 중장기적인 협력을 통해 역내 협력공동체간 디지털 경제로의 전환을 활성화하기 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

II. 본론

1) 위드 코로나 시대 신남방 주요국 디지털 경제 트렌드

신남방국가는 올해 상반기 대대적인 격리조치로 홈코노미(Homeconomy)가 활성화되었다. 재택근무를 하게 되고 원격 수업을 진행

1) 영어단어 'Home'과 'Economy'의 합성어로 집안에서 이루어지는 각종의 경제활동을 의미

하고 배달음식 주문이 증가하였다. 또한 인터넷쇼핑과 배달음식의 전자화폐 사용 증가로 핀테크 기술이 활성화 되었다. 따라서 격리생활에 의한 반강제적 홈코노미의 영향으로 ①온라인 시장의 확대, ② 핀테크 기술 수요, ③원격진료의 확산, ④디지털 콘텐츠 급증하는 네가지 주요 현상을 신남방 주요 협력국의 디지털 경제 트렌드로 도출하였다.

첫 번째 트렌드로 우선 위드 코로나 시대 온라인 시장의 확대를 들 수 있다. 신남방국 인구의 50%가 30세 이하로 2000년대에 출생한 젊은 세대의 증가가 두드러진다. 이들 젊은 세대들의 중국산 저가 스마트폰 사용이 확대되면서 2021년에는 스마트폰 보급률이 80% 이상으로 증가할 것으로 예상된다.[3] 이러한 추세를 반영하듯 모바일 쇼핑 시장의 성장률은 평균 39%에 이른다. 온라인 시장규모도 괄목할 만한 성장을 보여 2015년 40조 원에서 2019년 118조 원으로 성장한 것으로 추정되고, 2025년까지 약 345조 원 규모로 성장할 것으로 예상된다.[3]

신남방 국가 중 주요협력 대상 5개국²⁾ 온라인 쇼핑 시장은 다른 소매채널에 비해 가장 빠르게 성장하고 있으며, 최근 5년간 매출액은 174% 증가하였다. 2014년 기준 42억 8,800만 달러(4조 7,662억원)에서 120억 2,300만 달러(한화 13조 3,638억 원)로 꾸준히 성장하고 있다.

<표 1>과 같이 인도네시아는 아세안 5개국 중 온라인 쇼핑 시장 매출액이 가장 높은 국가로 최근 5년간 200%의 높은 성장률을 기록했으며, 2018년 기준으로 43억 6,000만 달러(한화 약 5조 410억 원)로 집계되었다. 두 번째로 큰 시장인 태국은

2) "포스트 코로나 시대, 신남방국가와의 글로벌 기술협력 활성화 방안"에서 선정된 주요 협력국가 5개국은 시장규모, 성장가능성, 모바일 시장 규모와 우리나라와의 협력정도 등 4가지 기준으로 정량평가 하였고, 1순위 국가로 인도네시아와 베트남, 2순위 국가로 필리핀, 태국, 3순위 국가로 말레이시아를 선정함

최근 5년간 80%의 성장률을 보이며 2018년 기준 24억 7,900만 달러(한화 약 2조 8,62억 원)를 기록하였고, 베트남은 최근 5년간 263%의 높은 성장률을 기록하였고, 21억 2,700만 달러(한화 약 2조 4,592억 원)의 시장을 형성하고 있다. 상위 3개국인 인도네시아, 태국, 베트남의 전체 매출액 대비 비중은 각각 36%, 21%, 18%를 차지하고 있다.[5]

<표 1> 주요협력 대상 5개국 온라인 쇼핑 성장 추이
(단위: 백 만 달러)

국가	2014	2015	2016	2017	2018	5년간 증가률	2018 비중
합계	4,388	5,710	7,272	9,461	12,023	174%	100%
인니	1,455	1,978	2,543	3,307	4,360	200%	36%
태국	1,380	1,566	1,801	2,107	2,479	80%	21%
베트남	586	863	1,282	1,703	2,127	263%	18%
말련	519	737	953	1,434	1,956	277%	16%
필리핀	448	566	693	910	1,101	146%	9%

또한 외식 문화가 줄어들고 배달음식 주문이 증가하면서 디지털 경제 플랫폼이 급성장하고 있다. 그랩(Grab)은 화상 콘퍼런스를 통해 지난 3~4월 7만8천 명 이상의 동남아 판매상이 파트너로 합류하였고, 동기간 11만 5천 명이 그랩의 새로운 운전자 파트너, 배달 파트너로 합류하였다고 발표하였다.[6]

두 번째 트렌드로 홈코노미 활성화는 신남방 주요협력국은 '핀테크(금융+기술)' 활성화와 전자화폐 사용이 가속화시켰다. 향후 디지털 경제 생태계가 한국보다 더 커질 것으로 전망된다. 특히 법·제도적 규제로 인해 금융산업의 진입장벽이 높은 한국과 달리, ICT 기술에 기반을 둔 기업들이 모바일 금융을 중심으로 발전할 것으로 예상된다. 이들 국가에서 온라인 구매와 배달 앱을 통해 주문하면서 현금결제에서 모바일 금융으로 쿼텀 점프하여, 모바일 쇼핑과 더불어 아세안 디지털 금융시장 규모가 오는 '25년까지 최대 70조 원을 상회할 것으로 전망된다.[7] 주요 협력 대상 5개국 핀테크 시장은 규제 없이 오히려 정부의 전자화폐 지원 정책으로 ICT 기술에 기반을 둔 기업들이 모바일 금융을 중심으로 발전하고, 향후 시장규모가 더 커질 것으로 예상된다.

<표 2> 주요 협력 대상 5개국 전자화폐 관련 정부 지원 현황

국가	정부 지원 현황
인니	공과금 전자화폐로 거래 개시, 코로나-19로 사전근로카드 전자화폐로 지급
베트남	16~20년도 전자상거래 발전 계획', 주요 대도시에서의 현금 외 결제 비중을 50%까지 확대
필리핀	코로나-19 격리 기간 중 온라인 결제시스템 이용률의 목표치 20% →30% 상향 조정
태국	태국 정부 범국민 전자결제 시스템인 '프롬페이(PromptPay)'를 출시
말련	전자결제 앱에서 사용할 수 있는 전자화폐 30링깃(약 8000원) 사용 독려 정책 실시

세 번째 트렌드는 원격진료의 확산이다. 코로나-19 확산에 따른 의료기관 내 감염이나 병원 폐쇄 사례가 발생하면서 향후 원격진료 시장규모가 확대될 것으로 예상된다.

3)승차 공유 서비스로 시작해 Untact로 배달서비스를 주력하여 급속히 성장한 디지털 경제 플랫폼

인도네시아는 의료 낙후성 극복을 위한 '원격진료' 도입하여 '10년 200억 달러(한화 22조 원)의 헬스케어 시장이 '25년까지 18배 이상인 3,630억 달러(한화 4,030조 원)로 성장할 것으로 기대하고 있다. 주요국 중 인도네시아에서는 이번 코로나를 계기로 건강보험공단은 온라인 기반의 통합건강기술 애플리케이션 기업 할로닥(Halodoc)과 지난해 10월 공식적으로 양해각서를 체결하고 의료보험 가입자에게 디지털 의료서비스의 접근성을 확대하고 있다.[8] 태국의 원격의료 스타트업 닥터락사(Doctor Raksa)는 올해 코로나로 1분기 이용 고객이 전년 동기 대비 3~6배 증가하였다. 태국도 코로나에 대응하기 위하여 공공의료 품질 개선을 목표로 기존 인프라에 대한 기술 투자와 함께 원격진료를 국가적으로 중점 추진하기 시작하였다. 베트남 정부도 원격진료 서비스 상용화를 추진하고 있으며, 원격진료시스템에 대한 사회적 필요성이 대두되면서 베트남 보건부는 원격 상담 및 진료를 상용화한 이후, 원격 수술로 서비스 범위를 확대할 계획이다.

넷째로 코로나-19 확산으로 신남방 주요국에서 디지털 콘텐츠 소비가 급증하였다. 재택근무와 선별적 등교 등으로 아세안 지역 주요 온라인 콘텐츠는 올 4월 기준으로 두 배 이상 증가하였고, 인터넷 트래픽이 급증하면서 관련 기술에 대한 수요가 급증할 것으로 예상된다. 드라마·영화·예능 등의 엔터테인먼트 콘텐츠 소비는 107%증가하였고, 음악·게임·교육 분야 콘텐츠 이용도 각각 4배 증가하였다.

개발도상국의 속성장 연주회, 뮤지컬, 연극 등 양질의 공연 문화 기회가 많지 않고, 비용 측면에서도 쉽게 접근하기 어려운 경우가 많아 OTT는 오프라인 콘텐츠 제공자(provider)를 대체하면서 수요가 증가하고 있다. 코로나-19 이후 가입자 수가 폭발적으로 증가하면서 아이플릭스(iflix)6) 이용자는 42%가 증가하여 현재 2,500만 명이 이용 중이며, 넷플릭스는 급진 1/4 분기에만 동남아시아 시장에서 약 1,600만 명이 신규 유료 회원으로 가입하였다.[2]

2) 기술협력 유망 분야 도출

신남방 주요 협력국과의 유망 협력분야 선정은 <표 3>과 같은 절차로 진행하였다. 코로나-19로 인한 유망기술과 방향성을 가지고 기술 Pool을 만들고, 그 중 우리나라의 기술 우위가 무엇인지를 선별하였다. 동시에 도출된 신남방 주요국의 디지털 경제 트렌드를 매핑(Mapping) 시킨 후에 최종적으로 ETRI(한국전자통신연구원) 보유 우위 기술과 매핑 시켜 신남방 주요국과의 중장기적인 협력 분야를 선정하였다.

<표 3> 신남방 주요국과의 협력 분야 도출 방법

기술키워드	WEF 코로나 기술	가드너 10대 전략기술	국가지정 5G 전략기술	Mapping	신남방 코로나 트렌드	Mapping	ETRI 보유 기술
5G 네트워크	0		0				0
스마트 디바이스			0				0
무인자동차	0	0	0				0
보안·컴퓨팅		0	0				0
디지털(실감)컨텐츠	0		0		0		0
스마트공장	0		0				0
자율주행차			0				0
스마트 시티			0				0
원격진료(디지털 헬스케어)	0		0		0		0
온라인 쇼핑	0				0		0
핀테크(블록체인)	0	0			0		0
재택근무	0						0
이러닝	0				0		0
3D Printing	0						0
초자동화		0					0
다중경험		0					0
전문성의 보편화		0					0
인간증강		0					0
투명성 추적성		0					0
엣지컴퓨팅		0					0

- 4)의사와 채팅으로 진단을 받고 약을 처방할 수 있는 원격진료 어플리케이션
- 5)상동
- 6)신용시장에 초점을 맞춘 주문형 무료구독 비디오 서비스를 제공하는 OTT Provider중 하나임

우선 코로나 사태로 인해 필요한 기술은 WEF에서 선정한 10대 기술로 기술의 적시성과 적정성을 평가하였다. 이를 바탕으로 가드너에서 선정한 10대 전략기술로 기술 발전 방향성을 점검해 보았다. 우리의 자체 기술 경쟁력의 획정을 위해 우리 정부에서 발표한 혁신성장을 위한 5G+ 기술개발 계획의 기술영역을 고려하였다. 최종적으로 한국전자통신연구원이 소개한 주요 개발기술을 향후 중장기적으로 지속 가능한 협력영역으로 평가하여 <표 3>을 도출하였다.

<표 3>의 방식으로 도출된 결과에서 신남방 주요국 트렌드 도출결과를 비교하여 유망업종을 다시 도출하고, 그에 따른 제품과 서비스를 세분화하여 수요기술을 추정하였고, <표 4>와 같이 신남방 주요국과의 기술협력 분야를 도출하였다.

<표 4> 신남방 주요국과의 기술협력 분야 도출

분야	유망 업종	제품 및 서비스	수요 기술
온라인 시장	1) O2O 플랫폼	· 인공지능 음성주문 서비스 · 맞춤형 검색플랫폼	1) 인공지능 2) 빅데이터 3) 간편결제
	2) 스마트 물류	· ICT 기반 물류 정보 플랫폼 · 유통물류센터 스마트화	
핀테크	1) 간편 결제 서비스 2) 모바일 펀드, 보험 증권 앱 3) OCR 및 비대면인증	· 온라인 피싱방지 등 핀테크 보안기술 · 빅데이터를 이용한 신용관리 · 챗봇 및 인공지능 고객관리 · 소비패턴 분석을 통한 맞춤형 정보제공	1) 정보보안 2) 빅데이터 3) 인공지능
원격 진료	1) 원격진료기반 강화 2) 실시간 생체 정보 측정분석 기술	· 원격 진단 · 종합병원 등 내부 OCAS 연계 · 원격처방전 및 맞춤콘텐츠 서비스 · 의뢰지도 요청 서비스 · 의료기기 인터페이스를 위한 의료기기 게이트웨이 탑재	1) 인공지능 2) IoT 3) 영상/음성 통화 4) 데이터 및 콘텐츠 관리
디지털 콘텐츠	1) 콘텐츠	· 실감 증계서비스 · 관광문화 결합 AR/VR · 3D 영상화 기술 · 딥페이크 탐지 서비스 · 홀로그램	1) VR·AR 2) 인공지능 3) 데이터 처리기술 4) 홀로그램
	2) 플랫폼	· 대용량 인터넷 서버 관리 · 지능형 정보통신 방송 서비스 · 디지털 서비스 관리 기술 · 디지털 콘텐츠 표준화 컨설팅	

신남방 주요국과의 기술협력 분야는 첫째, 온라인 쇼핑시장은 디지털 경제의 핵심 축으로 AI 관련 기술과 IoT 초연결 기술 수요가 급증할 것으로 예상된다. 그중 스마트 물류에 필요한 기술협력이 중장기적으로 지속 가능한 분야라고 할 수 있다. 사람수준의 인지 능력을 가지고 있는 모바일 시각지능 반도체 분야 기술협력이나 데이터 맵 기반 지능형 빅데이터 플랫폼이 필요할 것으로 예상된다.

둘째, 신남방 주요국에서 데이터를 이용한 인공지능 관련 기술과 블록체인 등 핀테크 보안기술 수요의 급증이 예상된다. ETRI가 협력할 수 있는 기술로 블록체인 사용자 관리 접근제어 기술과 IoT 인프라 보안자율 제어기술 그리고 상황인지기반 멀티 팩터 전자서명 제공 범용인증 플랫폼을 중장기적 협력 분야로 선정하였다. 스마트 모바일 환경에 적합한 생체인증수단 등을 활용하여 사용의 편의성과 인증강도를 높일 수 있는 FIDO(Fast Identity Online) 기반 스마트 디바이스 분야의 협력도 필요할 것으로 보인다.

셋째, 원격진료는 코로나-19 이후 정보통신기술(ICT)과 바이오 기술(BT)의 접목으로 신남방국가의 미래 성장동력이 될 것으로 전망되고 있다. 따라서 우리나라에서 기술 우위를 보이는 기술과의 협력이 필요하다. 인도네시아와 태국 등 신남방 주요국과는 현재 개발중인 초연결·초지능·초실감 기반의 심혈관 질환을 위한 인공지능 관련 기술협력과 원격진료 플랫폼을 통한 필드 테스트 등도 가능할 것으로 보인다.

넷째, 디지털 콘텐츠 수요의 확산으로 인터넷 트래픽이 급증하면서 대용량

데이터 전송 기술에 대한 수요가 급증할 것으로 예상된다. 향후 OTT 콘텐츠의 디지털 홀로그램 3D 이미지 제공기술로 발전될 것으로 예상되며, 이러한 디지털 홀로그램 압축기술 등 영상 구현과 더불어 데이터 압축기술 등의 분야에서 기술협력이 필요한 것으로 보인다.

III. 결론

본 논문은 글로벌 기술협력 분야 선정을 위해 세 가지 측면에서 차별화하여 접근하였다. 첫째 신남방 협력국가 중에서 5개의 우선 협력 대상 국가를 선정하여 협력의 적시성을 고려하였다. 두 번째는 현재 코로나 사태로 인한 주요 협력국가 5개국의 일상의 변화가 초래하는 디지털 경제의 변화 추이를 조사하여 분석하였다. 마지막으로 디지털 경제의 변화 속에서 기술 트렌드 분석과 더불어 우리나라의 경쟁우위 나아가 ETRI의 기술경쟁력으로 지속가능한 협력분야를 상세화하여 차별화 하였다.

디지털 경제 전환이 가속화되고 있는 신남방국가와의 기술협력 강화를 통해 코로나 이후 시대를 선제적으로 준비하고 상생을 모색하는 것이 필요한 시점이다.[13]

참 고 문 헌

[1] 신남방정책특별위원회. "신남방정책특별위원회 정책소개집," 2019, pp. 4-5.

[2] ASEAN-KOREA CENTRE, "코로나19 확산과 아세안내 미디어 소비 패턴 변화" 2020.06, (<http://https://www.aseankorea.org>).

[3] 중기이코노미, "동남아 젊은 세대 주목...모바일쇼핑 연 39%↑", 2020.03.20.

[4] 한국전자통신연구원, "코포스트 코로나 시대, 신남방국가와의 글로벌 기술협력 활성화방안", 한국정부기술응용학회 2020 하계학술대회, 2020.06

[5] 농림축산식품부 한국농수산식품유통공사, "아세안 이커머스 플랫폼 서비스 현황 및 소비트렌드", 2019.08

[6] 연합뉴스, "동남아, 코로나로 디지털화 가속...판매상 7만8천명 '그랩' 합류", 2020.06.08.

[7] 대한민국 정책브리핑, "핀테크", 정책위키 한눈에 보는 정책, 2020.03.16.,

[8] KIEP, "인도네시아 헬스테크 스타트업들, 코로나19 원격의료 지원", 2020.04.21.

[9] KOTRA, "포스트 코로나, 동남아 시장의 유망분야는", 2020.05.21

[10] WEF COVID-19 10 tech trends getting us through the pandemic, 2020.04.27.

[11] Gartner, Top 10 Strategic Technology Trends for 2020, 2019.10.21

[12] 관계부처합동, 우리나라 기술경쟁력: 혁신성장 실현을 위한 5G+ 전략" 중 10대 5G+ 전략사업, 2019.04.08.

[12] ETRI 연간 사보 2018-2019

[13] 청와대, "제23차 아세안+3 정상회의 모두발언", 2020.11.14 (<https://www1.president.go.kr/>)

생체신호 기반 바이오 크립토 기술 동향 및 서비스 시나리오 분석

*권혁찬, **황호빈, *정병호, **이종실

*한국전자통신연구원 정보보호연구본부, **한양대학교 생체의공학과

*{hckwon, cbh}@etri.re.kr, **{hobin0215, netlee}@hanyang.ac.kr,

Analysis of bio-signal-based bio-crypto technology trends and service scenarios

Hyeokchan Kwon, Ho-bin Hwang, Byung-ho Chung, Jong-shill Lee

* Electronics and telecommunications research institute

** Hanyang university.

요 약

현재 의료 목적의 질병 진단, 건강 관리 등에 활용되는 맥파(PPG, Photo PlethysmoGraph), 심전도(ECG/Electrocardiography, EKG/Elektrokardiogramm) 등의 생체신호를 타 분야에 응용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 보안 분야에서는 주로 생체신호 기반의 신원 인증과 일회용 암호키 생성을 통한 신뢰채널 형성 및 인체영역통신 보안 등에 응용하기 위한 연구가 활발한 편이다. 본 논문에서는 생체신호 기반 보안기술에 대한 연구 동향 및 사례를 살펴보고, 이러한 기술이 적용될 수 있는 서비스를 도출하여 소개한다.

I. 서 론

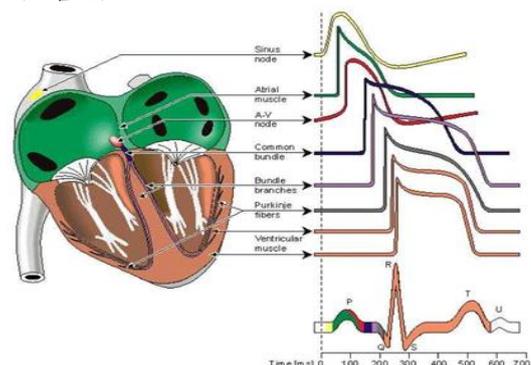
광용적맥파(PPG), 심전도(ECG, EKG) 등의 생체신호는 심혈관 질환 등 심장, 혈관 관련 질병을 진단하거나 건강 관리를 위해 활용되고 있다. 최근에는 애플, 삼성 등 스마트 워치에서도 혈압, 맥박과 함께 심전도를 측정하는 기능이 제공되고 있으며, ㈜휴이노 등 일부 업체에서는 휴대형/패치형 심전도 측정기와 외부서버 연동을 통한 부정맥 진단 보조 서비스를 제공하고 있기도 하다.

이러한 생체 신호는 사람 인체의 고유한 특징을 담고 있기 때문에 최근 들어 생체 신호를 분석하여 사용자의 신원을 인증하거나 일회용 암호키를 생성하는 등 보안 서비스에 활용하기 위한 바이오 크립토(Bio-Crypto) 기술에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 이러한 생체신호 기반 바이오 크립토 기술에 대한 연구동향 및 사례를 살펴보고, 바이오 크립토 기술이 적용될 수 있는 서비스를 분석 도출하여 소개한다.

논문의 구성으로 2 장에서는 고려하는 인체 생체신호를 간단히 소개하고, 3 장에서 생체신호 기반 바이오 크립토 연구동향을 4 장에서 바이오 크립토 서비스 시나리오를 제안하고, 5 장에서 결론을 맺는다.

II. 인체 생체신호(심전도, 광용적맥파) 개요

본 절에서는 본 논문에서 고려하는 심전도(ECG)와 광용적맥파(PPG) 신호의 특성을 소개한다. 심전도는 피부에 부착된 생체전극을 이용하여 심장의 전기적인 활동을 기록한 신호이다. 심장은 신체 각 부위에 혈액을 공급하는 혈액펌프와 같은 역할을 한다. 이는 주기적인 활동전위에 의해 심근이 수축과 이완을 반복하여 혈액을 신체 각 부위로 공급한다. 이러한 주기적인 활동전위는 SA node 에서 주기적으로 발생하며 이 활동전위는 흥분전도계를 통해 심장근육 전체로 전도되며 이 활동전위는 심장의 각 위치별로 다른 파형의 특성을 보이고 이 파형들이 합쳐져서 심전도 파형을 생성하게 된다. (그림 1)

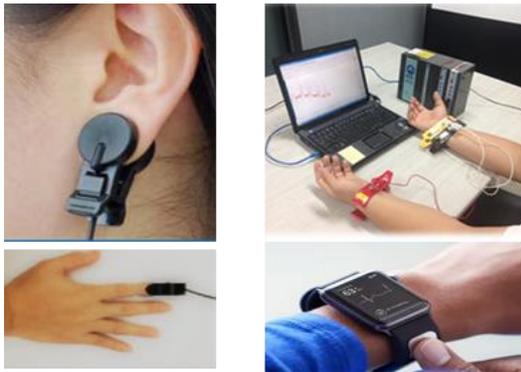


(그림 1) 심장 위치별 파형 및 형성된 심전도[1]

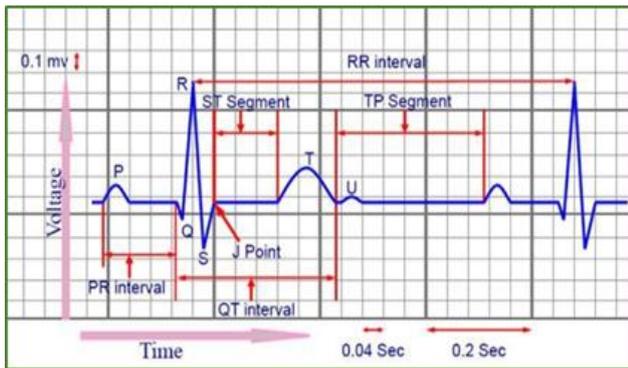
이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00447, 안전한 의료/헬스케어 서비스를 위한 커넥티드 의료기기 해킹대응 핵심기술 개발)

맥파(PPG)는 혈관에 흐르는 혈액량의 변화를 측정하는 기술이다. PPG 를 측정하는 방법은 다양하게 있는데 가장 일반적으로 사용되는 방법은 가시광선 또는 적외선을 이용하는 방법이다. 즉 빛의 흡수율의 원리를 이용한 것으로, 인체의 특정 부위에 빛을 조사하여 투과된 빛의 세기를 측정하는 방식이다. PPG 는 빛을 투과하여 측정하는 방식이어서 전극을 이용하여 신체의 두 곳에서 측정해야 하는 ECG 에 비해 측정 장치의 구성이 용이하다는 장점이 있으나, 신호의 정교성 부분에 있어서는 ECG 가 훨씬 정교하여 측정된 신호를 기반으로 분석 및 서비스 제공시에는 ECG 신호가 정확도 측면에서 유리하다. 실제 질병 진단 등 의료계에서도 ECG 신호를 주로 사용한다.

(그림 2)에서는 PPG 측정 장치와 ECG 측정장치의 예를 보여준다.



(a) PPG 측정 (b) ECG 측정
(그림 2) PPG 및 ECG 측정장치 예



(그림 3) 심장 박동시 생성되는 심전도(ECG) 신호[2]

ECG 의 기본 파형은 (그림 3)과 같다. PPG 의 파형도 비슷하기는 하지만 신호의 정확도가 많이 떨어지고 그래프가 다소 뭉개진 형태이다. (그림 3)에서처럼 일반적으로 심전도 신호는 P wave(심장 탈분극 시작), QRS complex(심실 탈분극), T wave(심실의 재분극) 로 나눌 수 있다. 이 각각의 변곡점과 변곡점 간의 temporal distance, amplitude feature 등을 분석하여 인증, 암호키 생성 등의 바이오 크립토 기술에 활용이 되고 있다.

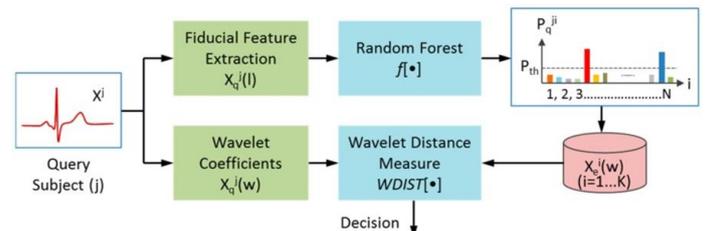
III. 생체신호 기반 바이어 크립토 연구동향

본 절에서는 생체신호 기반 바이오 크립토 연구 사례를 소개한다. 생체신호 기반의 인증이나 암호키 생성의 경우 일반적으로 고려되는 피쳐는 fiducial 방식,

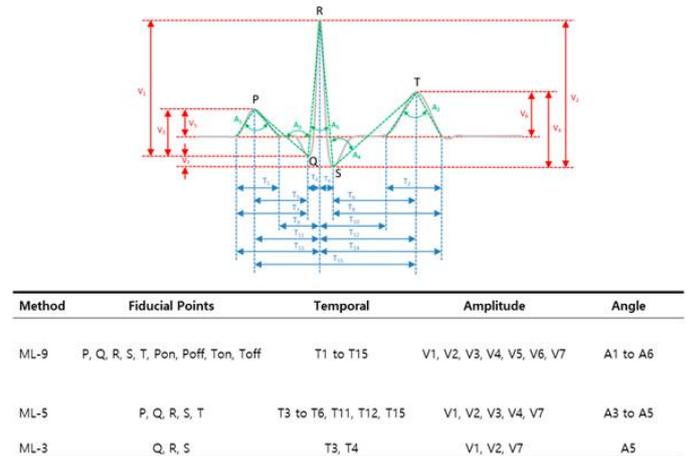
non-fiducial 방식으로 구분할 수 있다. (그림 3)의 심전도 신호를 보면 P, Q, R, S, T 변곡점을 볼 수 있는데 이 변곡점과 변곡점간의 인터벌 등 관계 기반의 특성분석 방법이 fiducial 방식이며, 특정한 포인트가 아닌 frequency 특성자체를 분석하는 방식이 non-fiducial 방식이다. 관련 연구를 일부 소개하면 다음과 같다.

■ PPG/ECG 기반 인증 기술

포틀랜드 대학[3]에서는 랜덤 포레스트와 웨이블릿 거리 측정을 결합한 2 단계 분류기로 구성된 새로운 알고리즘을 통해 바이오센서에서 획득한 ECG 데이터를 활용한 생체 인식 시스템을 제안하였다. 제안한 개인식별 알고리즘은 fiducial 피쳐와 non-fiducial 피쳐를 학습에 활용한다. 랜덤 포레스트 방법을 이용한 결과는 feature 5 개를 이용한 ML-5 방식의 평균으로 98.33%에 해당하는 결과를 보였고, 웨이블릿 계수를 특징으로 웨이블릿 거리 방식을 이용 시 표 6 에 있는 주파수 대역별 계수 값인 D2 ~ D5 범위 내의 계수를 이용했을 때 평균 96.31%를 달성했다. 개인 식별 알고리즘과 및 사용된 피쳐 정보는 각각 (그림 4), (그림 5)와 같다.



(그림 4) ECG 기반 개인 식별 알고리즘[2]



(a) Fiducial feature

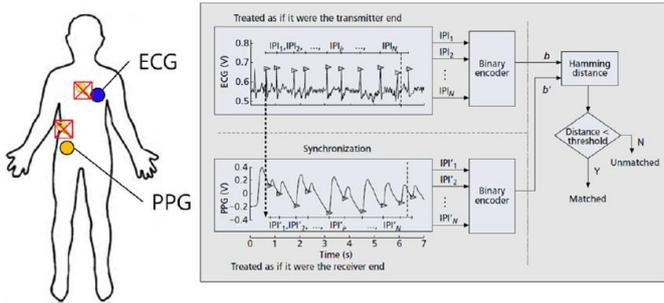
Decomposition Level (p = 1 ... 5)	Frequency Bandwidth Fp (Hz)	Number of Wavelet Coefficients
D1	90 to 180	144
D2	45 to 90	72
D3	22.5 to 45	36
D4	11.25 to 22.5	18
D5	6.75 to 11.25	9

(b) Non-fiducial feature

(그림 5) fiducial 및 non-fiducial 피쳐 종류 및 정보[2]

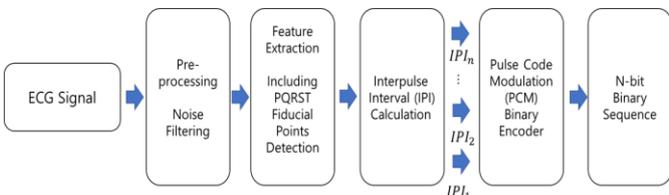
■ ECG 기반 암호키 생성 기술

Chinese university of hong kong 에서는 PPG, ECG 기반의 인체영역 통신 보안 기술을 제안하였다[4]. 본 기술의 핵심은 PPG/ECG 신호의 peak 간 인터벌인 IPI(inter-pulse interval)를 분석하여 인체의 두 지점간 인증 및 키생성을 통해 인체영역 통신 보안 기능을 제공하는 것이다. 제안한 시스템의 구조는 (그림 6)과 같다.



(그림 5) IPI 기반 인체영역 통신보안 [4]

Trufu 대학에서는 ECG 기반 암호화 키를 생성하기 위한 지연 감소 접근 방식을 소개한다[5]. 이 알고리즘의 키 생성 과정은 (그림 6)과 같다, 이 기법은 Daubechies 웨이블릿 변환을 사용하여 ECG의 기준점 도착 시간을 감지하여 그에 따라 ECG의 주요 특징을 계산하고, 동적 기법을 사용하여 PR(P 변곡점과 R 변곡점과의 간격), RR(R 변곡점과 다음 사이클의 R 변곡점과의 간격), PP(P 변곡점과 다음 사이클의 P 변곡점과의 간격), QT(Q 변곡점과 T 변곡점과의 간격) 및 ST 간격으로 구성된 각 주요 ECG feature에서 추출할 수 있는 최적의 bit 수를 지정한다. 이후 위에서 언급한 ECG feature을 이용하여 암호화 키를 생성 후 암호화 보안 의사 난수 생성기에 제공하여 키를 강화한다. 의사 난수 생성기는 피보나치 선형 피드백 시프트 레지스터와 고급 암호화 표준 알고리즘을 이용하여 암호화 키의 보안 수준을 강화한다.

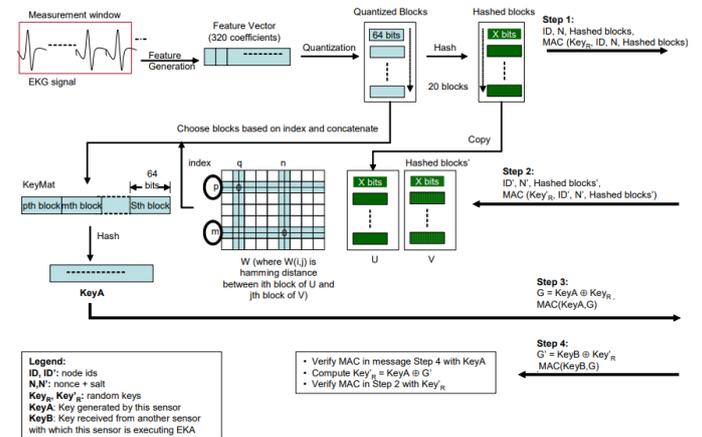


(그림 6) ECG 신호 분석 및 n-bit binary sequence 생성 과정 [5]

아리조나 대학에서는 EKG(ECG) 기반의 키 협약 방식인 EKA(EKG-based Key Agreement) 기술을 제안하였다. EKA를 사용하면 플러그 앤 플레이 방식으로 인체영역의 보안 센서간 통신이 가능하다. 네트워크 설정이 필요 없으며, 필요시 인체에서 키의 생성이 가능하게 된다. 이때 생성되는 키는 random, time variant 한 특성을 갖고 빠른 시간내에 키를 생성할 수 있는 장점이 있다. 본 기술에서는 ECG 신호로부터 520 차원 피쳐 벡터를 추출하고 (그림 7)과 같은 단계를 거쳐 키 합의 (Key agreement) 과정을 거치게 된다.

(그림 7)에서 KeyA와 KeyB는 동일한 사람내의 두 센서에서 처리과정에서 생성된 키이다. 센서는 KeyA와 KeyB를 사용하여 de-commitment 단계에서 수신한 MAC을 검증한다. 검증이 성공하면 노드는 commitment

단계에서 활용하기 위한 MAC을 평가하는 데 활용하기 위한 KeyR과 Key'R 값을 추출한다. 이 값들은 G와 G'을 사용해 KeyA와 KeyB를 XOR하여 추출하게 된다. 두 평가가 성공하면 키가 허용되며 그렇지 않으면 허용되지 않는다. KeyA와 KeyB의 값으로, 두 센서는 실제 통신을 수행하기 위한 임시 키 $K_{temp} = \text{hash}(\text{KeyA}, 1) = \text{hash}(\text{KeyB}, 1)$ 를 생성하는데, 여기서 1은 임의의 숫자다. 이것은 실제 키를 손상으로부터 보호하며, 센서는 때때로 1의 값을 변화시켜 새로운 임시 키를 추가로 생성할 수 있다. 상세한 과정은 (그림 7)을 참고할 수 있다.



(그림 7) key agreement 과정 [6]

VI. 바이오 크립토 서비스 시나리오 분석

본 장에서는 인체 생체신호 기반의 바이오 크립토 기술의 적용 가능한 서비스를 분석하였다. 다음과 같은 형태의 서비스가 가능할 것이다. 전체 서비스의 개념은 (그림 8)과 같다[10, 11].

■ 체내이식 의료기기 키관리 서비스

심장박동기 등 인체내에 삽입하는 의료기기가 해킹 등의 이유로 키가 유출되는 경우, 현실적으로 키를 갱신하는데 어려움이 존재한다. 마스터 키가 유출된 경우 해당 의료기기를 인증하여 안전하게 업데이트하기 위한 방안이 필요한데, 바이오 크립토 기술을 적용한다면 인체내의 ECG 등 신호를 기반으로 1회용 암호키를 생성하여 인증한 후 업데이트가 가능하다. 예를 들어 체내 이식된 의료기기와 손목에 차고 있는 ECG 측정 기능이 있는 스마트워치 등과 1회의 암호키를 공유할 수 있다면 스마트워치와 체내이식 의료기기간 신뢰채널 형성이 가능하고, 외부서버와 스마트워치를 통해 체내이식 의료기기의 키 업데이트 등의 서비스를 안전하게 제공할 수 있을 것이다.

■ 인체영역 통신 보안

현재 체내이식 의료기기, 착용형 의료기기, 인공장기등을 포괄하는 인체영역통신(BAN, Body Area Network)에 적용 가능한 키관리 메커니즘이 부재한 가운데, 바이오 크립토 기술이 그 대안이 될 수 있다. 동일 신체에서 측정된 ECG 신호를 기반으로 인증, 키 생성 등을 통해 신뢰 채널을 형성하고 이를 통한 보안 통신이 가능하며, BAN을 구성하는 기기간 상호인증도 가능하다.

■ 멀티 모달 인증

다중 생체인증에도 바이오 크립토 기술의 적용이 가능하다. [7,8,9] 예를 들어 지문 위조 등에 대비하여 출입국 사무소 등에서 지문인식시 빛을 투과하는 기능을 추가하여 손끝의 PPG 를 측정하여 멀티 모달로 인증하는 등의 멀티모달 인증을 위한 보조적 인증 서비스로도 활용이 가능하다.



(그림 8) 바이오 크립토 기반 서비스 시나리오

■ 생체데이터 출처 인증

원격의료 등이 도입되면 병원 외부에서 수집한 생체데이터를 병원에서 관독, 분석하여 진단 등에 활용하는 서비스의 도입이 가능하다.[12] 이 경우, 원격에서 수집된 생체데이터의 출처 즉 누구에게서 나온 생체 데이터인지를 검증하는 용도로도 바이오 크립토 기술의 활용이 가능하다. 또한 원격에서 수집된 생체데이터의 무결성 검증 등 위변조 탐지 및 신뢰도 확인 등의 서비스도 가능할 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 생체신호 기반 바이오 크립토 기술에 대한 연구동향 및 사례를 소개하고, 바이오 크립토 기술이 적용이 가능한 서비스를 분석 도출하였다. 동일한 인체의 생체신호의 고유한 특성을 추출하여 인증 및 암호키 생성에 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 바이오 크립토 기술은 향후 체내이식 의료기기의 관리 서비스, 인체영역통신보안, 생체데이터 출처인증, 원격의료 등 다양한 서비스에 활용이 가능한 중요한 기술이다.

현재 관련 연구들이 많이 진행되고 있으나, 맥파/심전도와 같은 신호는 신체 상태에 따라 가변적일 수 있고, 지문 등에 비해 식별 정확도가 높지는 않아 이를 해결하기 위한 기술적 접근과 함께, 이러한 특성에 맞는 서비스 도출 등에 대한 연구가 추가로 필요한 상황이다.

참 고 문 헌

[1] Malmivuo, J., & Plonsey, R. Bioelectromagnetism: principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields. Oxford University Press, USA, 1995

[2] M.V.Karthikeyan, J.M.L.Manickan, A 128-bit key generation using unique ECG bio-signal for medical data cryptography in lightweight wireless body area networks, Pak. J. Biotechnol. Vol. 14 (2) 257-264, 2017

[3] Robin Tan and Marek Perkowski, Toward Improving Electrocardiogram (ECG) Biometric Verification using Mobile Sensors: A Two-Stage Classifier Approach, J. of Sensors 2017, 17, 410

[4] Carmen C. Y. Poon and Yuan-Ting Zhang, A Novel Biometrics Method to Secure Wireless Body Area Sensor Networks for Telemedicine and M-Health, IEEE Communications Magazine · May 2006

[5] S. Rahimi Moosavi, E. Nigussie, M. Levorato, S. Virtanen and J. Isoaho, "Low-Latency Approach for Secure ECG Feature Based Cryptographic Key Generation," in IEEE Access, vol. 6, pp. 428-442, 2018

[6] Krishna Kumar Venkatasubramanian, Ayan Banerjee, and Sandeep K. S. Gupta, EKG-based Key Agreement in Body Sensor Networks, INFOCOM Workshops 2008, IEEE

[7] Jain, A. K., Ross, A., & Prabhakar, S. (2004). An introduction to biometric recognition. IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, 14(1), 4-20.

[8] Fratini, A., Sansone, M., Bifulco, P., & Cesarelli, M. (2015). Individual identification via electrocardiogram analysis. Biomedicalengineering online, 14(1), 78.

[9] Abo-Zahhad, M., Ahmed, S. M., & Abbas, S. N. (2014). Biometric authentication based on PPG and ECG signals: present status and future directions. Signal, Image and Video Processing, 8(4), 739-751.

[10] 권혁찬, 의료사물인터넷(IoMT) 보안, IT21 presentation slide, 2020. 9

[11] 권혁찬 외, 커넥티드 의료기기 보안 동향 및 이슈, 주간기술동향 1911 호, pp. 14-26, 2019. 8

[12] HUIINNO web site, <https://www.huinno.com/>

공동주택 AMI 미터 데이터 신뢰성 확보를 위한 도커 기반 프라이빗 블록체인 플랫폼 연구

*최창식, **한진수, ***박완기
한국전자통신연구원

*cschoi@etri.re.kr, **hanjinsoo@etri.re.kr, ***wkpark@etri.re.kr

A Study of Private Blockchain System based on Docker for Reliability of Community AMI Meter Data

*Chang-Sic Choi, **Jinsoo Han, ***Wan-Ki Park
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 민수형 스마트 미터기를 기반으로 구성되는 공동주택의 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 시스템에서 미터링 데이터의 신뢰성과 보안성을 확보하기 위해 블록체인 플랫폼 기술을 활용하기 위한 연구 내용을 기술하고 있으며, 특히, 공동주택의 미터링 데이터는 개별 세대원, 공동주택 관리사업자, 외부 유틸리티 사업자 및 에너지 컨설팅 서비스 사업자 등의 제한된 영역의 구성원을 기반으로 사전 승인된 가입자를 대상으로 하므로 프라이빗 블록체인 기술을 중심으로 연구하였다. 공동주택 AMI 시스템의 구조를 분석하여 해당 시스템에 적합한 블록체인 플랫폼 구조를 제시하고 있으며, 이를 바탕으로 신뢰성이 확보된 개방형 에너지 데이터 제공을 통한 다양한 에너지 사업 모델을 제공할 수 있는 서비스에 대해서 연구하였으며, 향후에는 이러한 프라이빗 블록체인 플랫폼의 특성을 다중 서버로 확장하고, 이에 따른 성능 분석을 진행할 예정이다.

I. 서 론

원격검침 인프라의 확대에 따라서 국내 거주 형태의 절반 이상을 차지하는 공동주택에서도 스마트미터기의 보급이 활발해지고 있다. 특히, 기존 누진요금제의 개선에 대한 요구가 증가함에 따라 TOU(Time-Of-Use)와 같은 선택요금제에 대한 도입이 예상되며, 향후 공동주택 대상 선택요금제 도입과 원격 검침 데이터를 활용한 새로운 에너지 분야의 비즈니스 도입 등을 위해서는 미터 데이터의 공개 및 공유가 요구되며, 이러한 데이터 활용을 위해서는 신뢰성과 보안성 확보가 선행되어야 한다.

즉, 공동주택의 원격검침 서버의 데이터베이스에 단순 저장만 하여 과금에 한정되어 활용하는 단계에서 벗어나, 다양한 요금제에 대응하고 에너지 절감 사업, 수요관리 사업, 에너지 거래 사업 등의 다양한 사업 확대를 위해서는 미터 데이터를 공유 및 활용하고자 하는 주체들을 위한 신뢰성과 보안성을 지원하는 데이터 관리 플랫폼이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 공동주택의 AMI 미터 데이터에 대한 신뢰성과 보안성 확보에 적합한 블록체인 시스템의 종류와 특성에 대해서 알아보고, 특히 미터 데이터 이용에 참여하는 주체들을 대상으로 하는 제한된 범위에서의 신뢰성과 안정성 및 성능 등을 만족할 수 있는 프라이빗 블록체인에 대해서 분석한다.

또한, 본 논문에서는 블록체인 구성에 필요한 노드들과 체인 코드 및 인증서버, 데이터베이스 서버 등을 도커 기반으로 구성하는 블록체인 플랫폼에 대해서 연구하고,

이러한 도커 기반 블록체인 구조의 향후 성능 확장성, 서버 유지 관리 등에 있어서 가질 수 있는 장점에 대해서 기술한다

II. 본론

1. 선택요금제 지원을 위한 AMI 미터 데이터 시스템

대부분의 공동주택에서는 원격검침 수준의 AMI 시스템을 구축하여 개별 세대의 에너지 미터 데이터를 원격 검침 서버의 데이터베이스에 저장하고, 이를 기반으로 누진요금제 기반의 과금에 활용하고 있다.

스마트그리드의 보급 확대에 따라서 최근에는 기존 누진요금제의 단점들을 극복하고 에너지 요금의 현실화를 위한 대안으로 TOU 및 CPP(Critical-Peak-Price) 등의 선택형 요금제를 일반 가정에 도입하기 위한 정책적 연구개발 사업들이 진행되고 있다.[1]

특히, 대규모의 개별 가구들을 통합 관리하는 공동주택의 경우에는 가입자별로 다양한 선택요금제를 도입해야 할 필요가 있으며, 전기/가스/수도 등의 에너지 미터 데이터를 통합 검침하는 경우가 많으므로 이러한 데이터에 대한 공유 및 활용을 통한 다양한 에너지 관련 서비스 발굴 및 보급 확대가 요구되고 있다.

이러한 공동주택의 AMI 미터 데이터 관리 시스템의 활용을 위해서는 데이터에 대한 보안을 통한 개인정보 보호 기능과 데이터 공유 및 과금 정산을 위한 신뢰성 확보가 필수적으로 요구된다.

2. 데이터 신뢰성/보안성 지원 블록체인 기술

블록체인 기술은 일정 시간동안 발생한 트랜잭션 요구를 모아서 해시 기반의 블록형태로 구성하여 이전 블록에 체인으로 연동하고, 이를 분산원장 형태로 참여자들이 실시간으로 공유함으로써 데이터의 위변조를 방지하고 신뢰성과 보안성을 확보할 수 있는 기술이다.

이러한 블록체인 시스템은 참여자의 권한과 범위에 따라서 퍼블릭과 프라이빗 블록체인으로 크게 나눌 수 있으며, 일반적으로 AMI 기반 미터 데이터 시스템의 경우에는 공동주택 내의 개별 세대들과, 관리사무소, 외부 유틸리티 사업자 등의 거래 대상자의 범위가 한정되므로, 프라이빗 블록체인 시스템이 더 적합하다.

	퍼블릭 블록체인	프라이빗 블록체인
데이터 조회/보관	누구나 제한없이 읽기/쓰기 가능	제한된 참여자
노드 참여	누구나 노드로 참여	사전 승인된 노드만 참여
합의 알고리즘	작업증명, 지분 증명	PBFT, 없어도 무방
암호 화폐	필요	불필요
결재 완결성	네트워크 분기 지원	시스템 레벨 완결성 보장
확장성	제한적인 확장성	자유로움
네트워크 구조	탈중앙화 및 분산화	반 중앙화
주요 플랫폼	비트코인, 이더리움, EOS, TRON 등	하이퍼레저, R3 등
주 활용 분야	해의송금, 클라우드 펀딩 등	무역금융, 스마트계약 등

공동주택의 경우 개별 세대 미터기로부터 수집된 미터 데이터들은 DCU(Data Concentration Unit) 장비 또는 원격검침 서버로 전달되며, 블록체인 클라이언트 기능을 수행하는 모듈에 의해서 트랜잭션 형태로 블록체인 서버에 전달되고, 블록체인 노드들에 의해서 분산원장 형태로 관리되며, 블록체인 CA(Certificate Authority)에 의해서 인증받은 클라이언트 모듈만 참여하게 된다.

3. 도커 기반 블록체인 플랫폼 구현

본 논문에서는 공동주택 AMI 미터 데이터 시스템의 신뢰성과 보안성을 제공하기 위해 IBM의 Hyperledger Fabric 2.0 기술을 기반으로 다수의 공동주택단지들 통합 관리하는 프라이빗 블록체인 시스템을 제안하였다.

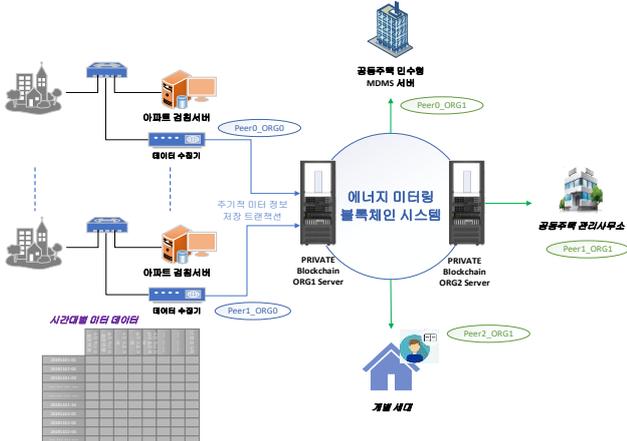


그림 1. 공동주택 AMI 지원 블록체인 시스템 구조

Hyperledger Fabric 플랫폼의 경우 참여 노드(peer)와 그룹(org) 형태로 블록체인이 구성되며, 가입자 인증 및 관리를 위한 TLS(Transport Layer Security)기반의 CA server/client, RAFT(Reliable, replicated, redundant And Fault-Tolerant) 기반의 Orderer 노드, 최신 원장 정보 관리를 위한 couch DB 노드와 블록체인 시스템 유지 관리를 위한 cli 노드 등으로 이루어진다.[2]

그림 1의 데이터 수집기는 블록체인 서버와 API를 통해서 트랜잭션 저장 이벤트를 실제 생성하는 역할을 수행하게 되며, 개별 세대, 공동주택 관리사무소 및

민수형 MDMS(Meter Data Management System) 서버 등의 외부 참여자들은 소프트웨어 모듈 형태로 구현된 클라이언트에 의해 트랜잭션 조회 이벤트를 전달하여 world set data 또는 ledger history data 등을 열람할 수 있으며, 이러한 트랜잭션들은 API 형태로 사용되고, 블록체인 서버에서 API 구현 로직을 chaincode 로 구현하게 된다.

COMMAND	NAMES	PORTS
"/bin/bash"	cli	7051/tcp, 0.0.0.0:8051->8051/tcp
"peer node start"	peer0.org1.example.com	0.0.0.0:7051->7051/tcp
"peer node start"	peer1.org2.example.com	7051/tcp, 0.0.0.0:10051->10051/tcp
"peer node start"	peer0.org2.example.com	7051/tcp, 0.0.0.0:30051->30051/tcp
"orderer"	orderer1.example.com	7050/tcp, 0.0.0.0:9050->9050/tcp
"orderer"	orderer2.example.com	7050/tcp, 0.0.0.0:8050->8050/tcp
"orderer"	orderer2.example.com	7050/tcp, 0.0.0.0:11050->11050/tcp
"tini -- /docker-ent..."	couchdb0	4369/tcp, 9100/tcp, 0.0.0.0:5984->5984/tcp
"tini -- /docker-ent..."	couchdb1	4369/tcp, 9100/tcp, 0.0.0.0:6984->6984/tcp
"tini -- /docker-ent..."	ca_peerorg1	0.0.0.0:7054->7054/tcp
"tini -- /docker-ent..."	couchdb3	4369/tcp, 9100/tcp, 0.0.0.0:8984->8984/tcp
"tini -- /docker-ent..."	couchdb2	4369/tcp, 9100/tcp, 0.0.0.0:7984->7984/tcp
"sh -c 'fabric-ca-se..."	ca_peerorg2	7054/tcp, 0.0.0.0:8054->8054/tcp

그림 2. 도커 기반 블록체인 노드 구성

그림 2는 블록체인 플랫폼을 구성하는 peer, orderer, ca 등의 구성 노드들이 도커 컨테이너 형태로 동작함을 보여주고 있으며, 이러한 특성은 향후 블록체인 시스템의 확장성 및 멀티 서버에서의 적용 등에 있어서 많은 장점을 가질 수 있다

```

// Check to see if we've already enrolled the user.
const identity = await wallet.get('user1');
if (!identity) {
  console.log('An identity for the user "user1" does not exist in the wallet');
  console.log('Run the registerer.js application before retrying');
  return;
}
// Create a new gateway for connecting to our peer node.
const gateway = new Gateway();
await gateway.connect(ccp, {wallet, identity: 'user1', discovery: {enabled: true, asLocalhost: true}});
// Get the network (channel) our contract is deployed to.
const network = await gateway.getNetwork('meter-channel');
// Get the contract from the network.
const contract = network.getContract('metercc');
// Evaluate the specified transaction.
// queryCar transaction - requires 1 argument, ex: ('queryCar', 'CAR4')
// queryAllCars transaction - requires no arguments, ex: ('queryAllCars')
const result = await contract.evaluateTransaction('queryCarPower', 'PowerID');
    
```

그림 3. 자바스크립트 기반 블록체인 클라이언트 구현

블록체인 SDK를 활용한 클라이언트 구현 로직을 그림 3에서 보여주고 있으며, 블록체인 내의 특정 채널에 접근하고, 에너지 정보 조회 API를 호출하는 기능을 자바 스크립트 형태로 구현하였다.

III. 결론

공동주택 AMI 미터 데이터의 신뢰성과 보안성을 확보하기 위해서는 프라이빗 블록체인 기술을 활용하는 것이 바람직하며, 이를 통해 다양한 요금제도의 신속한 적용, 미터 데이터의 안전한 공유를 통한 새로운 에너지 비즈니스 모델의 개발 등이 활발해질 수 있으며, 다수의 공동주택의 미터 데이터를 블록체인 서버 인프라를 통해 통합 관리를 용이하게 하는 장점을 제공한다. 또한 도커 기반의 컨테이너를 통한 블록체인 구성 노드들에 대한 운영 방식은 이식성과 확장성 및 멀티 서버 운영 등의 관점에서 유리하다. 향후에는 다수 서버로의 확장 시 블록체인의 성능에 대한 분석 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2020년도 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP) 연구비 지원에 의한 연구임(‘No. 20191210301650’)

참고 문헌

[1] Chang-Sic Choi, Wan-Ki Park. "AMI GAP-Filler System for Time-Of-Use Pricing in Complex Apartment," ICTC2019, Oct 2019.
 [2] IBM, "A Blockchain Platform for the Enterprise HYPERLEDGER FABRIC 2.0," 2020, (https://hyperledger-fabric.readthedocs.io).

Random Forest 및 LSTM 기반 의료기기 네트워크 랜섬웨어 이상 행위 탐지

정병호, 권혁찬
한국전자통신연구원

{cbh, hckwon}@etri.re.kr

Anomaly detection of Ransomware behaviors based on Random Forest and LSTM in the medical devices network environment

Byungho Chung and Hyeokchan Kwon
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문은 의료기기 네트워크 환경에서 Isolation Forest 를 적용하여 이상치(노이즈 레이블)에 의한 성능 저하 문제를 해소 하면서, Ransom Forest 와 LSTM(Long Short-Term Memory)를 하나의 통합 구조로 결합하여 의료기기 랜섬웨어의 행위를 분석하고 탐지하는 순환신경망 모델을 제시한다. 제안 모델은 [2]에서 제안한 One-class SVM(Support Vector Machine) 모델과 비교하여 유사한 수준으로 정확도 0.94 의 F1_Score 96% 수준의 성능을 달성하였다.

I. 서론

최근 병원 네트워크에 연결된 의료기기 시스템의 숫자가 증가함에 따라 의료기기를 표적으로한 랜섬웨어 공격이 급속히 증가하고 있다. 의료기기의 경우, 대부분이 값비싼 외산 장비로 의료 전용 HW 와 SW 를 탑재하고 있어, 기기 내부에 백신이나 보안 솔루션 설치도 어렵다. 메모리, CPU, 프로세스 자원을 소모하는 백신의 모니터링 기능이 의료기기의 오동작을 유발하고 시스템 고장의 원인이 될 수 있기 때문이다. 따라서 의료기기 기능에 비침습적인 보안 기술 확보가 중요하다.

의료기기에 비침습적인 방식으로는 의료기기가 동작 과정에서 네트워크로 표출하는 정보를 분석하여 네트워크에 연결된 의료기기들이 상호 간에 정상 행위를 하는지, 특정 랜섬웨어에 감염된 이상 행위를 하는지를 탐지하고, 이상 행위를 유발하는 공격의 유형을 분류하는 머신러닝, 딥러닝 모델 기법 적용 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. F. M. Lorenzo [2]는 중환자실과 같은 가상 ICE(Integrated Clinic Environment) 의료기기 네트워크 환경에서 정상/비정상 학습 데이터를 수집하고, One class SVM 등 머신러닝 기법을 이용하여 랜섬웨어(WanarCry, Petya)와 멀웨어 (Power ghost)의 이상 행위를 탐지하고 분류하는 기법을 제안하였다. [2]의 제안 기법은 학습용 데이터 샘플 클래스가 모두 레이블링되어 있다고 전제하고 있어 현실적 적용에는 한계가 있다. 실제 병원 의료기기 환경에서 특정 랜섬웨어에 감염된 샘플을 확보하여 레이블링하는 것은 불가능에 가깝고, 유관 트래픽 플로우에 할당된 정상/이상 데이터 레이블 역시 측정 노이즈를 많이 포함하고 있어 정확성이 떨어지기 때문이다.

본 논문은 2 장에서 Random Forest, LSTM 기법을 이용하여 노이즈 레이블을 갖는 의료기기 랜섬웨어 트래픽에 대한 이상 행위를 학습하고 탐지하는 모델을 제시하고, 3 장에서 제시한 기법의 실험 분석 결과를 그리고 4 장에서 향후 연구방향을 제시한다.

II. 제안 모델 및 구조

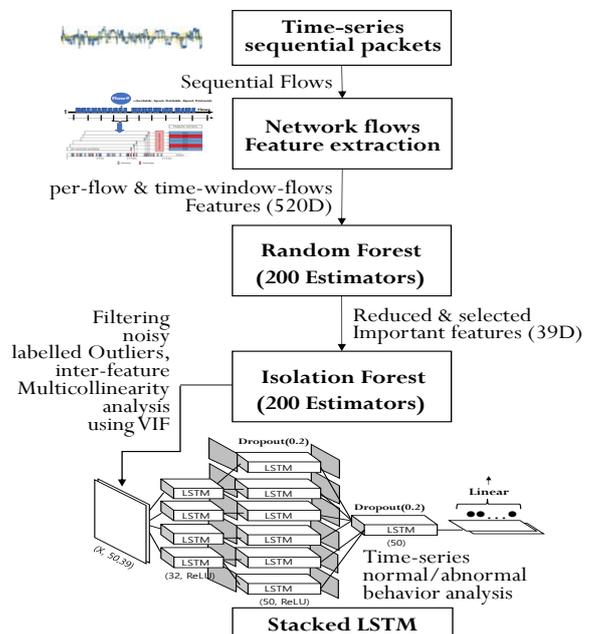
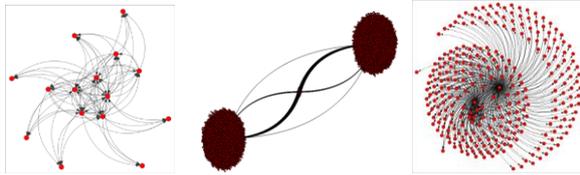


그림 1. 제안 모델 및 구조

그림 1 은 본 논문이 제안한 Random Forest 및 LSTM 순환신경망 구조이다. 제안 모델은 크게 5 개의 블록으로 구성된다. 의료기기의 행위 트래픽은 시간의 흐름에 따라 다양한 서비스 패킷 형태로 네트워크에 표출된다. 플로우 데이터는 시계열 특성을 갖고, 의료기기의 서비스 기능과 네트워크 연결 구조에 따라 트래픽의 패턴 분포가 영향을 받는다. 따라서 제안 모델은 시간에 따른 의료기기의 행위적 컨텍스트(주체, 객체, 서비스 프로토콜, 행위방향, 관계, 발생빈도, 규모(횟수, 패킷양), 지속성, 엔트로피 등)을 패턴으로 학습하는 모델이다. 그림 2 는 ICE 네트워크의 의료기기가 랜섬웨어에 감염되었을 때 보이는 행위적 패턴의 한 예시이다.



(가) Normal (나) WannarCry (다) Petya
 그림 2. ICE 네트워크 플로우 (주체,객체)간의 단방향 행위 관계 그래프 분석

그림 1 의 첫번째 블록은 tcpdump 등을 이용하여 패킷을 수집하고, 플로우 트래픽으로 변환하여 정상, 이상 클래스로 레이블링하는데, 본 논문은 [3]에서 공개한 ICE 데이터셋을 활용하였다. 두번째 블록에서는 [2]에서와 같이 레이블이 할당된 플로우 트래픽으로부터 이상/정상 행위 패턴을 특징짓는 520 차원 피쳐를 추출한다. 본 논문에서는 [2]의 520 차원 피쳐셋이 어떻게 구성되는지는 지면 관계상 논의하지 않는다.

세번째 블록에서는 520 차원의 피쳐셋을 입력으로 Random Forest(estimator=200)를 이용하여 각 피쳐의 엔트로피를 계산하고, 엔트로피가 0.095 이상인 피쳐 39 개를 선택하였다. 의료기기가 랜섬웨어에 감염될 경우, 그 기능에 변화가 발생하여 트래픽 분포가 상이한 이상 패턴으로 변하게 된다. 문제는 정상과 이상이 중첩된 변화 과정에서 표출된 데이터의 경우 정상, 이상 클래스에 노이즈 즉 이상치가 포함되어 향후 분류학습 성능을 떨어뜨리는 원인이 된다는 것이다. 네번째 블록에서 그림 3 과 같이 정상/이상 클래스의 이상치를 제거함으로써 노이즈 레이블에 의한 탐지 성능의 저하 문제를 해소할 목적으로 Isolation Forest 를 적용하였다.

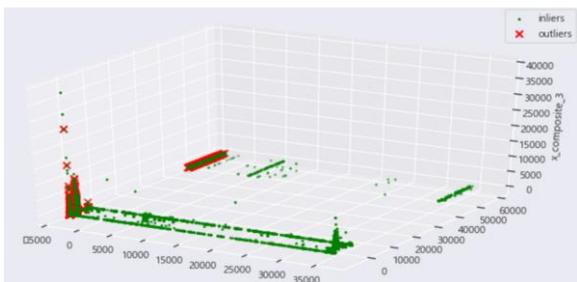


그림 3. Isolation Forest 로 정상 클래스의 이상치를 탐지하여 PCA(Principal Component Analysis)로 분석한 그래프

네번째 블록에서는 Isolation Forest 로 이상치가 제거된 39 차원의 피쳐 셋을 정규화하고, 행위의

시계열적 특성을 모델링하기 위하여 50 개 플로우들을 타임스텝으로 묶어 LSTM 으로 모델링하였다.

III. 실험 및 분석

제안한 이상행위 탐지 모델을 검증하기 위하여 Normal, WannarCey, Petya 3 가지 클래스로 구성된 ICE 데이터 셋[3]을 <표 1>과 같이 사용하였다. 정상 및 랜섬웨어 데이터셋을 포함하여 약 44.3 만 시계열 플로우 데이터를 입력으로 하여, 520 차원의 피쳐를 추출하고, Random Forest 로 39 차원의 주요 피쳐를 선택하였다. 추출된 39 차원의 피쳐 데이터 셋은 Isolation Forest 를 이용하여 normal 데이터의 12.8%인 약 4.4 만 이상치를 제거하고, abnormal 의 6.6%인 약 6.4 천개의 이상치를 제거한 후, 정규화하여 LSTM 에 입력으로 학습시켰다.

<표 1> 실험 데이터 셋

ICE 데이터 셋		Isolation Forest		
Normal	Abnormal		Detected outliers	
	WannarC	Petya		
344,875	97,191	1,931	44,112	6,436
77.7%	21.9%	0.4%	12.8%	6.6%

LSTM 은 타임스텝 50 으로 50 개의 셀을 구축하고, 32 개, 50 개의 뉴런 층을 쌓아올린 Stacked LSTM 구조로, 오버피팅을 줄이기 위해 층간 20%의 뉴런을 드롭아웃시켰다. 중간 노드의 활성화 함수는 ReLU 를 사용하고 최종 출력은 Linear 활성화 함수를 적용하였다. 최적화 알고리즘은 오차 감소속도가 빠른 AdamOptimizer 를 그리고 평균제곱오차 (mean squared error) 손실함수를 사용하였다. 그림 4 는 제안 모델로 <표 1> 데이터 셋의 분류 결과를 보여주는 혼동 행렬이다. 제안 모델의 이상 행위탐지 성능은 <표 2>로 정리하였다. 순환 신경망 모델로 정확도 94%, 정밀도/재현율 96% 수준의 성능을 보였고, 논문 [2]에서 머신 러닝으로 구현한 OC-SVM 과 비교하여도 유사한 수준의 높은 성능을 달성할 수 있었다.

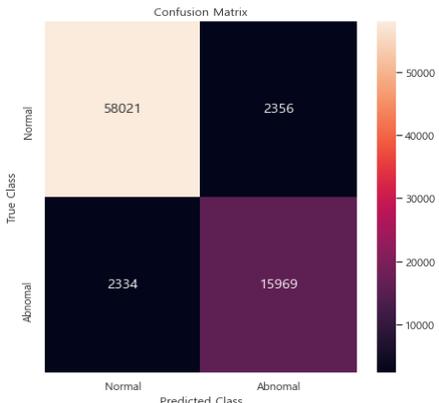


그림 4. 제안 모델의 이상탐지 혼동 행렬

<표 2> OC-SVM[1]과 비교한 제안 모델의 이상 행위 탐지 성능

	Performance Metric				
	precision	recall	accuracy	F1Score	FPR
oc-svm	0.9232	0.9997	-	0.9596	0.046
제안모델	0.9610	0.9613	0.94034	0.9612	0.128

IV. 결론 및 향후 연구방향

본 논문은 의료기기 네트워크 환경에서 이상치에 의한 성능 저하문제를 해소 하면서 랜섬웨어의 정상/이상 행위 분석 및 탐지를 목적으로 하는 순환신경망 모델을 제시하였다. 향후 연구 방향으로 노이즈가 포함된 정상 데이터만 수집이 가능한(즉, 레이블된 이상 데이터 확보가 거의 불가능한) 의료기기 환경에 적용가능한 심층생성모델과 강화학습을 연구하여 이상행위 탐지 성능을 개선할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-

0-00447, 안전한 의료/헬스케어 서비스를 위한 커넥티드 의료기기 해킹대응 핵심기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] 권혁찬외 1, "커넥티드 의료기기 보안 동향 및 이슈," IITP 주간기술 동향, 2019. 8. 28.
- [2] F. M. Lorenzo, et al., Walton," Intelligent and Dynamic Ransomware Spread Detection and Mitigation in Integrated," Sensors 2019, 19(5), Mar., 2019
- [3] Labelled ransomware dataset spreading in ICE, <http://perception.inf.um.es/ICE-datasets/>

근거리 통신을 위한 수중음향 네트워크 실험실 검증 연구

조아라, 최영철*

선박해양플랜트연구소
zoaoa, ycchoi@kriso.re.kr

Sea-Experiment Test of an Underwater Acoustic Network for Short-range Communications

A-ra Cho, Youngchol Choi*

Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering (KRISO)

요 약

본 논문에서는 근거리 수중음향용 통신시스템과 네트워크 소프트웨어를 연동하여 근거리용 수중 채널 시뮬레이터를 통해 네트워크 기능이 안정적으로 동작하는 것을 확인하였다. 또한, 실험실에서 3개의 노드로 구성된 근거리 수중 네트워크 실험을 수행하여, 싱크 노드의 스케줄링, 단문 메시지 송수신, 연속 데이터 자동 송수신, 이미지 데이터 송수신 등의 근거리 수중 네트워크의 핵심 기능들을 검증하였다.

I. 서 론

수중 이동 통신 시스템 및 네트워크 기술은 수중에서 다양한 어플리케이션을 가능하게 한다. 실시간 해양환경 관측, 수중 환경 감시체계, 지진 및 쓰나미 관측, 심해 해저 플랜트 통신, 해저 자원 개발용 통신, 수중 방사능 정보 취득 등 다양한 수중 작업을 수행하는 데 활용할 수 있다. 이와 같은 수중 어플리케이션을 구현하기 위해서는 수중채널 및 수중 네트워크의 고유한 특성을 고려해야한다. 수중에서는 RF 신호의 감쇄가 매우 심하여 주로 음향신호를 이용하여 통신을 하며, 음파의 전파속도는 약 1500m/s로 육상의 RF 전파속도에 비해 대략 20만 배 정도로 매우 느리다. 또한, 통신 주파수 대역이 수 kHz~수백 kHz 정도로 협소한 대역폭을 가지며 이에 따른 데이터 전송속도도 느리다. 이 외에 높은 데이터 전송 오류률, 음파 다중경로로 인한 신호 간섭, 배터리 사용에 따른 교체 어려움 등의 제약사항을 갖는다. 이와 같은 수중 음향 네트워크 특성과 각 해양환경의 지역적, 시간적 특성들을 고려한 수중 음향 네트워크 연구가 활발히 진행되고 있다[1-4].

한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소에서는 2012년부터 해양수산부의 지원으로 “수중 광역 이동통신 시스템 개발” 연구사업을 수행 중이다. 특히, 근거리 수중 네트워크 관련하여 통신 거리가 200m에서 100kbps 통신이 가능한 수중음향통신 모형을 개발하였으며, 관련 수중채널 특성 분석, 수중 채널을 모사한 근거리 수중 채널 시뮬레이터 개발, 수중 근거리 네트워크 프로토콜 등의 연구가 진행되었다.

2019년에는 근거리 수중네트워크를 위해 싱글 홉 기반의 근거리 수중 네트워크 프로토콜과 네트워크 계층 별 SW를 구현하고, 가상 물리계층 연동을 위한 근거리 수중 네트워크 에뮬레이터, 네트워크 운용을 위한 근거리 수중 네트워크 GUI와 어플리케이션을 구현하여 네트워크 성능 검증에 대한 연구가 수행되었다[5]. 그러나 [5] 연구에서 근거리 수중 네트워크 SW와 물리계층 통신 시스템 연동 없이, 수중의 물리계층 에뮬레이터를 통한 기능검증 시험으로 한계가 있었다.

본 논문에서는 근거리 수중 네트워크 기술의 가용성을 확인하기 위해, 근거리 수중 네트워크 SW와 물리계층의 수중통신 모형 시스템 연동한

노드 3개를 구성하여 근거리 수중 실험실 시험을 수행하여 네트워크 기능을 검증한다. 이를 위해, 근거리 수중채널 시뮬레이터를 활용하여 노드 간 통신 링크를 형성함으로써 근거리 네트워크를 구성하여, 네트워크 소프트웨어의 핵심 기능을 검증하고, 실험실에서 네트워크 초기화/정규화 과정을 통한 싱크노드의 스케줄링, 단문 메시지 송수신, 이미지 데이터 송수신, 연속데이터 자동 송수신 기능 들을 검증한다.

II. 본론



그림 1. 실내시험 구성도 및 채널 시뮬레이터 연동 시험환경

그림 1은 근거리 수중 채널 시뮬레이터를 연동한 시험 구성도와 시험 환경을 나타낸다. 근거리 수중통신 신호처리 플랫폼에는 수중통신 모형을 위한 DSP 프로세서와 수중네트워크 소프트웨어를 위한 ARM 프로세서가 독립적으로 동작하면서 DRAM을 통해 공통의 메모리 영역을 갖는다. 근거리 수중채널 시뮬레이터는 최대 9개의 다중경로를 갖는 고주파수 광대역 고정 채널을 모사하며, 아날로그 입출력 신호에 대한 디지털 신호 샘플률이 1MHz이상인 AD/DA 하드웨어 모듈을 구비한다. 실내 시험에서는 3대의 수중통신 신호처리 플랫폼을 구성하여 각 근거리 수중네트워

크 운용 GUI 프로그램을 연동하고, 채널 시뮬레이터의 DAQ 모듈을 통해 각 통신플랫폼의 아날로그 신호를 입력받고 채널시뮬레이터에서 디지털 신호로 변환된 아날로그 출력신호를 각 통신플랫폼의 수신신호로 입력된다. 실제 시험을 통해 수중 근거리 네트워크 프로그램에서 물리계층의 수신신호를 네트워크 계층에서 안정적으로 연동되는 것을 확인하였으며, 그 결과로 노드 간 단문 메시지 송수신, 이미지 데이터 송수신, 연속 문자 데이터 자동 송수신 기능 등을 검증하였다.

근거리 수중 네트워크 실증 시험은 2019년 12월 거제도 한국해양과학기술원 남해연구소 부근 근해에서 실험역 시험을 수행하였다. 근거리 수중 네트워크는 수중 노드 3대로 싱크노드 1대와 일반노드인 Node0, Node1로 구성되며, 노드 간 통신 거리 30cm로 최소화하여 노드들을 고정시켰다.



그림 2. 실험역 시험 장소

그림 3은 실험역 시험 환경으로 노드 별로 근거리 수중모뎀 센서와 수중통신 신호처리 시스템, 근거리 수중 네트워크 운용 GUI를 연동하였다. 수중 채널 상태에 따라 통신능력이 달라지므로, 시험지점의 수중채널 상태를 측정하고, SVP(Sound Velocity Profile)를 이용하여 음속을 측정하여 노드 간 통신이 원활하도록 수중 센서 노드의 수심을 결정하고 수중 환경에 따른 수중네트워크 기능시험을 수행하였다. 이를 통해 그림 4와 같이 싱크노드와 Node0, Node1 간 단문 메시지 송수신, 이미지 데이터 송수신, 연속 데이터 송수신 기능 등을 검증하였다. 그림 4 (c)는 싱크노드에서 Node 0와 Node 1에서 전송한 연속 데이터 수신 결과를 나타내며, 수신 결과 채널 효율이 Node 0에서 52.82%, Node 1에서 59.32%로 확인할 수 있었다.

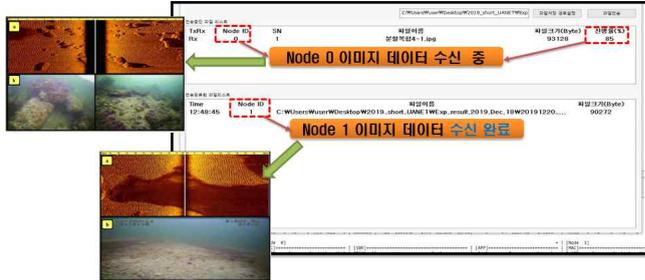


그림 3. 실험역 시험 환경

[2019-12-20 12:25:19] [NormalNode] [Node 1]	[MAC]=====	[SBR]=====	[APP]=====							
[2019-12-20 12:25:19]	Cycle	time(ms)	Rx	ACK(hex)	Error	SwP	Position	TxBuff		
[2019-12-20 12:25:15]	Node 1단문 메시지 송신	result	Rate	dist	X	Y	Z	acnt	count	size
[2019-12-20 12:25:15]		00000000	0.00	0	0	0	-5	0	0	00

[2019-12-20 12:25:15] [SyncNode] [Node 0]	[MAC]=====	[SBR]=====	[APP]=====								
[2019-12-20 12:25:15]	Cycle	TxB	RxSBR	lam	tkn(ms)	dist	CRC(hex)	error	Good	error	
[2019-12-20 12:25:15]	index (ms)	(ms)	RTT	da	min	max	wkn (m)	result	count	size	rate
[2019-12-20 12:25:15]	10	31336	0	72	0	72	0	00000000	56	13.3KB	224
[2019-12-20 12:25:15]	10	31336	0	72	0	72	0	00000000	56	13.3KB	252
[2019-12-20 12:25:15]	10	31336	0	72	0	72	0	00000000	56	13.3KB	280
[2019-12-20 12:25:15]	10	31336	0	72	0	72	0	00000000	56	13.3KB	308

(a) Node 1에서 Sink 노드로 단문 메시지 전송 결과



(b) 싱크노드에서 Node 0와 Node 1 이미지 데이터 수신 결과

[SyncNode] [Node 0]	[MAC]=====	[SBR]=====	[APP]=====											
Cycle	TxB	RxSBR	lam	tkn(ms)	dist	CRC(hex)	error	Good	error	lost	Rx	channel		
index (ms)	(ms)	RTT	da	min	max	wkn (m)	result	count	size	rate	count	count	size	efficiency
100	69894	57920	0	75	0	4959	4884	0	00000000	420	100.3KB	2.3K	568.8KB	15.00
101	78464	75348	0	72	0	4953	4881	0	00000000	420	100.3KB	2.4K	575.5KB	14.85
102	96936	92314	0	72	0	4953	4881	0	00000000	420	100.3KB	2.4K	575.5KB	14.70

[Node 1]	[MAC]=====	[SBR]=====	[APP]=====													
RxSBR	lam	tkn(ms)	dist	CRC(hex)	error	Good	error	lost	Rx	channel						
(ms)	RTT	da	min	max	wkn (m)	result	count	size	rate	count	size	efficiency				
52134	0	75	0	75	0	00000000	84	20.0KB	2.7K	649.1KB	3.00	0	849	400.7KB	59.88%	
70466	0	72	0	72	0	00000000	84	20.0KB	2.7K	655.8KB	2.97	0	858	404.9KB	59.91%	
0	828	72	0	5709	4881	0	ffffff	112	26.7KB	2.7K	655.8KB	3.92	0	858	404.9KB	59.32%

(c) 싱크노드에서 Node 0와 Node 1의 연속 데이터 수신 결과

그림 4. 실험역 시험 결과

III. 결론

본 논문에서는 근거리 수중통신 신호처리 시스템과 각 계층별로 구성된 수중네트워크 프로토콜 소프트웨어를 연동하여 실험역에서 노드 3대를 구성하여 네트워크 핵심 기능들을 검증하였다. 그 결과 노드별 싱크노드와 Node0, Node1 간 단문 메시지 송수신, 이미지 데이터 송수신, 연속 데이터 송수신 기능 등을 확인하였다. 향후 수중 노드 간 거리를 수백 미터 거리로 넓히고, 수중 노드를 예인하면서 노드의 이동성에 따른 네트워크 기능 검증과 네트워크 장시간 운영을 통한 노드 별 네트워크 성능을 검증할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 해양수산부의 국가연구개발사업인 “수중 광역 이동통신 시스템 기술개발”에 의해 수행되었습니다(PMS4330).

참 고 문 헌

[1] J. Heidemann, M. Stojanovic, and M. Zorzi, “Underwater sensor networks: applications, advances and challenges,” *Phil. Trans. R. Soc. A*, vol. 370, no. 1958, pp. 158–175, 2012.

[2] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, “Underwater acoustic

-
- sensor networks: research challenges," *Ad hoc networks*, vol. 3, no. 3, pp. 257-279, 2005.
- [3] S. Climent, et al, "Underwater acoustic wireless sensor networks: advances and future trends in physical, MAC and routing layers," *Sensors*, vol. 14, no. 1, pp. 795-833, 2014.
- [4] J. Partan, J. Kurose, and B. N. Levine, "A survey of practical issues in underwater networks," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 11, no. 4 pp. 23-33, 2007.
- [5] A. R. Cho et al, "Implementation of a Short-Range Underwater Acoustic Network Protocol," CEIC 2019.

주파수 도메인 데이터의 CFAR 처리 성능 향상을 위한 개선 방법

김수현
한화시스템

chriskim90@hanwha.com

Improvement method for raised accuracy of frequency domain data CFAR processing

Kim Soo Hyun
Hanwha Systems.

요 약

본 논문은 레이더 신호처리에 관한 기술 중 주파수 도메인 데이터의 CFAR 성능 향상을 위한 개선 방법에 대한 연구이다. 기존 CFAR 알고리즘은 레퍼런스 셀의 수가 윈도우 크기보다 작을 경우, 엣지 셀들의 임계치를 일관되게 적용하는 방식으로 인해 부정확한 임계치가 설정된다. 이를 해결하기 위해 주파수 도메인 데이터의 폴드오버 특성을 이용하여, 레퍼런스 셀의 수가 부족한 테스트 셀의 임계치를 계산할 때, 테스트 셀이 속한 엣지의 반대편의 엣지 셀들을 노이즈의 평균을 구하는데 사용하여 이를 테스트 셀의 임계치로 적용함으로써 향상된 탐지율을 설정하는 방식을 소개한다.

I. 서론

국방과학 분야에서의 레이더는 원거리에서 다가오는 물체, 표적을 탐지 및 식별하는데 이용된다. 레이더의 수신 신호에는 표적에 대한 신호뿐만 아니라 다양한 지형지물에 의한 클러터 신호도 포함된다. 이러한 클러터 신호로 인해 어느 정도 세기의 신호를 표적으로 인식하는지가 레이더 탐지율의 관건이 된다. 즉, 표적 탐지를 위해 임계치(threshold)를 높이면 클러터를 표적으로 오인할 확률이 줄어들지만, 표적을 탐지하지 못할 확률이 높아진다. 반대로 임계치를 낮추면 표적을 탐지할 확률은 높아지지만 클러터를 표적으로 오인할 확률이 늘어난다. 이를 위해 주변 환경에 따라 임계치를 가변적으로 운영하는 CFAR(Constant False Alarm Rate) 알고리즘이 이용된다.

일반적으로 널리 알려진 CFAR 알고리즘 기법 중 하나인 CA-CFAR(Cell-Averaging Constant False Alarm Rate) 알고리즘은 대상이 되는 테스트 셀과 그 주변의 레퍼런스 셀에 대한 윈도우를 설정한다. 윈도우를 이용해 주변 레퍼런스 셀들의 평균 노이즈를 이용하여 테스트 셀의 임계치를 적용함으로써 표적 탐지율을 높인다. 즉, 테스트 셀 주변에 노이즈가 많으면 임계치가 높아지고, 노이즈가 적으면 임계치가 낮아진다. 본 논문에서는 CA-CFAR 알고리즘이 가진 단점을 개선하는 방안에 대해 논의한다.

II. 본론

기존 CA-CFAR 알고리즘은 대상이 되는 테스트 셀의 레퍼런스 셀을 설정할 수 없는 경우 임계치를 구할 수 없다. 이러한 테스트 셀들을 엣지 셀이라 하고 엣지 셀이 모인 부분을 엣지라고 한다. 따라서 엣지의 경우, 해당 엣지에 속하는 엣지 셀들의 평균 노이즈를 해당 엣지의 임계치로 일관되게 적용하는데, 이 같은 경우 임계치가 부정확해 탐지율이 떨어지게 된다. 따라서 이와 같은 문제점을 개선하기 위해 주파수 도메인 데이터 CFAR의 성능을 개선할 필요가 있다.

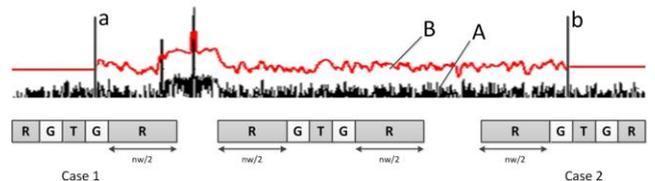


그림 1

[그림 1]은 기존 CA-CFAR 알고리즘의 각 셀의 임계치를 구하는 방식을 나타낸다. T는 임계치를 구하는 대상이 되는 테스트 셀(Test Cell), G는 테스트 셀에 인접한 가드 셀(Guard Cell)이다. 가드 셀은 테스트 셀의 평균 노이즈를 구하는 대상에서 제외된다. R은 레퍼런스 셀(Reference Cell)로 테스트 셀의 평균 노이즈를 구하는데 이용된다. nw는 윈도우로, 윈도우의 크기는 각 시스템의 환경에 알맞게 설정한다. 윈도우 크기만큼의 레퍼런스 셀들의 노이즈의 평균을 계산하여 테스트 셀의 임계치를 계산하여 적용한다.

기존 CA-CFAR 알고리즘은 기준선 a의 좌측(Case 1) 또는 기준선 b의 우측(Case 2)과 같이 엿지는 윈도우 크기만큼의 레퍼런스 셀을 설정할 수 없어 평균 노이즈를 계산할 수 없는 부분이 존재한다(단, 시스템에 따라 윈도우의 크기가 다르므로 기준선 a, b의 위치는 다를 수 있다). 따라서 기존 CA-CFAR 알고리즘에서는 해당 엿지에 포함된 엿지 셀들의 임계치를 해당 엿지 셀들의 평균 노이즈 값으로 일관되게 적용한다. 하지만 이러한 일관된 평균 노이즈 값을 사용하는 것은 부정확하므로 표적 탐지율이 떨어지게 된다.

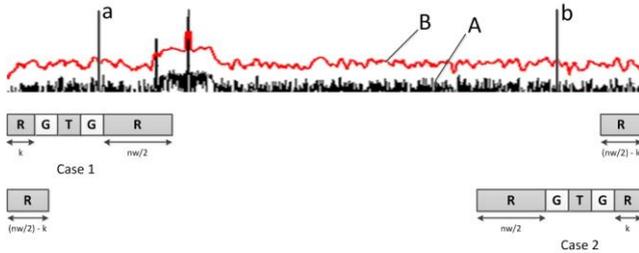


그림 2

[그림 2]는 본 논문에서 제안하는 개선된 CA-CFAR 알고리즘의 방식을 나타낸다. 해당 방식은 주파수 도메인 데이터의 특성인 폴드오버(foldover)를 활용한다. 폴드오버란 신호가 시스템의 나이키스트 레이트를 초과할 경우, 해당 신호가 샘플링 주파수로부터 해당 신호와 샘플링 주파수의 차에 해당하는 새로운 주파수만큼 떨어진 주파수에 나타나는 현상을 말한다. 해당 특성을 이용하여 주파수 도메인 데이터의 좌측 끝과 우측 끝이 연결되어 있다고 가정하고 엿지의 임계치를 구한다.

Case 1은 좌측 엿지에 속하는 엿지 셀의 경우를 나타낸다. 이 경우 테스트 셀 좌측의 레퍼런스 셀의 수가 윈도우의 크기(nw)보다 작기 때문에 테스트 셀의 임계치를 구하기 위한 데이터의 수가 부족하다. 테스트 셀의 임계치를 계산하기 위해서는 테스트 셀을 기준으로 좌측 레퍼런스 셀은 $nw/2$ 개가 있어야 하지만 이 경우 $k (< nw/2)$ 개이다. 따라서 부족한 레퍼런스 셀을 채우기 위해 우측 엿지의 마지막 ($nw/2 - k$)개 셀의 데이터를 평균 노이즈를 측정하는데 이용하고, 이를 해당 테스트 셀의 임계치로 적용한다.

Case 2의 경우도 Case 1과 같은 방법을 이용해 테스트 셀의 임계치를 계산한다.

이러한 개선된 CA-CFAR 알고리즘은 주파수 도메인에서 CFAR 처리를 하는 경우, 데이터 양쪽 끝의 엿지 셀들이 상호간의 임계치를 계산하는데 사용되어 CFAR 처리의 성능을 향상하는 효과가 있다. 본 연구에서는 CA-CFAR를 기준으로 설명하였지만, 개선된 방법은 주파수 도메인 데이터의 모든 CFAR 기술에 적용 가능하다.

III. 결론

앞서 기존 CA-CFAR 알고리즘이 가지고 있는 문제점인 엿지에서의 레퍼런스 셀을 설정할 수 없는 경우, 엿지 셀에 일관되게 적용되는 평균 노이즈로 인해 표적 탐지율이 떨어지는 문제를 주파수 도메인 데이터의 특성인 폴드 오버를 이용해 엿지 셀 상호간의 임계치를 계산하는데 사용하여 표적 탐지율을 개선하는 방법을 소개하였다.

해당 방법은 CA-CFAR 외에 주파수 도메인 데이터의 모든 CFAR 기술에 적용되어 표적 탐지율을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] Merrill I. Skolnik "Introduction to radar systems, Second Edition".

데이터집약형 거대과학연구의 가속화를 위한 국가연구망의 과학빅데이터 첨단네트워크기술

이찬균, 장민석, 노민기, 석우진
한국과학기술정보연구원 과학기술연구망센터

{chankyunlee | msjang | mknoh | wjseok}@kisti.re.kr

Advanced networking technology for scientific big data over KREONET for accelerating data-intensive big-scientific research

Chankyun Lee, Minseok Jang, Minki Noh, and Woojin Seok
Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI)

요 약

거대과학연구분야의 데이터 중심 패러다임 변화로 인해, 데이터집약형 거대과학연구집단에서 발생하는 연구트래픽은 상용트래픽 대비 상이한 특징을 보이고 있으며, 범용성을 주 목적으로 개발된 현재의 데이터 네트워크는 대규모 거대과학연구 트래픽을 처리하는데 한계점을 보이고 있다. 이에 본 논문에서는 과학빅데이터 트래픽 맞춤형 Science DMZ 기술 및 대용량 플로우 처리에 효과적인 long-lived 회선 기반 코어망 기술을 소개한다. 또한 Science DMZ 기술과 long-lived 회선기술이 실제 국가연구망(KREONET)의 첨단연구기관에 적용된 사례를 통해, KREONET 첨단네트워크기술의 성능을 제시하며 향후 발전방향에 대해 논의한다.

I. 서론

거대과학연구란 다수의 연구자들로 구성된 연구집단이 실험과 관측, 이론과 분석등을 협업하는 종합적인 대규모 과학연구로 정의될 수 있다. 현재 활발히 연구중인 거대과학분야로서 고에너지물리, 천문우주, 기상기후, 게놈바이오 등이 있으며 2019 년 EHT (Event horizon telescope) 연구그룹의 블랙홀 관측은 [1] 현대 거대과학연구의 대표적인 성과라고 할 수 있다.

거대과학연구는 과거의 이론중심 연구로부터 현재 데이터 중심연구로 그 패러다임이 변화하고 있다. 특히 대규모 실험과 관측이 협업연구의 필수요소로 부각되고 있는 상황에서, 오늘날 거대과학연구는 데이터집약형 연구로 진화하고 있다. 따라서 연구자/연구기관/연구장비 간의 원활한 연구데이터 송수신을 위한 첨단네트워크 기술은, 데이터집약형 거대과학연구의 가속화를 위한 필수 핵심기술로 이해되고 있다.

대다수의 과학기술 선진국은 연구교육망 운영을 통해 거대과학연구를 지원하고 있으며, 나아가 국가연구망 간의 연동을 통해 국제 협업연구를 지원하고 있다. 미국과 유럽의 경우 각각 ESNET [2] 과 GEANT [3] 연구망을 운영하고 있으며 대한민국의 경우 한국과학기술정보연구원 (KISTI) 에서 1988 년부터 국가과학기술연구망 (KREONET)을 운영하고 있다 [4]. 거대과학연구의 연구트래픽은 실험 및 관측에서 발생하는 대용량 플로우 (수 GB~TB) 가 주를 이루며 이는 다양한 어플리케이션에서 발생하는 상대적으로 작은 크기의 (수 KB~MB) 상용트래픽과 상이한 특징을

보인다 [5]. 상용 네트워크는 다양한 서비스를 지원하기 위한 범용성을 주목적으로 개발되었으므로 연구트래픽을 처리하기에는 적합하지 않다. 따라서 데이터집약형 연구트래픽을 효율적으로 처리하기 위한 연구트래픽 맞춤형 네트워크 최적화 기술에 대한 연구 및 실험이 각국의 연구망에서 활발히 진행 중이다 [2-4].

II. 본론

연구망에서 연구데이터를 송수신하는 사용자들은 신분이 특정된 연구자이며, 네트워크 활용에 있어서 신뢰성이 보장된 사용자들이다. 이는 익명의 특정되지 않은 사용자들을 서비스 해야 하는 상용 네트워크와의 큰 차이점 중 하나이다. 또한 대부분의 연구데이터는 공개에 민감하고 매우 높은 수준의 보안을 요구한다. 본 논문에서는 이와 같은 연구데이터 특징과 네트워크 요구사항을 고려한 과학빅데이터 첨단연구망의 액세스 (access) 기술로써, Science Demilitarized Zone (Science DMZ) 기술을 소개한다.

연구망에서 발생하는 트래픽의 대부분인 대규모 실험 및 관측 데이터 트래픽은, 매우 큰 크기의 플로우가 상대적으로 드물게 발생하는 특징을 보이며 트래픽 양의 분포는 버스트 (burst) 특성을 보인다 [5]. 이와 같은 연구망 트래픽 특성에 맞추어 대규모 플로우를 효율적으로 처리하기 위한 과학빅데이터 첨단연구망의 코어 (core) 기술로써, 회선 스위칭 기술을 소개한다. 특히 연구망에서의 회선 스위칭은, 거대과학연구에서 발생하는 대규모 플로우 크기 특징에 의해 long-lived 회선 스위칭 구성이 가능하다.

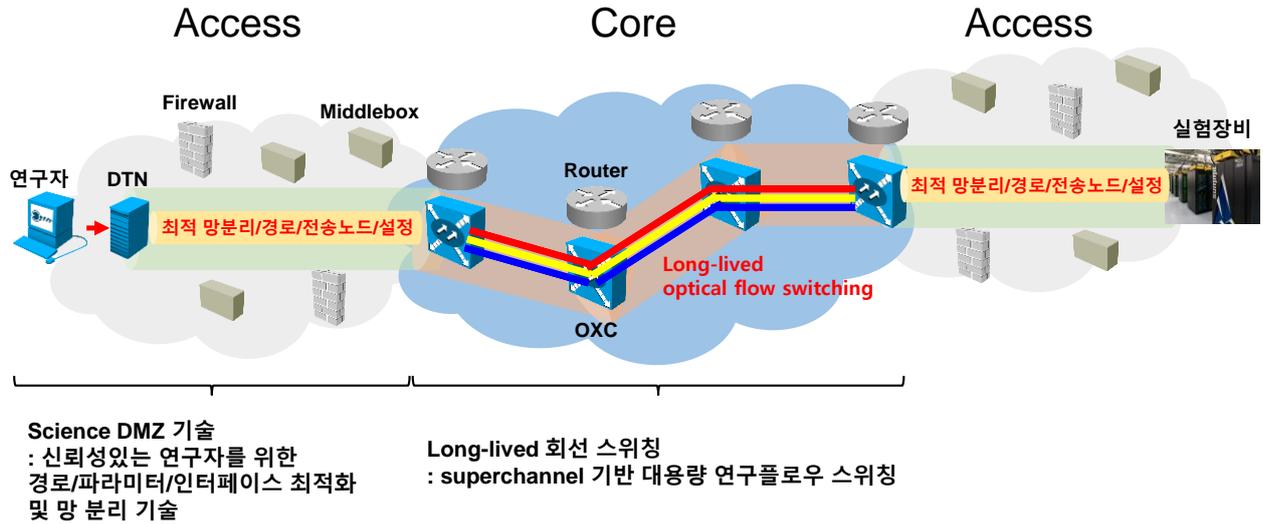


그림 1. Science DMZ 와 long-lived 회선 스위칭 기술이 적용된 국가연구망 첨단네트워크 기술

II.1. Science DMZ

거대과학연구는 일반적으로 협업연구의 형태를 띄며 대다수의 연구트래픽은 도시간/국가간 장거리 전송을 요구한다. 이와 같은 대규모 연구망의 액세스 기술로써, Science DMZ 기술을 그림 1 과 같이 소개한다 [6].

연구망은 상대적으로 소수의 특징된 연구자들이 연구데이터 송수신이라는 유일한 목적을 위해 사용하는 네트워크이다. 연구트래픽과 사용자 특성에 최적화된 네트워크 기술을 연구망에 적용하기 위하여 연구망과 상용망을 물리적/논리적으로 분리하는 망분리 기술이 요구된다. Science DMZ 에서는 이와 같은 망분리 기술을 통해, 연구트래픽 특성에 최적화 된 연구망을 제공한다. 또한 망분리를 통한 망간접점 제거는, 연구망에 보다 높은 수준의 보안을 제공한다.

상용 네트워크의 액세스 단에는 다양한 네트워크 어플리케이션 서비스를 사용자들에게 원활히 제공하기 위하여 다수의 미들박스를 포함하고 있으며, 이는 네트워크 인프라에서 제공하는 capacity 대비 실질전송성능을 저하하는 요소 중 하나이다. 연구망의 목적은 연구데이터 송수신으로 제한되므로 불필요한 미들웨어를 바이패스 (bypass) 하여 데이터 송수신 성능을 최적화하는 것이 바람직하다. 특히 네트워크 방화벽 (firewall)에서 발생할 수 있는 오탐은 TCP 와 같은 프로토콜의 재전송을 야기하여 망성능을 심각하게 저하할 수 있다 [6]. Science DMZ 는 연구망과 상용망을 물리적으로 분리하며 연구망의 사용자들은 신뢰성이 보장된 사용자들이므로, 연구트래픽 송수신을 위해 방화벽을 거치지 않는 경로를 설정하여 네트워크 성능 저하를 최소화하는 것이 유리하다. Science DMZ 의 보안은 스위칭 및 라우팅 장비의 ACL (access control list)을 통해 이루어진다.

네트워크를 구성하는 다수의 계층과 장비들은 다양한 파라미터 설정을 요구한다. 특히 이더넷 (Ethernet) 및 TCP 프로토콜 관련 파라미터들로써 이더넷 프레임 크기와 TCP 윈도우 버퍼 크기 설정 파라미터는 네트워크 성능에 직접적으로 영향을 끼치는 파라미터이므로 최적화가 필요하다. 연구망에서는 경로 최적화 및 망분리 기술 등을 통해 매우 낮은 수준의 패킷 손실률을 보장하므로, 이더넷 점보 프레임 (MTU: 9kB), TCP 윈도우 소켓 버퍼 크기 최대화와 같은 파라미터 설정이 필수적이다 [2][4][6].

데이터를 직접 송수신하는 최종 단 장비가 데이터 송신의 병목구간이 되는 것을 방지하기 위하여, Science DMZ 에서는 데이터 전송 노드 (DTN: data transfer node) 를 통해 데이터를 송수신한다. DTN 의 모든 계산능력을 데이터 송수신에 집중 사용하기 위하여, DTN 에서는 데이터송수신 이외의 작업 (web, e-mail 등)은 제한된다. 또한 이와 같은 DTN 제약은 Science DMZ 의 보안을 더욱 강화한다.

II.2. Long-lived 회선 스위칭

세계 각지에 분포된 연구자 및 연구장비간의 대규모 연구데이터의 송수신을 위하여, 각국에서 운영하는 연구망들은 상호연결을 지원하고 있다. 네트워크의 코어단은 일반적으로 IP 라우팅 기능을 수행하는 IP 라우터 장비와 경로 스위칭을 담당하는 광 스위칭 장비 (OXC: optical crossconnect) 로 구성이 되어 있다. 패킷 스위칭 기술에서 IP 라우터는 다양한 네트워크 기능을 제공하지만, 이를 위해 모든 패킷이 라우터단에서 재조합 되어야 하므로 라우터 프로세싱에 따른 전송지연시간이 발생하며, 전송경로가 길어질수록 지연시간은 증가한다.

반면 데이터 송수신 요청에 따라 회선을 점유하여 사용하는 회선 스위칭 기술은 스위칭 기능만을 제공하는 광 스위칭 장비를 통해 경로가 구성되므로, IP 라우터를 바이패스하며 IP 단에서 발생할 수 있는 지연시간을 제거한다. 회선스위칭 기술의 가장 큰 물리적 제약은 광 스위칭 장비의 스위칭 요구시간이다. 이는 상용망에서 발생하는 작은 크기의 패킷을 스위칭 하기위해 요구되는 스위칭 시간이, 광 장비의 물리적 스위칭 설정 변경 최소시간보다 짧기 때문에 발생하는 제약이다. 이를 해결하기 위해 광 버스트 스위칭 (OBS: optical burst switching) 등의 기술을 통해 패킷을 크게 만들어 스위칭 요구 시간을 늘이는 방법이 고안되었다.

하지만 거대과학 연구데이터 플로우는 한번에 수 GB~TB 급의 트래픽을 발생시키므로, 그림 1 과 같이 코어망에 회선 스위칭 기능을 적용할 경우, 광 장비의 스위칭 시간에 따른 문제가 해결된다. 이를 통해 대용량 연구데이터 전송에 있어서 코어단에서 발생할 수 있는 지연시간의 최소화가 가능하다. 또한 연구데이터에 대해 회선을 점유하는 방법을 통해, IP 라우터와 같은 네트워크 장비에서 발생할 수 있는 연구망에 대한 보안위험을 최소화하며, 네트워크 대역폭을 보장 할당할 수 있다.



그림 2. 오창기상청-부산 APCC 연구망 구축 사례

II.3. 국가연구망 적용 사례

현재 KREONET 국가연구망은 국내 200 여 거대과학 연구기관에 대해 첨단네트워크를 지원중이다. 특히 그림 2 와 같이 KREONET 국가연구망은 오창기상청 슈퍼컴퓨터 센터와 APCC (APEC climate center) 간 연구망을 지원하고 있다. KREONET 은 전국 17 개 지역망센터 (PoP) 를 통해 각 지역의 연구기관에 대한 연결성을 지원하는데 [4], 기상청과 오창지역망센터 구간, 그리고 APCC 와 부산지역망센터 구간은 각각 연구망의 액세스 구간으로써 Science DMZ 기술을 구현하였다. 또한 오창 지역망센터와 부산 지역망센터 구간은 연구망의 코어 구간으로써, lightpath 기반의 회선 스위칭 기술로 서비스 중이다. 오창-부산 경로는 중간의 대전 노드에서 스위칭 되며, 기상청과 APCC 전체경로의 회선 대역폭은 1Gbps 로 제한되었다.

PerfSONAR 는 네트워크의 단대단 성능을 분석하기 위한 성능분석 툴로서 [8], 국가연구망의 사용자단 및 코어 장비에 설치되어 다양한 네트워크 성능척도의 용이한 분석을 지원한다. 그림 3 은 오창기상청에 설치된 PerfSONAR 를 통해 도출된 9 월 7 일-14 일 간 기상청과 APCC 사이의 네트워크 성능이다. 실제 발생하는 연구트래픽에 대한 영향을 최소화하기 위해, PerfSONAR 는 1.5 시간 주기로 iPerf 를 실행하였다.

그림 3 a 는 네트워크 수율 (throughput) 성능을 요약한다. 1Gbps 대역폭에서 전송성능은 950Mbps 이상을 유지하므로, 물리적 대역폭의 95% 이상의 실질적 전송성능을 보장함을 확인할 수 있다. 따라서 연구데이터 전송의 QoS (quality of service) 를 안정적으로 제공할 수 있음을 보인다. 본 사례에서 네트워크 성능이 대역폭 대비 95% 이상을 꾸준히 달성할 수 있었던 요인은, Science DMZ 기술을 통한 firewall 과 같은 미들웨어 바이패스 와 DTN 전용 노드, 연구데이터 망분리를 통한 최적 경로 할당, 이더넷 점보프레임 설정과 리눅스 소켓버퍼 최대화를 통한 TCP 윈도우 최대화 등의 파라미터 최적화 등을 모두 조합한 결과이다.

그림 3 b 는 네트워크 지연시간을 보여준다. 오창기상청과 부산 APCC 간 코어망에 대해 회선 스위칭을 구현함으로써 경로 중간 대전노드의 라우터를 바이패스 함으로써 평균 2.7 밀리 초 수준의 매우 짧은 네트워크 지연시간이 발생함을 확인할 수 있다. 이를 통해 많은 수의 IP 홉을 지나는 초장거리 연구데이터 전송 시, 회선스위칭 기술을 통한 의미있는 수준의 네트워크 지연시간 감소를 기대할 수 있다.

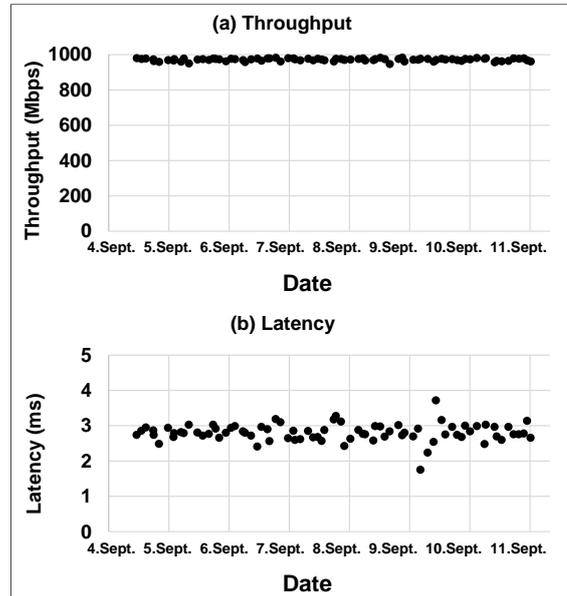


그림 3 오창기상청-부산 APCC 간 네트워크 성능

III. 결론

본 논문에서는 데이터집약형 거대과학에서 발생하는 연구트래픽을 효과적으로 처리하여 거대협업연구의 가속화에 기여할 수 있는 국가연구망의 첨단네트워크 기술에 대하여 소개하였다. 연구망 사용자와 연구트래픽의 특징에 최적화된 Science DMZ 및 long-lived 회선 스위칭 기술에 대해 소개하였고 각각의 기술이 KREONET 국가연구망의 액세스 및 코어 단에 적용된 예를 살펴보았다. 해당기술들이 적용된 오창기상청과 부산 APCC 간 국가연구망의 대역폭 대비 95% 이상 실질전송 성능과 2.7 밀리 초의 지연시간 성능을 확인함으로써 데이터집약형 거대과학연구에 대한 국가연구망 기술의 성능을 증명하였다. 나아가 국제간 연구망에 대한 적용 타당성에 대해 살펴보았다.

참고 문헌

- [1] The EHT Collaboration, "First M87 event horizon telescope results. IV. Imaging the central supermassive black hole," *The Astrophysical Journal Letters* 875(1), pp.1-52, 2019.
- [2] The Energy Science Network. (<https://www.es.net>)
- [3] GEANT (<https://www.geant.org/>)
- [4] Korea Research Environment Open Network. (<https://www.kreonet.net/>)
- [5] C. Lee, M. Jang, M. Noh, and W. Seok, "Scalable design and algorithm for science DMZ by considering the nature of research traffic," *Springer J. of Supercomputing*, pp.1-19, Aug. 2020.
- [6] E. Dart, L. Rotman, B. Tierney, M. Hester, and J. Zurask, "The Science DMZ: a network design pattern for data-intensive science," *Sci program* 22(2), pp. 173-185, 2014.
- [7] K. Barker, et al, "On the feasibility of optical circuit switching for high performance computing systems," *IEEE/ACM conference on supercomputing* 2005.
- [8] PerfSONAR (<https://www.perfsonar.net/>)

UNECE WP.29 자동차 사이버 보안 법규 제정에 따른 국내 자동차 사이버 보안 현황 분석

조유라 · 송원석 · 류시원 · 오재욱 · 유은혜 · 조혜린*

*한국정보기술연구원 차세대 보안리더 양성 프로그램 (Best Of the Best 9기)

shituo0520@gmail.com, skhk300s@naver.com, lsea9865@gmail.com,

wooko5@naver.com, dice4927@naver.com, brellagm@gmail.com

A study on domestic automotive cybersecurity trends by UNECE WP.29 legislation of automotive cybersecurity regulations

Youla Cho · Wonseok Song · Sea-won Lyu · Eunhye Yu · Jaek Oh · Haerin Jo*

*KITRI B.O.B 9th

요약

최근 차량의 해킹 사고가 급증함에 따라 차량 보안의 중요성이 대두되고 있다. 사이버 보안 위협에 대응하기 위해 UN은 국제 차량 사이버 보안 법규 제정을 진행 중이다. 이에 따라 본 논문에서는 차량 사이버 보안의 법규 제정 현황과 이에 대응하는 완성차 업체, 부품사의 현황과 대응 방안을 분석한다. 또한, 향후 보안에 대한 투자 및 인력이 부족한 부품사에 대한 해결방안을 논의한다.

I. 서론

국제 차량 보안 법규 제정에 따른 중소형 부품사들의 보안 대응 현황과 문제점을 알아보고 이를 도울 방안을 제시하기 위하여 본 연구를 계획하였다.

차량 전자 기술의 발전에 따라 차량에 대한 외부 사이버 위협이 증가하였다. 특히 차량 해킹, 개인정보 유출 등 차량 탑승자와 주변에 피해를 미치는 사이버 해킹이 증가하는 추세이다.

이로 인해 완성차 업체, 대형 부품사, 중소 부품사는 차량의 사이버 위협으로부터 운전자 및 동승자를 보호하고 안전한 차량을 제조하기 위해 노력 중이다. 안전한 차량 사이버 환경을 만들기 위해서 보안의 기술적, 관리적, 법규 체계의 확립이 필요하다.

따라서 UN은 국제적 표준이 될 수 있는 차량 사이버 보안 관리 체계에 대한 필요성을 깨닫고, 국제 차량 사이버 보안 규제인 UNECE WP.29를 제정하였다[1].

본 논문에서는 UNECE WP.29 법규 제정에 따른 완성차 업체, 대형 부품사, 중소 부품사의 대응 현황을 알아볼 것이다. 또한, 이를 통해 UNECE WP.29 법규 대응 방안과 기대효과를 알아볼 것이다.

II. 본론

2.1 국제 차량 사이버 보안 법규

유엔 경제 위원회 (UNECE) 산하의 차량 규정을 위한 세계 포럼인 WP.29에서 지난 2020년 6월 24일 차량 사이버 보안에 대한 국제 법규를 채택하였다. 본 법규는 자동차 사업에서 법적 구속력을 가진 최초의 국제

표준이며, 차량의 IT 보안에 대한 요구사항을 규정하고 있다.

또한, 해당 법규에 따라 2022년 7월 이후 생산되는 모든 신차는 차량 사이버 보안 규제를 준수해야 하며, 2024년 7월부터는 상용화되어 있는 모든 차량이 적용 대상이다. 특히 UNECE에 서명한 국가 중 유럽, 한국, 일본은 전 세계 차량 생산량 3분의 1을 차지하고 있으며 본 규정에 서명한 58개국에 수출하려는 차량 제조사는 UNECE 규정을 준수해야 한다[2].

2.2 완성차 업체, 대형 부품사 대응 현황

국내 완성차 업체 중 현대자동차는 UNECE WP.29가 제정되기 전 사람의 생명과 직결되는 차량 보안 위협을 인지했다. 현대자동차는 2017년부터 차량 보안 법규에 대응하기 위해 차량 보안 기술 정책 수립, 표준 관리, 아키텍처 개발을 관리할 수 있는 인력을 채용해왔다. 또한, 2020년 6월 UNECE WP.29 법이 제정된 이후 국가별 차량 사이버 보안 법규 대응 및 동향 파악을 위한 R&D 인력을 추가로 모집하고 있다. 따라서 완성차 업체는 차량 보안 위협의 위험성을 감소시키기 위해 보안 인력을 채용하여 차량 보안성을 강화했다[3].

대형 부품사는 완성차 업체와 마찬가지로 UNECE WP.29 법규에 대응하기 위해 차량 보안력 강화에 투자하고 있다. 대형 부품사 이타스 코리아는 2020년 10월 26일 컨설팅회사 삼정KPMG와 상호업무협약¹⁾을 맺어서 차량 사이버 보안 관리 체계 수립 및 운영을 위한 컨설팅을 받고 있다[4]. 이를 통해 대형 부품사는 보안 관리 체계 수립 및 차량 부품에 대한 안전성 보장과 ²⁾요구사항을 해결할 수 있다.

2.3 중소 부품사 현황 및 대응

1) MOU, Memorandum Of Understanding

2) 사이버 보안 요구사항은 개발, 생산, 후 생산 단계별로 보안을 어떻게 반영하고 조치를 하였는지에 대한 항목이다.

그러나 국내 중소 규모의 부품사들은 UNECE WP.29 법규 대응에 어려움을 겪고 있다. 중소 규모의 부품사와 거래하고 있는 완성차 업체의 현지자와 인터뷰한 결과, 중소 규모의 부품사들은 투자 자본의 부족으로 인해 제품의 기능 발전에만 초점을 맞춰 제품을 생산하기 때문에 보안을 갖춘 제품을 개발하기 힘들다.

이런 중소형 부품사들을 위해 정부 측에서는 추가적인 지원이 필요하다. 정부는 중소형 부품사들에 보안 인력 고용 지원금 및 보안 기술이 적용된 제품에 대한 세금 감면 혜택 등 다양한 기업 경쟁력 강화 혜택을 지원해야 한다.

추가적으로는 국제 법규인 UNECE WP.29에 대한 무료 해설 교육과 제품을 개발하는 실무자를 위한 시큐어 코딩 가이드, 보안 위협과 대응 방안에 대한 체크리스트를 제시해야 한다.

이를 통해 부품사들은 UNECE WP.29 규제를 준수할 수 있고 다른 동종 업계 기업들과 달리 자사 제품의 보안 품질 및 신뢰성을 향상할 수 있다. 그리고 이러한 기대효과를 통해 완성차 업체에서 주관하는 협력사평가 제도에서 높은 평가를 받아 매출액의 향상 효과를 얻을 수 있다.

III. 결론

UNECE WP.29 국제 차량 사이버 보안 법규가 제정되면서 완성차 업체와 대형 부품사들은 보안 인력 및 자본을 투자하여 새로운 차량 보안 법규에 대응하고 있다. 완성차 업체와 대형 부품사는 차량에 대한 사이버 보안 관리 체계를 수립하여 차량의 안전성을 보장하도록 노력하였다. 그 결과 차량 사이버 보안 법규 요구사항을 충족시킬 수 있었으며 제품의 안전성까지 확보할 수 있다.

반면에 국내 중소 부품사들은 자본의 부족으로 인해 완성차 업체 및 대형 부품사들보다 보안에 대한 투자, 인력이 부족한 상황이며 이로 인해 보안 법규의 대응 부족 및 보안 취약성이 발생하게 된다.

따라서 중소 부품사들을 위한 해설 가이드 제작과 무료 보안 세미나 교육을 통해 보안에 대한 부족함을 해소할 수 있고, 다른 동종 업계 기업들보다 자사의 제품 보안 품질 및 신뢰성을 향상할 수 있게 된다.

또한, 중소형 부품사의 발전을 위해 정부의 지원도 필요하다. 정부는 보안 인력 지원금 지급, 보안 기술이 적용된 제품에 대한 세금 감면 등 다양한 혜택을 중소형 부품사에 지원하여 내수 시장 및 해외 시장에서의 성장에 기여해야 한다. 이를 통해 UNECE WP.29 규제를 준수하여 해당 법규가 적용되는 해외 국가들에 제품을 판매할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] UNECE WP.29
<<https://www.unece.org/trans/main/wp29/introduction.html>>, 2020년 10월 접속
- [2] UN Regulations on Cybersecurity and Software Updates to pave the way for mass roll out of connected vehicles
<<http://www.unece.org/?id=54667>>, 2020년 10월 접속
- [3] “자동차 업계, 차량보안 위한 보안인력 찾기 나섰다”,<<https://www.boannews.com/media/view.asp?idx=90801>>,2020년 10월 접속
- [4] “이타스코리아-삼정KPMG, 자동차 보안 사업 강화 위해 손잡는다.”, <헬로티>,<http://www.hellot.net/new_hellot/magazine/magazine_read.html?code=201&sub=004&idx=54798>, 2020년 10월 접속
- [4] NIST, “Announcing the Advanced Encryption Standard(AES),”FIPS PUB ZZZ, 2001, (<http://www.nist.gov/aes>).
- [5] Daemen, J., and Rijmen, V. “AES Proposal: Rijndael, Version2.,” Submission to NIST, March 1999.

ESS 화재 예방을 위한 BMS 개발 연구

진운선, 이재덕, 김춘경, 배정효

한국전기연구원

요약

본고에서는 최근 발생하고 있는 ESS 화재에 대응하기 위해, ESS(Energy Storage System)에 적용될 BMS를 개발에 관한 것으로, AI 기술을 이용하여 배터리의 SOC(State of Charge)를 정밀하게 예측하여 운용하여, 배터리에 스트레스를 경감시키고, 안전점검항목과 전력관련 정보(GPT, SPD, IMD, PCS 입출력 정보 등)의 정보를 기반으로 하여 배터리 입출력의 양단을 제어함으로써, 배터리의 열폭주를 사전에 차단하여, ESS 화재를 예방하는 방법에 대하여 알아본다.

I. 서론

스마트그리드에서 보다 많은 분산 전원의 연계를 위해 ESS(Energy Storage System, 에너지저장장치)의 중요성은 점점 높아지고 있는 추세이다. 에너지저장장치의 핵심부품인 BMS(Battery Management System, 배터리 관리 시스템)의 해외 시장은 2018년 4조 2,560억 원에서 연평균 성장률 20.3%로 증가하여, 2024년에는 12조 8,896억 원에 이를 것으로 전망되고 있으며, 국내시장은 2018년 1조 543억 원에서 연평균 성장률 26.3%로 증가하여, 2024년에는 4조 3,201억 원에 이를 것으로 전망되고 있어, 시장규모는 시간이 갈수록 커질 것으로 예상된다.

이러한 시점에서 최근 국내 ESS 화재 사건은 관련 산업 확산에 악영향을 끼치고 있다. ESS 설비에서 2017년 8월 전북 고창에서 최초로 발생한 후 2018년 5월부터 이듬해 5월까지 22건의 화재가 잇달아 발생하였다. 이에 정부는 '민관 ESS 화재사고 원인조사 위원회' 결성하고, 6일11일 화재 조사결과를 발표하면서, ESS 설비 화재 사고의 원인으로 배터리 자체

의 결함보다는 보호·운영·관리상의 문제를 지적하였다. 그러나 그 뒤 불과 2개월후 8월30일 충남예산에서 그리고 이어 2개월간 강원 평창, 경북 군위, 경남 하동, 경남 김해 등 4곳에서 잇달아 화재가 발생했다. 정부는 추가 화재의 원인을 조사하기 위해 지난해 10월 17일 전기, 배터리, 소방분야와 국회 등 전문가 20명으로 구성된 'ESS 화재사고 조사단'을 구성했다. 조사결과, 배터리 이상을 화재의 주된 요인으로 지적하면서, 사전 안전점검항목을 추가하고, 충전률을 옥내 80%, 옥외 90%로 의무화하기로 하는 등 안전기준을 강화하였다, 그러나 지난 5월에도 화재가 발생함으로써, 근본적인 대책이 아니었음을 반영하였다고 본다. 따라서, 본고에서는 안전점검항목과 계통정보를 연계하는 BMS 시스템 개발내용에 대하여 검토해보기로 한다.



(그림 1. 배터리 관리 시스템(BMS) 시장규모)

II. 본론

먼저, ESS용 BMS에 대하여 간단히 살펴 본 후, ESS 화재 예방을 위한 안전점검항목과 계통정보를 연계 방법에 대하여 살펴보기로 한다.

일반적으로 BMS는 Master와 Slave 구조로 설계하며, 전체 시스템운용 S/W, Master용 S/W 그리고 Slave 용 S/W로 구성된다. 각각의 S/W의 기능은 아래와 같다.

<운용 프로그램의 기능>

- Master data display 기능
- Master setting 기능
- Master 제어 및 설정 기능
- Slave data(셀별 온도, SOC, 전압) display 기능
- Slave setting(셀별 초기SOC, 전압, 용량) 기능
- Master Data 실시간 graph-display 및 저장 기능
- 강제 SOC 초기화 명령 기능
- TCP/IP 설정 기능

<Master 프로그램 기능>

- Main processor 초기화 기능
- 각종 DIO 및 스위치 제어 기능
- TCP/IP 통신 제어 기능
- RS-232 및 CAN 통신 제어 기능
- ADC 제어 및 전류/전압 측정 기능
- 그 외 HAL(Hardware Abstract Layer) 라이브러리

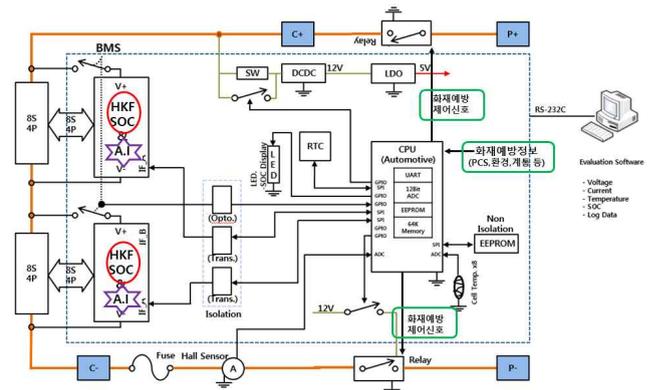
<Slave 프로그램 기능>

- Main processor 초기화 기능
- 각종 DIO/LED/스위치 제어 기능
- RS-232 및 CAN 통신 제어 기능
- ADC 제어 및 전류/전압/온도 측정 기능
- 모듈 전체 전압 자동 측정 기능
- 강제 SOC 초기화 기능
- Battery AC/DC IR 측정 기능
- Battery Ref IR 측정 기능
- SOH용 AC Impedance 측정 기능
- AC IR 값을 이용한 수명 예측기능
- Soft Adaptive Cell Balancing 기능
- 비상 대체 회로 전환 기능
- 단위 cell 충전 기능

- 셀밸런싱용 함수 선택 기능
- 그 외 HAL(Hardware Abstract Layer) 라이브러리
- 타이머, SPI, Clock control, GPIO 제어 등

본고에서는 일반적인 BMS 기능에 (그림 2)와 같이 배터리 잔량(SOC, State of Charge)를 정밀하게 예측하는 AI(인공지능)기반 예측기술을 이용하여 배터리의 스트레스를 경감시키고, 안전점검항목(GPT, SPD, IMD 등)그리고 계통운용 정보(PCS 입출력 정보 등)를 모니터링하여 이상시 배터리 입출력을 OFF 함으로써, 배터리에 스트레스를 경감시키고 중국에는 ESS 화재를 예방하는 시스템을 개발중에 있다.

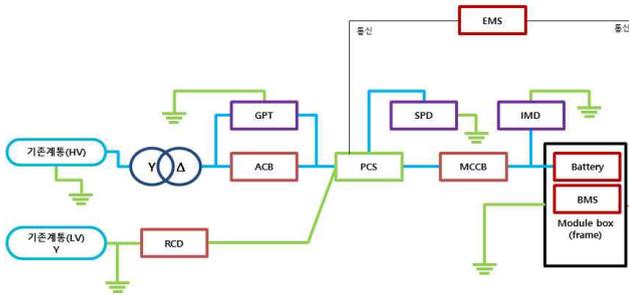
참고로 <표1>은 안전점검항목 및 설치방법에 대한 것이며, (그리3)은 안전점검항목의 설치 위치를 알 수 있는 개념도이다.



(그림 2. ESS 화재 예방을 위한 BMS 개발 개념도)

<표1. 안전점검항목 및 설치방법>

순서	대상	역할	구 성	설치방법	비고
1	전원	기존계통구성	저압(Y 결선)	저압설비로 전력 변환 없음	현
			고압(Δ 결선)	대용량 ESS로 전력변환	현
2	GPT	지락검출차단	Δ 결선 보호 Tr type	비접지 방식에서의 지락보호	현
3	PCS	전력변환장치	Tr less type	IMD 설치 고려(오동작 검토)	
4	SPD	서지보호장치	계통내부 서지 제거	계통내부 서지를 대지로 방류	
5	IMD	절연감시장치	배터리 지락, 절연감시	절연성능저하로 지락전류검출	
6	Fuse	과전류차단	배터리 과충전 방지	배터리 자체 단락, 과충전 방지	



(BMS와 안전점검항목과의 인터페이스 개념도)

III. 결론

본 개발결과는 배터리의 스트레스를 경감시키는 핵심기술로써, ESS 화재를 예방할 수 있어, 향후 한국전기안전공사가 개발하고 있는 EES 운전상태 실시간 모니터링 플랫폼 개발에 기초자료로 활용될 예정이며, 화재예방용 BMS의 활용도는 ESS 분야 뿐만 아니라 전기자동차 뿐만 아니라 다수개의 이차전지를 사용하는 시스템에 광범위하게 활용하게 될 것이다. 그리고 본 시스템의 운용 데이터는 ESS 안전검사와 연계한 데이터 관리가 가능하게 되어 관련 기술기준의 기초데이터로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1]EPRI Project Manager D. Rastler, “Electricity Energy Storage Technology Options, A White Paper Primer on Applications, Costs, and Benefits,” EPRI, Dec 2010.

[2]D. Di Domenico, Y. Creff, E. Prada, “A review of approaches for the design of Li-ion BMS estimation functions,” IFP, 2011.

[3]Il-Song Kim, “Nonlinear State of Charge Estimator for Hybrid Electric Vehicle Battery,” IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, 2008, VOL. 23, NO. 4.

[4] Junghyo Bae, Baizhiguo, Dae-Gyeong Jang, “The Performance Test of Battery Management System Platform”, ISGC, 2015

[5] Junghyo Bae, Baizhiguo, BongJun Koo, Hong Ryoung Kim, Dae-Gyeong Jang, “Battery Management System by using CAN Communication based on DSP Platform”,

ICUFM, 2013

[6] K. M. Park, J. H. Kim, J. Y. Park and S. B. Bang, “A Study on the Fire Risk of ESS through Fire Status and Field Investigation”, Fire Science and Engineering, Vol. 32, No. 6(2018).

[7] National Fire Agency 119, “National Fire Data System”<https://www.nfds.go.kr/> (2017–2019).

[8] S. K. Shin, H. B. Park and J. H. Choi, “A Study on Actual Survey and Establishment of Related Standards for Responding to ESS Fire”, Proceedings of 2018 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, (2018).

[9] H. S. Kim and S. Y. Kim, “A Basic Study on the Prevention and Response of ESS Fire”, Proceedings of 2018 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, (2018).

[10] UL 9540A, “Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems”(2016).

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 지원을 통해 수행한 안전강화를 위한 EES 운전상태 실시간 모니터링 플랫폼 개발 및 운전실증 사업의 프로젝트 결과물입니다.
(No. 20209810300090)

열화상 카메라의 영상 출력을 위한 디바이스 드라이버 설계

Design of Device Driver for Thermal Image Display

김민환, 이혜주, 정해준, 노승환

공주대학교 정보통신공학부

Min-Hwan Kim, Hye-Ju Lee, Hae-Jun Jung, Soong-Hwan Ro

Kongju National University

요약

야간에 차량의 자율주행이 가능하기 위해서는 열화상 카메라가 차량에 설치되어야 한다. 본 논문에서는 영상처리가 가능한 SBC(Single Board Computer)를 HDMI로 영상을 출력하는 열화상 카메라 모듈에 연결하기 위한 HDMI-to-MIPI 브리지의 디바이스 드라이버를 개발하였다. 차량에 설치 가능한 열화상 카메라 시스템을 구성하고, 드라이버를 실행시킨 결과 적외선 영상이 정상적으로 출력되는 것을 확인하였다. 본 논문에서 개발된 카메라 시스템과 디바이스 드라이버와 이 후에 개발될 딥러닝에 의한 야간 적외선 영상을 이용한 객체 인식 알고리즘은 차량의 야간 자율주행에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

In order for the vehicle to drive autonomously at night, the vehicle must be equipped with a thermal imaging camera. In this paper, we developed an HDMI-MIPI bridge device driver that connects an SBC (Single Board Computer) capable of image processing to a thermal imaging camera module that outputs images through HDMI. After configuring a thermal imaging camera system that can be mounted on a vehicle and driving the driver, it was confirmed that infrared images were output normally. The camera system and device driver developed in this paper and the object recognition algorithm using night infrared images by deep learning to be developed in the future are expected to be utilized for autonomous driving at night.

I. Introduction

자율주행 자동차는 전방의 객체를 인식하기 위해 카메라, 레이더, 라이다, 다양한 센서의 기술을 융합하여 인식 시스템을 구축한다^[1]. 최근에 자율주행 시스템의 발전이 빠르게 진행되고 있지만 인지 단계에서의 오류로 인해 사고를 발생시키기도 한다. 특히, 조도가 낮은 야간에는 전방의 객체를 인식하는데 많은 어려움이 따른다. 따라서 야간 자율주행에서 열화상 카메라를 활용하여 객체를 인식함으로써 성능을 높일 수 있다. 그러나 영상 인식을 위한 시스템은 대량의 연산을 처리해야 하기 때문에 일반적으로 GPU가 포함된 컴퓨터에서 처리를 하지만 차량 내부에 컴퓨터 시스템을 구축하는 것은 불가능하다. 따라서 인공지능 프로세서를 포함하고, 딥러닝 연산에 최적화된 SBC(Single Board Computer)를 이용하여 인식 시스템을 구축하는 것이 필요하다.

또한 기존의 적외선 센서 또는 열화상 카메라의 영상 출력 인터페이스는 Parallel 또는 HDMI를 갖지만, 최근 인공지능 처리를 위한 SBC의 영상입력 인터페이스는 MIPI CSI-2로 되어 있다. 따라서 본 논문에서는 HDMI로 출력되는 열화상 카메라 모듈의 인터페이스를 변환하여 SBC의 MIPI CSI-2로 입력될 수 있도록 HDMI-to-MIPI 브리지를 사용하여, MIPI CSI2 형식으

로 변환된 열화상 영상을 출력하기 위한 디바이스 드라이버 개발을 수행한다^[2].

II. 열화상 카메라 시스템 구조

적외선 센서가 장착된 열화상 카메라는 적외선 영상을 FPGA와 DSP를 통해 실시간으로 처리하여 HDMI로 출력하도록 설계되었다. HDMI로 출력되는 적외선 영상의 해상도는 640x480이고, 화면 주사율은 초당 60 프레임이다.



그림 1. 열화상 카메라의 구조

그러나 영상처리를 위한 SBC 시스템에서는 일반적으로 MIPI CSI2를 통해 영상신호를 입력받는다. 따라서 열화상 카메라의 HDMI 영상 출력을 MIPI CSI2 신호로 변환해줄 브릿지 모듈이 필요하다. HDMI-to-MIPI 브릿지 모듈은 HDMI 규격으로 입력받은 영상신호를 MIPI CSI2 신호로 변환하여 SBC 장치로 출력할 수 있도록 한다.

MIPI CSI2(D-Phy)는 SBC에서 카메라 센서를 제어하기 위한 하나의 I2C신호와 영상 신호를 고속으로 전송하기 위한 여러 쌍의 LVDS(Low Voltage Differential Signal)신호로 구성된다. LVDS신호의 1레인당 속도(주파수)와 레인의 개수는 필요에 따라 기기가 지원하는 한도 내에서 조정할 수 있는데, 해상도가 높지 않은 열화상 카메라의 특성상 높은 대역폭이 필요하지 않기 때문에 SBC와 컨버터 모듈을 연결하는 데이터 레인의 개수는 2개로 구성된다. 또한, HDMI-to-MIPI 브리지를 SBC에서 제어하기 위해 I2C 버스를 SBC에 연결한다.

III. 디바이스 드라이버 개발

본 논문에서 개발하고자 하는 시스템에서는 SBC로 NVIDIA의 Jetson Nano 임베디드 보드를 사용하였으며, HDMI-to-MIPI를 위한 브릿지 모듈로 TC358743을 사용하였다. Jetson Nano는 NVIDIA에서 Tegra SoC를 기반으로 개발하였고, 따라서 L4T(Linux for Tegra)라는 리눅스 기반의 운영체제를 개발하여 제공하고 있다.

브리지 모듈에서 HDMI로 입력되는 영상신호를 MIPI CSI2 형식으로 변환하기 위해서는 해당 운영체제에 적합한 디바이스 드라이버 개발해야 한다. 그림 2는 디바이스 드라이버의 구조적 흐름을 나타낸 것이다.

1) I2C 클라이언트 디바이스 등록

HDMI to MIPI 변환 칩인 TC358743은 Jetson Nano의 I2C 어댑터에 연결하여 제어된다^[3]. 이를 위해 디바이스 트리를 파싱하여 I2C 클라이언트 디바이스(TC358743)을 등록한다. 또한, 디바이스 드라이버는 디바이스 트리가 해당 드라이버와 매칭될 수 있도록 구현해야 한다. `module_i2c_driver()`는 커널에서 제공하는 I2C 드라이버 등록을 위한 API이며, `struct i2c_driver`에서 정의한 구조체를 인자로 넘겨준다.

2) 디바이스 드라이버 정의

I2C 드라이버 등록을 위해서 디바이스 드라이버의 정보를 정의해야 한다. 커널은 `i2c_driver` 구조체를 제공하여 I2C에 연결된 드라이버를 정의할 수 있도록 한다. 해당 구조체는 디바이스 드라이버의 이름, 커널에 삽입/제거 되었을 때 실행되는 함수 등이 정의된다. 디바이스 드라이버가 커널에 삽입되어 실행되면 `probe`에

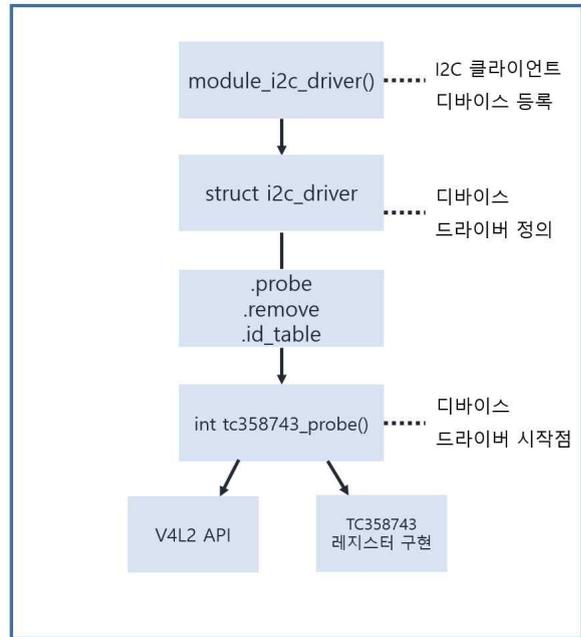


그림 2. TC358743 디바이스 드라이버 구조

정의된 함수가 실행이 된다.

3) V4L2(Video for Linux 2) 드라이버

V4L2 드라이버는 커널에서 제공하는 오디오, 비디오와 관련된 구조체와 API를 제공한다. 하위 장치의 노드를 생성시키고 카메라 모듈이 연결되었을 때 실시간으로 영상을 캡처하여 출력하도록 한다.

V4L2는 `v4l2_subdev` 구조체를 제공하는데 드라이버와 하위 장치(TC358743)의 통신을 위해 사용되고 하위 장치의 데이터를 저장한다.

4) TC358743 레지스터 제어

TC358743의 내부 레지스터는 I2C를 통해 제어된다. 따라서 I2C 메시지를 처리할 함수를 구현해야 하며, 내부 레지스터를 제어하는 기능을 구현하는 함수를 드라이버 내부에 추가한다. 처리된 I2C 메시지는 `i2c_transfer()`을 통해 Read/Write가 실행된다.

HDMI로 출력되는 영상신호를 레인 개수와 속도에 가변성을 가지는 MIPI CSI-2로 전송하기 위해 컨버터 보드에 HDMI로 입력되는 영상 정보를 바탕으로 사용할 데이터 레인과 전송속도를 적절하게 가변해야 한다. Data lane의 숫자는 전송될 데이터의 양에서 한 레인당 전송할 수 있는 최대 속도를 나눈 다음 오버헤드를 고려하여 계산하여야 한다.

한 라인 당 전송할 수 있는 최대 속도는 컨버터 칩에 입력되는 클럭과 PLL 레지스터를 곱해 구할 수 있고^[4], 전송될 데이터의 속도는 해상도와 FPS(Frame Per Second), 그리고 1픽셀 당 데이터의 사이즈(크기)를 곱해서 계산할 수 있다.

열화상카메라는 640×480의 해상도이며, 한 픽셀은 16비트의 데이터를 갖는다. 이러한 크기를 갖는 데이터라 HDMI로 60FPS로 출력되기 때문에 총 데이터량은 843.75Mbps이 된다.

또한 MIPI 각 데이터 레인은 594MHz로 전송이 가능하도록 TC358743의 PLL_PRD 레지스터와 PLL_FBD 레지스터를 제어하였으며, 두 개의 레인을 사용할 때 1,188Mbps로 전송이 가능하도록 하였다.

IV. 결과

TC358743 디바이스 드라이버를 리눅스 커널에 삽입하여 컴파일을 진행하였다. 열화상 카메라 모듈이 연결된 상태에서 디바이스 드라이버가 정상적으로 컴파일되어 /dev 하위 디렉터리에 video0 디바이스 파일이 생성되는 것을 확인하였다.

그림 3은 HDMI 인터페이스로 출력되는 열화상 카메라의 영상 신호를 변환하여 MIPI CSI-2로 Jetson Nano에 입력하여 열화상 영상을 모니터에 출력한 결과이다. 영상 출력을 위해서 멀티미디어를 위한 GStreamer 프레임워크를 사용하여 비디오 버퍼에 저장된 영상 데이터를 출력하였다.



그림 3. TC358743 인터페이스 변환을 통한 열화상 영상 출력

V. 결론

야간에 자동차 자율 주행을 하기 위해서는 적외선 영상을 이용하여 객체를 인식하는 시스템이 차량에 설치

되어야 하며, 이러한 시스템이 차량에 설치가 가능하기 위해서는 SBC에서 적외선 영상을 입력받아 처리할 수 있는 시스템이 개발되어야 한다. 그러나 대부분의 적외선 센서 모듈 또는 적외선 카메라의 출력은 parallel 또는 HDMI이며, SBC의 영상입력은 MIPI CSI2 인터페이스를 갖는다.

본 논문에서는 HDMI 인터페이스를 통해 출력되는 열화상 카메라 모듈을 MIPI CSI-2 인터페이스를 갖는 Jetson Nano에 연결하기 위해 HDMI-to-MIPI 변환 칩인 TC358743를 포함하는 브리지 모듈을 이용하여 카메라 시스템을 구성하였다. 또한 본 논문에서 HDMI로 입력되는 영상을 MIPI CSI2로 변환되기 위해서 TC358743 디바이스 드라이버를 개발을 하였다.

객체 인식이 가능한 열화상 카메라 개발을 위해 GPU 성능이 뛰어난 NVIDIA의 Jetson Nano에 열화상 카메라 모듈을 연결하였다. 이 보드에는 NVIDIA에서 개발한 Tegra가 탑재되어 있으며 이에 최적화된 리눅스 기반의 운영체제를 제공하고 있다. 본 논문에서 개발한 디바이스 드라이버는 해당 운영체제의 커널에 포함시켜 컴파일을 하였다.

드라이버를 커널에 포함시켜 카메라를 동작시킨 결과 적외선 카메라 모듈에서 출력되는 영상이 Jetson Nano SBC,에서 정상적으로 출력되는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 개발된 임베디드 열화상 카메라 시스템은 향후 차량의 야간 자율주행에 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 향후 딥러닝을 이용한 야간 영상 인식 알고리즘이 개발될 예정이다.

REFERENCES

- [1] 한주찬, 구본철, 최경주, “자율주행차를 위한 장애물 탐지 및 인식 시스템”, 융합정보논문지, 제 7권 제 6호, 229-235(7 pages), 2017
- [2] 강주형, 김제우, “4K 플랫폼 인제스트 시스템을 위한 영상처리 장치의 디바이스 드라이버 아키텍처”, 한국방송미디어공학회 학술발표대회 논문집, ,54-55(2 pages), 2015.07
- [3] 장원영, “DTV에 내장된 리눅스의 I2C Device Driver 제작”, 한국정보과학회 학술발표논문집, 112-114(3 pages), 2004.04
- [4] TOSHIBA, "TC358743XBG Functional Specification", Rev.0.61

적응 형성기를 가진 MIMO-OFDMA 시스템을 위한 전력제어 기법

김찬규

한밭대학교

ckkim@hanbat.ac.kr

Power controlling algorithm for MIMO-OFDMA with adaptive beamformer

Chan Kyu Kim

Hanbat Univ.

요약

본 논문은 본 논문에서는 MIMO(Multi-Input Multi-Out)-OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access)시스템의 성능 개선을 위하여 전력제어와 적응 빔 형성 기법을 결합하는 방식을 제안한다. 제안된 방식은 각 부반송파 별로 전력을 할당하여 송신전력을 제어하는 과정과 기지국의 빔형성 계수의 갱신하는 과정이 iterative하게 시간적으로 함께 이루어 수렴하게 되어서 원하는 방향으로 빔이 형성되고 각 부반송파에서 원하는 SNIR 값을 갖게 되어 성능개선 효과를 얻을 수 있다. 적응 빔 형성기와 전력 제어기법이 결합된 MIMO-OFDMA 시스템의 성능 개선 효과의 실험을 통하여 확인한다.

키워드 : MIMO, OFDMA, power control, beamforming

I. 서론

OFDMA 방식은 다중 사용자가 무선접속 시 무선 채널 환경에 따라 부반송파의 셋트에 High-order 변조 방식을 사용할 수 있어 자원할당의 융통성 및 고효율의 데이터 전송을 할 수 있다[1][2]. 그러나 다중경로와 같은 간섭 등에 의해서 부분적인 부반송파의 성능 저하에 따른 전체 OFDMA 시스템의 성능 열화가 생긴다[3][4]. 이를 극복하기 위하여 본 논문에서는 MIMO-OFDMA 시스템을 위한 전력제어와 적응 빔 형성기법이 결합 되는 방식을 제안한다. 제안된 방식은 단말기의 각 부반송파 별로 전력을 할당하여 송신전력을 제어하는 과정과 기지국의 빔형성 계수의 갱신하는 과정이 iterative하게 시간적으로 동시에 함께 이루어 수렴하게 되어서 원하는 방향으로 빔이 형성되고 기지국에 수신된 신호의 각 부반송파에서 원하는 SNIR 값을 갖게 되어 성능개선 효과를 얻을 수 있다. 제안된 방식을 MIMO-OFDMA 시스템에 적용할 때 시스템의 성능개선 효과를 모의 실험을 통하여 확인하고 분석한다.

II. 본론

MIMO-OFDMA 시스템을 위한 전력제어 기법은 채널 상태와 간섭 신호를 기반으로 OFDMA의 각 부반송파의 전력을 할당하여 전송전력을 제어하는 방식이다. 이를 위해서 m번째 사용자의 0번째 부반송파에서 $SNIR_m^0$ 은 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$SNIR_m^0(n) = \frac{S_m^0(n)}{I_{m,0}(n) + N_t(n)}$$

여기서

$$S_m^0(n) = \left| \alpha_{00}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{10}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{01}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{11}^{m,0} \right|^2 P_m^0(n)$$

$$N_t = \left| \alpha_{00}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{10}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{01}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{11}^{m,0} \right|^2 N_0$$

$\alpha_{ij}^{m,0}$ 는 배열 응답 상수 이고

$$I_{m,0}(n) = \sum_{m=1}^{M-1} \left(\left| \zeta_0^{m,0} \right|^2 P_m^0(n) + \left| \zeta_1^{m,0} \right|^2 P_m^1(n) \right)$$

또한

$$\zeta_0^{m,0} = \alpha_{00}^{0*0} \alpha_{00}^{m,0} + \alpha_{10}^{0,0} \alpha_{10}^{m,0} + \alpha_{01}^{0*0} \alpha_{01}^{m,0} + \alpha_{11}^{0,0} \alpha_{11}^{m,0}$$

$$\zeta_1^{m,0} = \alpha_{00}^{0*0} \alpha_{10}^{m,0} + \alpha_{01}^{0,0} \alpha_{11}^{m,0} + \alpha_{10}^{0*0} \alpha_{00}^{m,0} + \alpha_{11}^{0,0} \alpha_{01}^{m,0}$$

피드백 되는 CSI정보를 이용해서 원하는 $SNIR_{target}$ 을 얻기 위해서 m 번째 사용자의 i번째 부반송파 별로 전력이 할당되어 갱신되는 전송전력을 위한 수식은 다음과 같이 표현된다.

$$P_m^i(n+1) = \frac{SNIR_{target}}{\left| \alpha_{00}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{10}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{01}^{m,0} \right|^2 + \left| \alpha_{11}^{m,0} \right|^2} I_i(n)$$

$$I_i(n) = I_{m,2i}(n) + N_t(n) = I_{m,2i}(n) + I_{m,2i+1}(n) + N_t(n)$$

$$I_{m,2i}(n) = \sum_{m=1}^{M-1} \left(\left| \zeta_0^{m,2i} \right|^2 P_m^{2i}(n) + \left| \zeta_1^{m,2i} \right|^2 P_m^{2i+1}(n) \right)$$

$$I_{m,2i+1}(n) = \sum_{m=1}^{M-1} \left(\left| \zeta_0^{m,2i+1} \right|^2 P_m^{2i+1}(n) + \left| \zeta_1^{m,2i+1} \right|^2 P_m^{2i}(n) \right)$$

$$i = 0, 1, 2, \dots$$

각 부반송파 별로 전력을 할당하여 송신전력을 갱신하는 과정과 빔형성기 계수를 갱신하는 과정이 함께 이루어지므로 적응 빔형성기를 가진 MIMO-OFDMA 시스템을 위해서 송신전력을 제어와 빔형성기계수 갱신 과정은 다음과 같이 요약 할 수 있다.

① 빔형성기 계수는 아래 식에서 주어진 것처럼 갱신되어 최적의 값이 된다.

$$\mathbf{W}_0(n+1) = \mathbf{W}_0(n) + 2\mu \mathbf{V}(n) \mathbf{F}^H (\mathbf{Y}_m^{p0} - \tilde{\mathbf{Y}}^{p0}(n))$$

$$W_1(n+1) = W_1(n) + 2\mu V(n) F^H (Y_m^{p1} - \hat{Y}^{p1}(n))$$

- ② 단말기의 각 부 반송파 별로 전력을 할당하여 송신전력을 결정하기 위해 사용되는 CSI를 계산하여 기지국에서 단말기로 피드백 된다.
- ③ 단말기에서는 피드백 된 CSI정보와 다음 식을 이용하여 각 부반송파 별로 전력을 할당하여 송신되는 전력을 조정한다.

$$P_m^i(n+1) = \frac{SNIR_{target}}{\left| \alpha_{00}^m \right|^2 + \left| \alpha_{10}^m \right|^2 + \left| \alpha_{01}^m \right|^2 + \left| \alpha_{11}^m \right|^2} I_{ti}(n)$$

$P_m^i(n+1) > P_{max}$ 이면 $P_m^i(n+1) = P_{max}$ 로 하여 전력을 조정한다.

- ④ 기지국에서 수신된 SNIR이 목표 값으로 수렴될 때까지 위 과정을 반복한다.

III. 모의 실험

다중 사용자 환경에서 전력제어와 빔형성기법이 결합된 MIMO-OFDMA 시스템의 성능을 모의실험을 통하여 평가한다. (그림. 1)에서 빔형성계수가 최적화 되었을 때 빔 패턴을 각각 보여준다. (그림 2)에서 수신기의 각 부반송파에서 SNIR를 보여준다. 전력제어와 빔형성기법이 결합된 방식에 의해서 각 부반송파에서 원하는 목표 값() 되었다. (그림 3)에서 수신된 안테나 수에 따른 적응 빔 형성기법과 결합된 전력제어를 가진 MIMO-OFDMA의 오류율의 변화과정을 보여준다. 이 그림으로부터 전력제어 기법을 가진 시스템의 비트 오류율이 크게 향상됨을 알 수 있다. 이것은 전력제어를 통해서 왜곡된 부반송파를 보상해 주어서 비트 오류율이 감소되어 전체적인 MIMO-OFDMA 시스템의 오류율이 크게 향상되었기 때문이다.

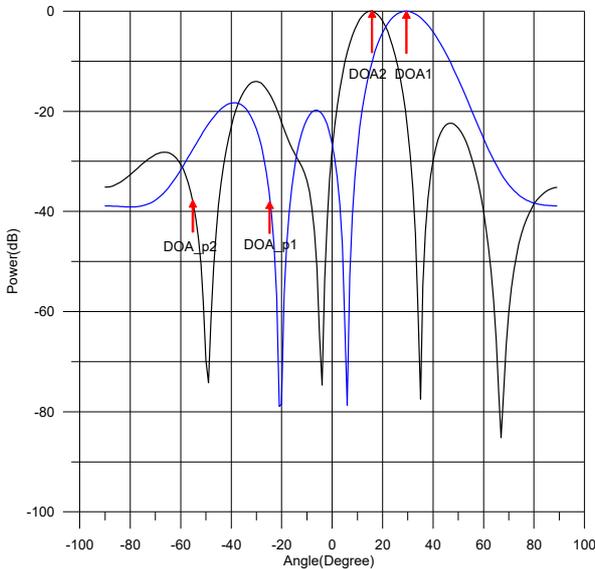


그림 1. 적응 빔 형성기법을 가진 MIMO-OFDMA시스템의 빔 패턴

IV. 결론

본 논문에서는 다중 사용자 환경의 MIMO-OFDMA시스템에서 간섭과 깊은 페이딩으로 부분적인 반송파에 의한 성능열화가 일어나는 것을 보상하기 위해서 MIMO-OFDMA시스템을 위한 적응 빔 형성기법과 결합된 전력제어 기법을 제안하였다. 모의 실험을 수행한 결과, 원하는 사용자에 빔이 형성되었고 각 부반송파 별로 SNIR이 원하는 값으로 수렴하여 성능이 크게 향상됨을 확인하였다.

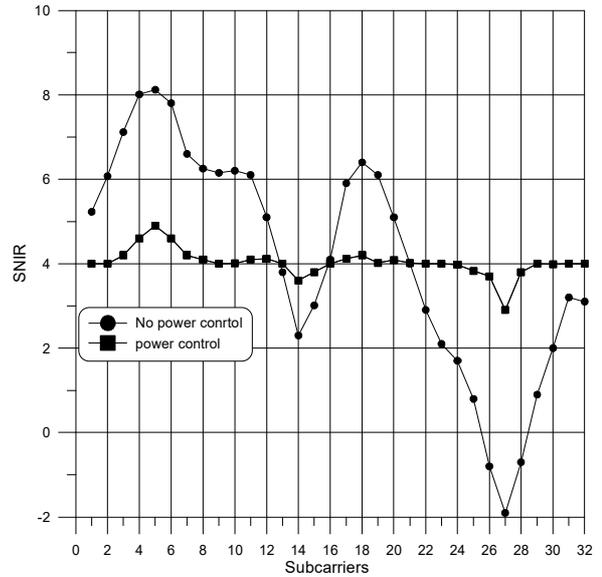


그림 2. 수신된 각 부반송파에서의 SNIR

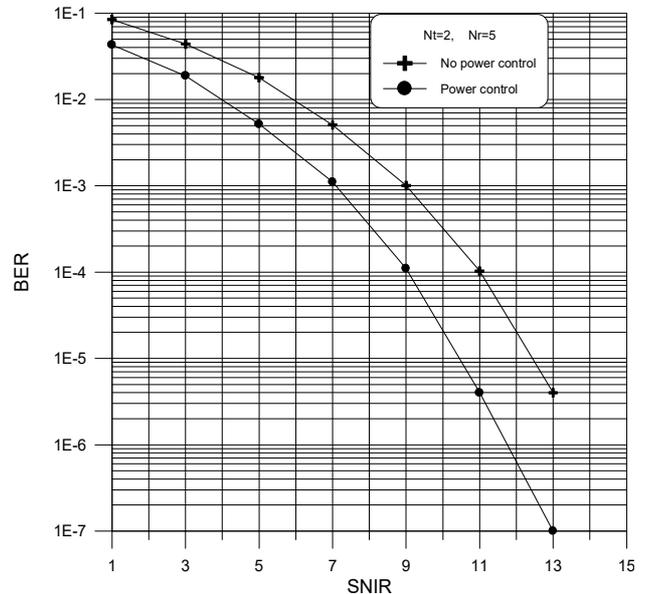


그림 3. MIMO-OFDMA시스템에서 전력제어가 있을 경우와 없을 경우 성능 비교

참고 문헌

- [1] K. K. Cheung, S. Yang, L. Hanzo, "Joint transmit and receive beamforming for multi-relay MIMO-OFDMA cellular networks," ICC2016, pp 1~6, 2016
- [2] A. Benjebbour, A. Li, K. Saito, T. Nakamura, etc. "NOMA: From concept to standardization," CSCN2015, pp. 18~23, 2015
- [3] Y.P Letaief and Z. Cao, "Dynamic resource allocation with beamforming for MIMO/OFDM systems under perfect and imperfect CSI", WCNC, vol. 1, pp. 93-97, March, 2004.
- [4] H. Sheng-Wei and K. Chi Chung, "Multiple-access interference suppression for interleaved OFDMA system uplink," IEEE Tran. On vehicular technology, Vo. 57, No. 1, pp. 194-205, January 2008.

AI기반 지능형 물류 통합 관리 플랫폼 구축에 관한 연구

황옥철, 김은*

(주)덱스, *경남대학교

hawk713@deps.kr, *sil7777@kyungnam.ac.kr

A Study on the Establishment of AI-Based Intelligent Logistics Integrated Management Platform

Uk Cheol Hwang, Eun Kim*

Deps co.,Ltd., *Kyungnam Univ.

요약

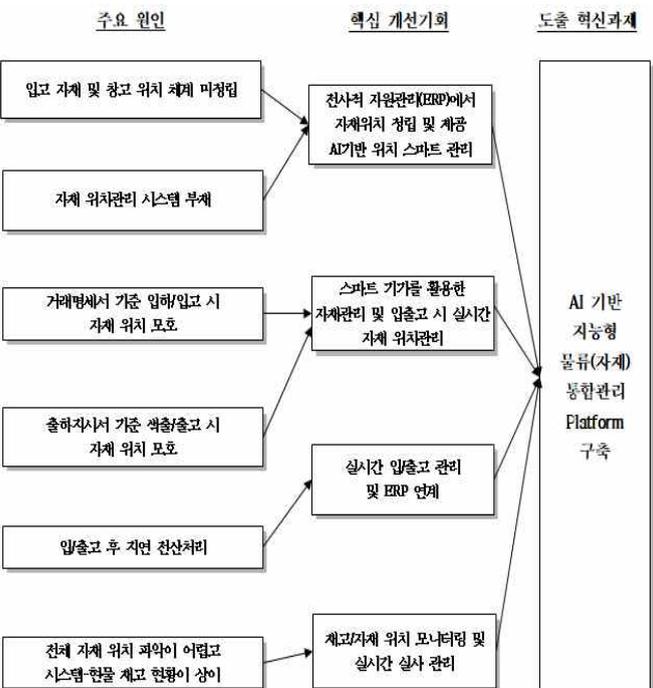
본 논문은 방대한 자재관리와 효율적인 창고 관리 체계 구축으로 스마트 조선 기술경쟁력 확보를 위한, AI기반 지능형 물류 통합관리 플랫폼에 관한 연구로서, 시각화된 위치별 재고현황을 통하여 실시간 모니터링을 수행하는 물론, 이를 통하여 AI기반 위치추천 기능으로서 입고물 적치를 효율적이고 빠르게 가능하다. 이때, 실시간 입고처리 및 출고처리, 재고처리를 위한 기준 Data 체계 정립 및 DB 구축, 시각화에 관한 연구를 수행하였으며, 향후 조선, 플랜트, 제조 환경에 최적화된 확장 가능한 공통 플랫폼 형태로 연구개발 및 적용할 것이다.

I. 서론

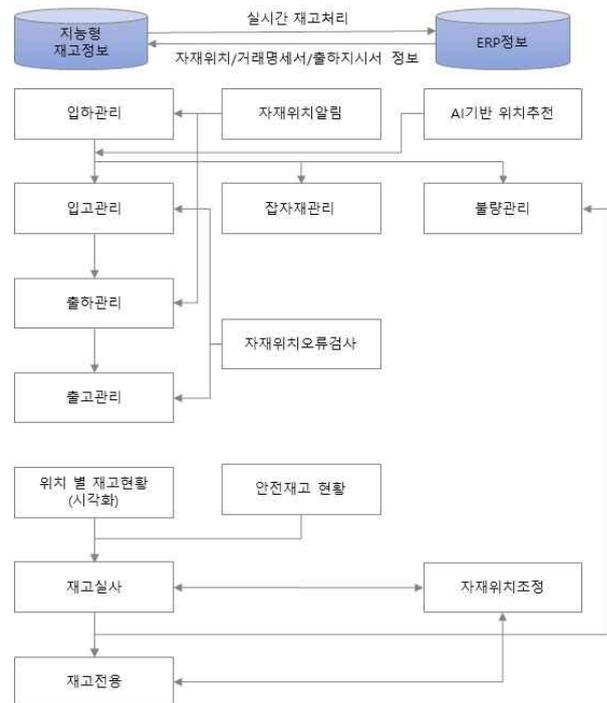
본 논문에서는 국내 조선 산업 시장 불황이 지속되는 가운데, 해당 산업의 원가 절감 대책 및 기술 경쟁력을 확보할 수 있는 실질적인 기술을 개발하기 위한 연구를 진행한다. 이때, 인공지능(AI)을 이용한 스마트 물류창고와 국내 대형 조선사들의 AI기반 스마트조선 구축 사업이 활성화되고 있다[1]. 하지만 여전히 실시간 재고관리시스템의 부재, 생산 작업지에 의한 출고 작업지시, 전산상 입고정보(수량)등을 기반으로 물류창고에서 자재 입고 담당자를 통해서, 자재의 위치를 파악하여 출고하는 등 비효율적으로 운영되고 있다.

II. 본론

본 논문에서는 인공지능(AI)을 이용한 스마트 물류창고와 재고 관리를 효율적으로 수행할 수 있는 플랫폼을 구축하기 위한 연구를 수행한다. 이때, 관리의 어려움 및 문제점을 분석하고, 핵심적 개선사항과 방향을 수립하였다.



(그림.1) 지능형 물류 통합관리 플랫폼 구축의 핵심 개선 사항



(그림.2) 지능형 물류 통합관리 Platform 운영 Process

위 그림2와 같이, 지능형 물류 통합관리 프로세스를 설계하였으며, 각 프로세스는 수요처에 최적화할 수 있으며 확장 가능한 플렉서블 플랫폼



[그림.3] 실시간 모니터링 시각화 화면(시안)

형태로 개발할 수 있도록 설계하였다.

○ 주요 개발 내용

- **기준 DATA 체계 정립 및 DB 구축**
 - 표준/비표준 품목별 자재위치 분류
 - 호선, 작업지시별 기준 Data 정립
 - 창고 로케이션/지번/Rack 관리
 - Spare Part/Accessory 자재 관리
- **AI 기반의 스마트 입고 관리 시스템 개발**
 - 자재 입고 검사 및 태깅 관리
 - AI기반 적치 위치 추천 기능 개발
 - 실시간 입고처리 프로그램
- **실시간 출고 관리 시스템 개발**
 - 작업 지시서 기반 출고 관리
 - 출고 자재 위치 알림 기능
- **시각화를 통한 자재관리 시스템 개발**
 - ERP 연동 I/F 개발
 - 자재 이동/불량 관리
 - 재고 실사 기능
 - 실시간 재고 모니터링 시스템
 - 현장용 패넬 시각화
 - 스마트폰용 간소화 모니터링 I/F

관리 시스템 데이터 기반 시각화, 인공지능기반 적치 추천 알고리즘 등 인공지능 및 빅데이터 분야에 대하여 핵심적인 기술 개발을 수행할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 과학기술정보통신부, 정보통신산업진흥원 SW융합클러스터 2.0 사업의 지원을 받아 수행된 연구 결과임(S0312-20-1002)

참 고 문 헌

[1] 한국은행 경남본부, “조선업 전망 및 향후 발전 전략”, 02.2019.
 [2] 심규열, 이현기, 김우현, “통합물류정보시스템의 활용이 물류성과에 미치는 영향에 관한 연구”, Journal of Global Academy of Marketing Science, vol.8, 2001.
 [2] 구도형, 윤수형, 진상윤, “RFID 기반의 건설 물류 및 진도관리 통합체계를 위한 공중별 적용전략 의사결정 모델”, 한국건설관리학회논문집 제 10권, 제1호, pp.3-15, 2009.

III. 결론

본 논문에서는 인공지능(AI)기반 지능형 물류 통합 관리 플랫폼 구축을 목표로, 현재의 문제점 분석과, 핵심 개선사항 등에 대하여 설계하였다. 또한 통합 관리 플랫폼의 운영 프로세스 및 모니터링 시스템을 설계하였다. 해당 설계를 기반으로 세부적 기술개발이 이루어 질 것이며, 이때, 통합

자율주행 셔틀버스 차량 내 디스플레이 콘텐츠 조작을 위한 다수 사용자 인터랙션 도구 개발 및 구현

김민준, 채승훈, 이동현, 문연국

한국전자기술연구원

{mjoon, shchae, donghyun2, ykmoon}@keti.re.kr

Development and Implementation of Multi-user Interaction Tools for Manipulating the Display Contents of Autonomous Shuttle-bus

Minjoon Kim, Sunghun Chae, Donghyun Lee, Yeonkug Moon

Korea Electronics Technology Institute

요약

본 논문은 최근 많은 발전이 이루어지고 있는 자율주행 셔틀버스 차량 내에서 디스플레이 되는 콘텐츠를 다수 사용자가 원활히 조작할 수 있도록 상용 센서들을 기반으로 인터랙션 도구를 개발하였다. 개발된 인터랙션 시스템은 사용자가 창문, 즉 디스플레이와 4m이내에서 터치, 제스처, 동작, 시선, 음성의 5종 인터랙션 방식을 통해 자유롭게 콘텐츠를 조작할 수 있도록, 센서 처리 및 융합 기술이 적용되었다. 또한, Unity 엔진을 활용해 상용 센서를 통해 5종 인터랙션 시스템의 프로토타입을 구성하고 이를 실험 및 검증하였다. 개발한 인터랙션 시스템은 일반적인 셔틀버스 차량 공간인 4m 이내에서, 사용자가 5종 인터랙션을 자유롭게 활용할 수 있음을 확인하였다.

I. 서론

최근 자율주행 기술의 발전과 투명 OLED의 상용화로 인해 투명 디스플레이를 차량에 적용하여 탑승객에게 다양한 콘텐츠를 제공하고자 하는 시도가 많아지고 있다[1]. 특히, 다수를 대상으로 한 공용 버스나 기차에서 창문 대신 투명 디스플레이를 적용하여 다양한 목적에 따른 콘텐츠를 제공하는 형태를 차세대 셔틀버스의 방향으로 소개하고 있다 [2]. 이러한 차세대 셔틀버스에서는 디스플레이를 통해 다수 사용자에게 인포메이션, 네비게이션, 디지털 사이니지, AR/VR 등의 콘텐츠를 제공하고, 사용자는 이를 조작하여 마치 차량 전체가 스마트폰이 된 것처럼 활용한다 [3].

기존의 차량 내 사용자 인터랙션 기술은 카메라 및 적외선 센서 등을 활용해 높은 수준의 연구가 진행되고 있으며, 상용 차량에도 적용될 만큼 안정적으로 개발되어 적용되고 있다 [4-5]. 하지만, 기존 인터랙션은 승용차, 즉 운전석의 운전자 인터랙션에만 초점을 두고 있어 약 1m 내에서 제공되는 제한적인 인터랙션 기술들만이 적용되어 있다 [6]. 셔틀버스의 구조상 창문과 운전자의 공간적 거리는 최대 2m에서 4m까지 늘어난다. 즉, 기존 인터랙션의 가장 중심이던 터치와 같은 직접 인터랙션이 불가하고, 카메라 등을 활용한 간접 센싱 방식이 중요해진다. 이러한 간접 센싱은 직접 센싱보다 복잡한 신호 처리가 필요하며, 공간이 넓어진 만큼 다양한 거리 및 상황에 따라 적응적으로 반응하도록 지능적으로 구현되어야 사용자에게 원활한 활용성을 제공할 수 있다 [7].

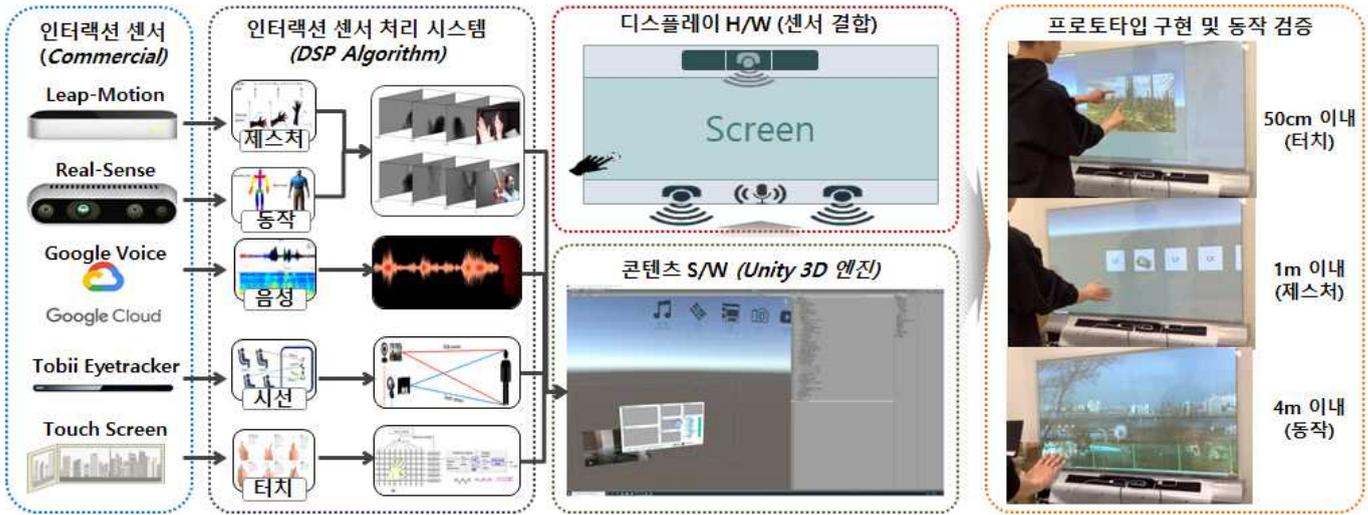
따라서, 본 논문에서는 그림 1과 같이 셔틀버스 차량의 공간 구조에 맞는 다수 사용자 인터랙션 환경을 구상하고, 이를 구현하기 위해 터치, 제스처, 동작, 시선, 음성의 5종 인터랙션 방식을 선정하였으며, 이를 실험하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어의 프로토타입 구현을 통해 그 활용성을 검증하였다.



< 그림 1. 셔틀버스 차량 내 다수 사용자 인터랙션 환경 >

II. 본론

본 논문에서는 그림 2와 같이 인터랙션 센서 및 처리 시스템을 개발하고, 이를 디스플레이 H/W 및 콘텐츠 S/W 프로토타입을 통해 구현 및 검증한 결과에 대해 소개한다. 먼저, 셔틀버스 차량 공간인 4m 내에서의 디스플레이를 향한 사용자의 원활한 콘텐츠 조작을 위해 디스플레이와 거리에 따라 5종 인터랙션 방식을 구분하여 선정하였다. 50cm 내에서는 사용성과 정확도가 가장 높은 터치 방식을 제공하기 위해 터치 센서를 적용하였으며, 1m 내에서는 손 움직임인 제스처를 통한 인터랙션을 제공하기 위해 적외선 센서인 Leap-motion 센서를 적용하였다. 4m 내에서는 보다 큰 동작인 팔 움직임을 통해 인터랙션을 제공하기 위해 depth 카메라인 Real-sense 제품을 활용하였다. 또한, 상시 동작하는 마이크를 통해 음성을 통해 콘텐츠를 조작할 수 있도록, 상용 API를 활용한 음성 인식을 적용하였고, Tobii eyetracker를 통해 시선 인식을 상시 적용하였다.



< 그림 2. 차량 내 콘텐츠 조작을 위한 5종 인터랙션 시스템 프로토타입 구현 및 동작 검증 >

각 센서로부터 획득한 정보는 인터랙션 센서 처리 시스템을 통해 콘텐츠 조작에 필요한 메타 데이터, 즉 사용자 지시를 판단하도록 개발하였으며 이는 콘텐츠 S/W를 개발한 Unity 3D 엔진에 함께 적용하여 콘텐츠 프로토타입을 구성하였다. 터치 경우 최대 20개 손가락 인식을 통해 일반적인 모바일 폰과 유사한 지시 세트를 구성하였다. 제스처와 동작의 경우 손 움직임 및 팔 움직임을 추적하여, 방향 및 속도 값을 근거로 각각 1m 및 4m 이내 사용자에게, 상/하/좌/우/클릭/취소 의 6가지 세트를 구성하였다. 각 거리에서 개발한 인터랙션 시스템은 콘텐츠 조작에 있어 원활하게 동작함을 확인하였으며, 그림 2에 각 거리에 따른 동작 검증 결과를 함께 표시하였다.

서틀버스 내 다수 사용자 탑승의 경우, 그림 3과 같이 거리 및 사용자수에 따라 인터랙션 도구를 변형하는 시나리오 설계를 진행하였다. 프로토타입인 약 55인치 디스플레이를 기준으로 최대 3명까지 지원할 수 있도록 구성하였으며, 거리에 따라 적절한 인터랙션 방식을 제공하도록 설계하였다. 그 이상인 군집 사용자 환경에 대해서는 인터랙션의 활용성이 떨어져 AR, VR등의 단계 몰입형 콘텐츠를 제공하도록 설계하는 것이 필요하다고 판단되었다.

III. 결론

본 논문에서는 최근 연구가 활발히 진행되고 있는 자율주행 셔틀버스 차량 내에서, 다수 사용자가 디스플레이의 콘텐츠를 원활히 조작할 수 있도록 다수 사용자 인터랙션 시스템을 개발하고 프로토타입을 구현하여 동작을 검증하였다. 개발된 인터랙션 시스템은 사용자와 창문의 거리에 따라 터치, 제스처, 동작, 시선, 음성의 5종 인터랙션 방식을 자유롭게 제공하여, 사용자가 콘텐츠를 원활하게 조작할 수 있도록 구현되었다. 디스플레이 H/W 및 콘텐츠 S/W 프로토타입을 구현하여, 상용 센서 기반으로 실제 사용자가 인터랙션하는 환경을 구축해보았으며 이를 검증하였다. 또한, 다수 사용자 대한 인터랙션 시나리오를 설계하여 구현하였다. 실험 결과, 일반적인 셔틀버스 크기는 4m 이내에서 모든 공간에서 사용자가 원활하게 콘텐츠를 조작할 수 있는 플랫폼이 구현되었음을 확인하였다.

사 사 문 구

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2020년도 문화기술연구개발 지원사업(R2020040058)으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김문식 외, “자율주행 셔틀 및 서비스 개발 동향”, 오토저널, Vol. 42, No. 4, pp. 32-37, 2020. 4.
- [2] C. Keller et al., “An Evaluation Approach for a Smart Public Display in Public Transport”, MuC’19 Workshops, Jan. 2019
- [3] 박선홍 외, “자율셔틀 HMI연계 서비스에 관한 연구”, 한국자동차공학회 춘계학술대회, pp. 793-793, 2019. 5.
- [4] D. Wigdor et al., “Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture”, Elsevier, 2011
- [5] 오광명, “실차 주행 연구를 통한 차량별 HMI 특성 분석”, 한국 HCI학회 논문지, Vol. 14, No. 2, pp. 49-60, 2019. 5.
- [6] 김명섭 외, “대면적 윈드쉴드 형 헤드 업 디스플레이와 차량용 멀티모달 NUI 인터페이스”, 한국HCI학회 학술대회, pp. 501-506, 2019. 2.
- [7] B. Gu et al., “Interaction Characteristics of Autonomous Driving Levels from User Perspective”, Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol. 7, No. 2, pp. 351-359, 2017. 2.

< 그림 3. 셔틀버스 내 다수 사용자 환경 인터랙션 시나리오 >

상황 분류	차량 내부 상황		인터랙션 도구	
	사용자 수	사용자 위치	센서 장치	인터랙션 방식
근접 사용자 환경 1m 이내 ~3 person	Screen	차량 측면 디스플레이	Touch Screen Leap-motion MIC	터치 제스처 음성
비근접 사용자 환경 1~4m ~3 person	Screen	차량 전방/후방/중앙 디스플레이	Eyetracker Real-Sense	시선 동작
군집 사용자 환경 0~4m >5 person	Screen	차량 내 군집	디스플레이	단체 몰입형

1셀 리튬이온 배터리 보호 모듈 설계 및 실시간 SOC 모니터링 기술에 관한 연구

김민준, 채승훈, 문연국

한국전자기술연구원

{mjmoon, shchae, ykmoon}@keti.re.kr

A Study on the 1-cell Li-ion Battery Protection Module Design and the Real-time SOC Monitoring Technology

Minjoon Kim, Sunghun Chae, Yeonkug Moon

Korea Electronics Technology Institute

요약

배터리 상태 모니터링을 통한 배터리 보호 시스템은 전기 시스템을 보호하는 가장 중요한 요소 중 하나이며, 특히 최근에는 배터리 사용량이 증가함에 따라 시스템 안전을 위해 상태 모니터링의 정확도에 대한 요구가 더욱 늘어나고 있다. 본 논문에서는 1셀 리튬이온 배터리 보호 모듈 및 실시간 시뮬레이션 보드 및 S/W로 구성된 실시간 시뮬레이션 시스템을 구성하고 검증을 진행한 연구 결과를 소개한다. 개발된 시뮬레이션 시스템은 다양한 과충전, 과방전, 과전류 등의 배터리 비정상 동작 시나리오를 동작시킬 수 있으며, 이에 따라 실시간으로 칼만 필터 기반의 충전 상태(SOC)를 알고리즘을 수행하여 배터리의 종합적인 상태 모니터링을 제공한다.

I. 서론

리튬 이온 배터리는 모바일 장치, 전기 자동차 등을 포함한 대부분의 충전식 전기 시스템에서 가장 일반적인 전기 에너지 저장 요소이다 [1]. 배터리 사용량이 늘어남에 따라 배터리 고장이나 시스템 고장이 화재 사고의 원인이 되기도 한다. 따라서 안전을 위해서는 실시간으로 배터리 고장을 감지하고 배터리 상태를 판단하여 보호하는 것이 필요하다 [2].

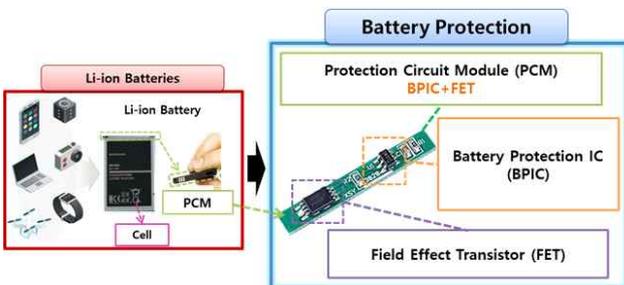
오늘날 배터리 관리 시스템(BMS)은 대부분의 배터리 기반 전기 장치 및 시스템의 필수 블록이다 [3-5]. BMS는 배터리의 충전 상태(SOC) 및 노화 상태(SOH)등의 추정을 통해, 배터리를 보호한다. 그러나 높은 정밀도를 위해서는 복잡한 연산이 필요하고, 대용량 배터리 시스템의 경우 더 더욱 연산도가 증가한다. 또한, 배터리 환경에 따라 그 성능이 달라져, 다양한 시나리오 모델을 통해 사전 시뮬레이션을 하는 것이 중요하다 [6-7].

본 논문에서는 배터리 보호를 위한 실시간 시뮬레이션 시스템을 설계하고 배터리 보호 모듈(PCM), 시뮬레이션 보드 및 모니터링 프로그램을 포함한 세부 구현 결과를 제시한다. 먼저 배터리 보호를 위해 그림 1과 같이 여러 IC로 구성된 PCM을 설명하고, 전압 부하 및 전원 공급 장치로 작동하는 구현된 시뮬레이션 보드를 설명합니다. 마지막으로 SOC 추정과 함께 구현된 PC 모니터링 프로그램을 설명한다.

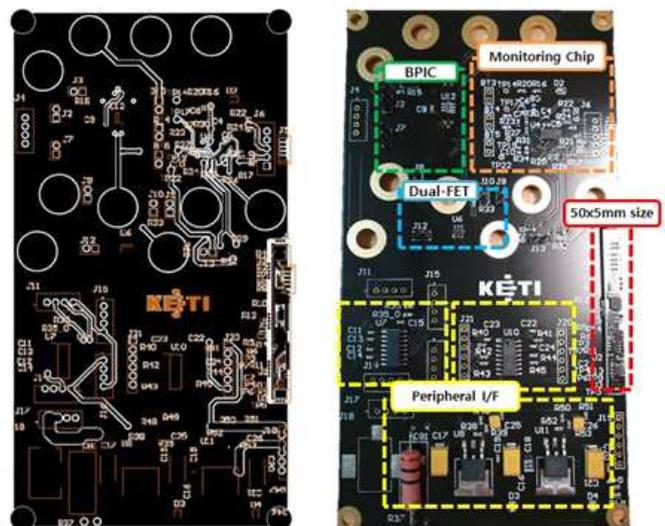
II. 본론

개발한 실시간 배터리 시뮬레이션 시스템은 1) 배터리 보호 회로 모듈, 2) 배터리 시뮬레이션 보드, 3) SOC 추정 소프트웨어로 구성되어, 1셀 리튬 이온 배터리 보호를 위한 실시간 모니터링 결과를 출력한다.

3.2V 리튬 이온 배터리를 대상으로 하는 배터리 보호 회로 모듈은 4.2V 과충전, 2.7V 과방전 및 6A 과전류를 기준으로 비정상 동작을 보호하도록 설계되었다. 이를 위한 PCB는 그림 2과 같이 제작되었으며, 큰 사이즈의 테스트 모듈과, 실 규격 사이즈의 셀 부작용 모듈로 구성되어 있다. 구성된 배터리 보호 IC(BPIC)는 과충전, 과방전 및 과전류 문제를 감지하고 이중 전계 효과 트랜지스터(FET)가 전류를 제어한다.

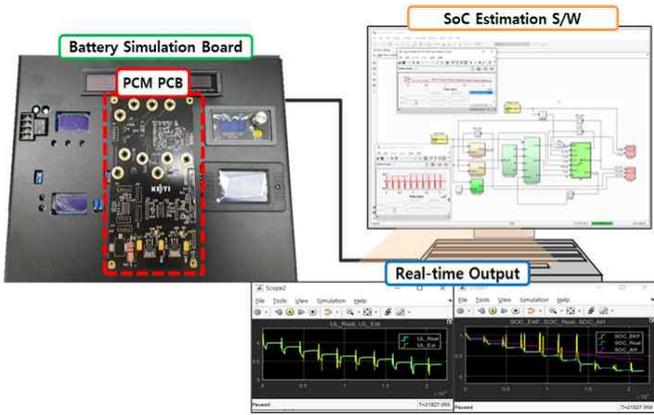


< 그림 1. 배터리 보호 모듈의 구성도 >



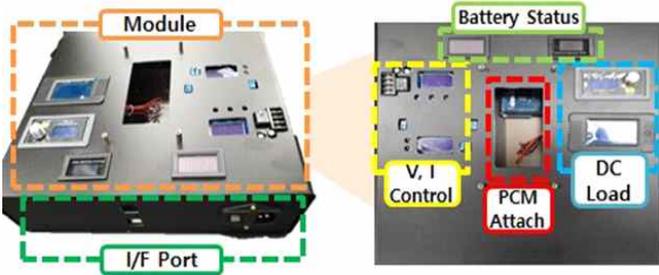
< 그림 2. 구현된 1셀 리튬이온 배터리 보호 모듈 >

그림 3과 같이 배터리 보호 모듈은 현재 전압과 전류를 외부 장치와 통신하며 SOC 추정 및 모니터링 시스템으로 연결되며, 배터리 시뮬레이션 보드를 통해 다양한 상황을 시뮬레이션 할 수 있도록 설계 되었다. 각 상황에서 출력되는 배터리 상태를 통해 상황별 배터리 보호 동작을 검증 할 수 있다.



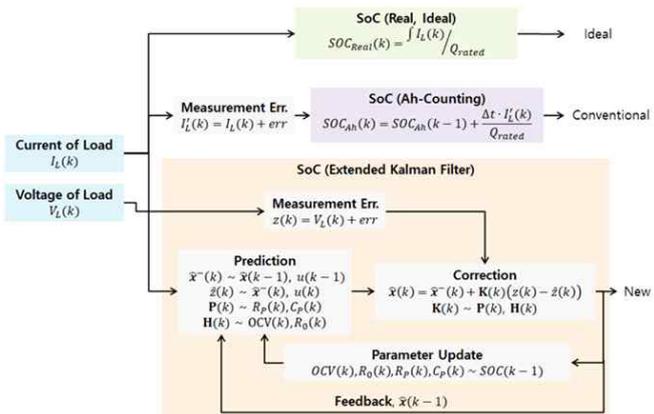
< 그림 3. 실시간 배터리 보호 모듈 시뮬레이션 시스템 구성도 >

배터리 시뮬레이션 보드는 그림 4와 같이 전원 공급 및 전자 부하로 배터리 충전 및 방전 환경을 설정하도록 설계되었다. 배터리 충전 및 방전을 제어하여 다양한 시나리오에서 PCM을 시뮬레이션 할 수 있다. 실시간 배터리 전압 및 전류를 표시 할 수 있으며, 보다 상세한 분석을 위해 PC와 I2C 기반의 데이터 통신을 할 수 있도록 설계 되었다.



< 그림 4. 배터리 시뮬레이션 보드 구성도 >

SOC 추정 소프트웨어는 측정된 전압 및 전류를 기반으로 실시간 SOC를 계산하기 위해 PC 환경에서 프로그램 개발되었다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 SOC 추정 알고리즘은 확장 칼만 필터를 기반으로 설계되었다 [8-9]. 배터리의 실시간 추정 SOC 값을 통해 배터리 상태를 정확하게 모니터링하고 다양한 시나리오를 보다 정확하게 시뮬레이션 할 수 있다.



< 그림 5. 실시간 SOC 모니터링 기술 블록도 >

III. 결론

본 논문에서는 1셀 리튬 배터리 보호 모듈의 실시간 시뮬레이션 시스템을 설계하고 구현 결과를 소개하였다. 개발한 실시간 시뮬레이션 시스템은 1셀 보호 모듈 및 배터리 시뮬레이션 보드, SOC 추정 소프트웨어로 구성되었다. PCM은 3.7V 리튬 이온 배터리 보호 기능을 위한 핵심 모듈이며, 배터리 시뮬레이션 보드는 충전 및 방전을 제어하여 시뮬레이션 환경을 제공한다. 마지막으로, SOC 추정 소프트웨어는 시뮬레이션 보드의 전압과 전류를 실시간 측정 결과를 기반으로 PC에 구현되어, 시뮬레이션 시나리오에 따른 실시간 배터리 상태를 모니터링 할 수 있습니다. 본 논문에서 구현된 시뮬레이션 시스템은 모바일 기기의 배터리에 대해 검증 되었으나, 다양한 용도로 활용 및 확장이 가능하다.

사 사 문 구

본 연구는 산업통상자원부 및 KEIT의 산업기술혁신 사업(글로벌수요연계시스템반도체기술개발기술개발사업) (20006999, 고정밀 전압 검출이 가능한 리튬 배터리 보호 IC 및 모듈 검증 기술 개발)의 연구결과로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] A. Davide, Battery Management System for large Lithium-Ion Battery Packs, Norwood: Artech House Publishers, 2010.
- [2] Q. Zhuang, S. Xu, X. Qiu, Y. Cui, L. Fang, and S. Sun, "Diagnosis of Electrochemical Impedance Spectroscopy in Lithium Ion Batteries," Progress in Chemistry, vol. 22, no. 6, Jun 2010.
- [3] V. Ramadesigan, P. W. C. Northrop, S. De, S. Santhanagopalan, R. D. Braatz and V. R. Subramanian, "Modeling and Simulation of Lithium-Ion Batteries from a Systems Engineering Perspective," Journal of The Electrochemical Society, vol. 159, no. 3, pp. R31-R45, 2012.
- [4] IN. A. Chaturvedi, R. Klein, J. Christensen, J. Ahmed and A. Kojic, "Algorithms for advanced battery-management systems," IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE, pp. 49 - 68, 2010.
- [5] L. Lu, X. Han, J. Li, J. Hua and M. Ouyang, "A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles," Journal of Power Sources, vol. 226, pp. 272-288, 2013.
- [6] KY. Masoudi, "Real-time Optimal Battery Thermal Management System Controller for Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles," University of Waterloo, Waterloo, 2017.
- [7] Z. Y. Hou, P. Y. Lou and C. C. Wang, "State of Charge, State of Health, and State of Function Monitoring for EV BMS," in Consumer Electronics (ICCE), 2017 IEEE International Conference on, Las Vegas, 2017.
- [8] F. Sun, X. Hu, Y. Zou, S. Li, "Adaptive unscented Kalman filtering for SOC estimation of a Li-ion battery for EVs," Energy, vol. 36, no. 5, pp. 3531-3540, 2011.
- [9] S. Sepasi, R. Ghorbani, B.Y. Liaw, "A novel on board SOC estimation method for aged Li-ion batteries based on model adaptive EKF," Journal of Power Sources, vol. 245, pp. 337-344, 2014.

생체신호 기반 실시간 인터랙션 제어 시스템 설계 및 구현

김명진, 채승훈, 김민준, *문연국

한국전자기술연구원

{kmjketi, shchae, mjoon, *ykmooon}@keti.re.kr

Design and implementation of Real-Time Interaction Control System based on Biosignal

Myoung-Jin Kim, Sung-Hun Chae, Min-Joon Kim, and *Yeon-Kug Moon

Korea Electronics Technology Institute

요약

인공지능, 빅데이터, 5G 등 ICT 기술의 발전으로 실감형 콘텐츠에 대한 관심 및 양질의 서비스에 대한 요구가 지속적으로 증가하여 인터랙티브 콘텐츠를 기반으로 한 체험 실내 놀이 공간에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 논문에서는 다양한 형태의 인터랙티브 콘텐츠와 호환될 수 있는 범용성을 지닌 무선 네트워크 기반 인터랙션 제어 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 생체신호 수집을 통해 사용자의 몰입감을 상승시키고 다양한 센서를 종류에 상관없이 연동 가능한 확장성 높은 제어 구조를 통해 인터랙티브 콘텐츠 산업분야에 범용적으로 활용 가능할 것으로 기대된다.

I. 서론

최근 ICT 기술의 발전으로 게임 분야에서 한정적으로 사용되던 가상현실(VR), 증강현실(AR) 기술들이 문화, 예술, 헬스케어와 같은 다양한 분야에 적용되며 실감형 콘텐츠에 대한 관심 및 양질의 서비스에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있다. 이에 따라 사용자와 사물 또는 공간이 다양한 센서 및 장비들을 통하여 상호작용하고 반응하여 가상공간을 마치 현실이라고 느낄 수 있는 실감형 콘텐츠 서비스가 최근 대두되고 있다. 특히, 미세먼지, 폭염, 혹한 등 환경으로 인한 요소와 시화, 산업화로 인한 실외 놀이 공간의 감소 등 실외 환경에서의 활동 제약이 커지며 실내에서 즐길 수 있는 복합 문화 체험 공간에 대한 중요성이 증가하였다. 이러한 실내 체험 공간들은 과거 단순히 직접 몸을 부딪쳐 가며 체험하는 형태에서 진화하여 IT 기술을 접목하여 콘셉트에 따라 세분되어 발전되고 있는데, 특히 인터랙티브 콘텐츠를 기반으로 한 체험 실내 놀이 공간에 대한 관심이 높아지고 있다[1].

인터랙티브 콘텐츠에 주로 적용되고 있는 기술들은 AR 및 VR 기반의 장비 착용형 기술이나, 프로젝터로 투영되는 영상을 터치 센서 Depth 카메라, 영상처리 등을 이용해 동작 인식 통한 정적인 상황에서의 인터랙티브 콘텐츠가 대다수를 이루고 있다. 기존의 인터랙티브 콘텐츠 및 서비스 제공에 필요한 카메라와 센서, 영상 장치와 같은 HW와 영상 처리를 위한 SW들은 고가의 도입 비용 및 유지 보수 비용이 발생하며 새로운 콘텐츠를 추가하거나 변화시키기 위해 추가적인 비용이 필요하여 사업자가 지속적인 운영을 유지하는 데 어려움이 있다. 국내 소수의 실내 놀이 시설에서 관련 기술의 도입을 추진하고 있지만, 안정적인 시장 형성 및 확산 측면에서 지속적인 기술 개발과 콘텐츠의 개발이 요구되는 상황이다[2][3].

본 논문에서는 다양한 형태의 인터랙티브 콘텐츠와 호환될 수 있는 범용성을 지닌 무선 네트워크 기반 인터랙티브 플랫폼을 제안한다. 제안된 플랫폼은 체온, 맥박 등 생체 신호를 기반으로 플랫폼과 상호작용하며 실시

간으로 인터랙션을 지원할 수 있도록 무선 네트워크 기반으로 콘텐츠에서 요구하는 다양한 센서 장치와 효과 장치를 아울러 데이터 전달의 딜레이를 최소화하고 효율적인 통합 스케줄링을 지원한다. 사용자의 생체 신호를 기반으로 콘텐츠의 몰입감을 상승시키고 안전, 및 헬스케어 분야에 응용 가능하며, 무선 네트워크 기반의 통합 센서 장치 제어 구조를 통해 콘텐츠 구조를 변경하거나 새로운 콘텐츠를 도입할 경우에도 큰 비용 없이 응용 가능한 확장성을 지원하여 인터랙티브 콘텐츠 산업 분야에 범용적으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

II. 본론

본 논문에서 제안하는 플랫폼은 서비스 제공자가 필요한 센서들과 연결 가능한 제어 보드를 통해 인터랙티브 콘텐츠를 구현한다. 제어 보드는 전체 모듈을 제어하는 마스터 보드와 전체 콘텐츠 내 모듈별로 설치된 각종 센서 장치 및 효과 장치 등을 단일 혹은 다중으로 연결하여 모듈 단위로 구동 가능한 슬레이브 보드로 분리되어 있다. 슬레이브 보드의 인터페이스는 스위치, 정전식 센서, 압력 센서, 움직임 감지 센서, 멀티 스위치 동작 모듈, 효과 장치 등 센서 종류에 상관없이 연동 및 동시 제어가 가능하다. 마스터 보드는 슬레이브 보드와 무선 통신을 통해 데이터를 연동하여 여러 센서를 포함하는 모듈 단위의 제어를 수행한다. 모듈에 장착된 다중 센서로부터 현재 콘텐츠 진행 상황에 대한 데이터 수집 및 분석을 통해 콘텐츠 제어용 피드백을 활용하게 된다.

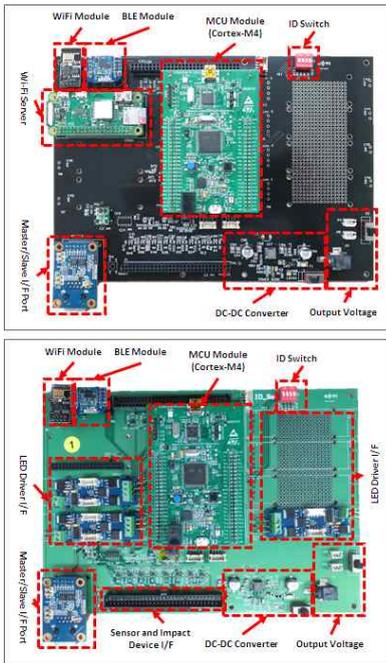


그림 1 인터랙티브 플랫폼 제어 보드 마스터(상) 슬레이브(하)

제안된 인터랙티브 플랫폼 제어 장치는 콘텐츠 내부의 센서뿐 만 아니라 콘텐츠 이용자에게 손목밴드형 생체신호 수집 디바이스를 제공하여 착용자의 생체 신호를 측정하고 시스템 제어에 활용할 수 있다. 온도, 맥박 이상 징후를 파악하여 안전관리에 응용 가능하고 활동량을 기반으로 운동 효과 안내 등의 부가 서비스나 자연스러운 콘텐츠의 난이도 조절 등에 활용 가능하다. 추가적으로 생체신호 수집 디바이스는 LED 및 진동 센서를 부착하여 콘텐츠 이용자에게 불빛 색상이나 진동 패턴을 통해 정보를 전달 가능하다.



그림 2 손목밴드형사용자 생체신호 수집 디바이스

표 1은 마스터 보드와 슬레이브 보드 및 생체신호 수집 디바이스의 데이터 프로토콜을 나타내고 있다. 전체 플랫폼 동시 제어를 위하여 마스터 보드 및 슬레이브 보드의 1:N 동시 통신이 가능하며, 제어 신호는 고정 길이 패킷으로, 주소, 헤더, 명령어, 명령 값, checksum, tail로 구성되었고, 데이터 신호는 가변 길이로, 주소, 헤더, 명령어, 길이, 명령 값, checksum, tail로 구성되어 있다. 생체 신호 데이터는 BLE 프로토콜을 통해 생체 신호를 제어부로 전송 가능하며 생체 신호는 맥박 측정에 사용되는 PPG 데이터와 활동량을 측정할 수 있는 자이로 및 가속도 데이터, 체온 측정용 온도 센서가 포함된다.

제안된 인터랙티브 플랫폼 제어 구조를 통해 콘텐츠를 체험 중인 이용자의 생체 정보를 수집, 분석하여 관리자가 직접 제어하지 않아도 자연스럽게 콘텐츠 제어에 반영되는 순환적인 피드백 구조를 구축할 수 있다.

표 2 플랫폼 제어장치 간 데이터 프로토콜

Master -> Slave (16 byte/packet)						
Slave Addr. (1 Byte)	Header (2 Byte)	CMD (2 Byte)	Data (6 Byte)	Checksum (3 Byte)	Tail (2 Byte)	
Addr	usable	0x00 ~ 0xFF (256 IDs available)				
Header	fixed	0xAA 0x55				
CMD	usable	0x00 ~ 0xFF (256 CMDs available)				
Data	usable	6 Bytes data payload				
Checksum	deterministic	{Slave Addr, CMD}+Data[6:4]+Data[3:1]				
Tail	fixed	0xEE 0xFF				
Slave -> Master (variable size of packets)						
Slave Addr. (1 Byte)	Header (2 Byte)	CMD (2 Byte)	Len (1 Byte)	Data (Len Byte)	Checksum (8 Byte)	Tail (4 Byte)
Addr	deterministic	0x00 ~ 0xFF				
Header	fixed	0xAA 0x55				
CMD	usable	0x00 ~ 0xFF (256 CMDs available)				
Len	usable	Length of data payload				
Data	usable	Len bytes data payload				
Checksum	deterministic	4Bytes : {Slave Addr, CMD, Len}				
Tail	fixed	4Bytes : pick and mix from Data				
Band data packet (160 bit/packet)						
PPG 1 (40 Bit)	PPG 2 (40 Bit)	Acc. (36 Bit)	Gyro (33 Bit)	Temperature (11 Bit)		

III. 결론

본 논문에서는 사용자의 생체신호에 상호작용 가능한 인터랙티브 콘텐츠용 플랫폼 제어 시스템 및 생체신호 수집 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 생체신호 수집을 통해 사용자의 몰입감을 상승시키고 다양한 센서를 종류에 상관없이 연동 가능한 확장성 높은 제어 구조를 통해 인터랙티브 콘텐츠 산업 분야에 범용적인 활용이 가능할 것으로 기대된다.

[사 사 문 구]

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2019년도 문화기술연구개발 지원사업(R2019020008)으로 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] 이준표, “가상/증강/혼합현실 기술의 발전과 동향”, IITP, 주간기술동향, 2019.
- [2] 김명진 외, “인터랙티브 플랫폼 사용자를 위한 웨어러블 디바이스 제어 시스템”, 2020년 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, pp. 1655-1656.
- [3] 채승훈 외, “사용자 몰입형 체험을 위한 실시간 어트랙션 제어 플랫폼 설계 및 구현”, 2020년 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, pp. 1533-1534.

엣지 컴퓨팅 지원을 위한 근거리 노드간 데이터 공유 프레임워크 설계

*주현태, **정용무
한국전자기술연구원

*oskernel@keti.re.kr, **ymjeong@keti.re.kr

Design of a Data Sharing Framework for Local Area Nodes to Support the Edge Computing Technologies

*Hyuntae Ju, **Yong Mu Jeong
Korea Electronics Technology Institute

요 약

본 논문에서는 엣지 컴퓨팅 시스템을 구성하는 근거리 노드간의 접속과 데이터 공유를 지원함으로써 신규 시스템 구축과 기존 시스템에 엣지 컴퓨팅 기술을 도입하는 등의 엣지 컴퓨팅 시스템 구현을 간편하고 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 근거리 노드간 데이터 공유 프레임워크를 설계하였다.

I. 서 론

엣지 컴퓨팅 기술은 데이터를 수집하고 처리하여 이와 관련된 응용 서비스를 제공함에 있어서 데이터가 중앙으로 집중되지 않고 근거리에서 처리될 수 있도록 함으로써 서비스의 응답 속도를 향상시키는 동시에 전체 시스템의 처리 효율을 높일 수 있도록 하는 기술이다. 본 논문에서는 엣지 컴퓨팅 시스템의 구현과 구성에 있어서 자동으로 노드간의 접속과 역할 결정을 수행하며 접속된 노드간의 데이터를 안전하고 효율적인 방법으로 공유 및 관리할 수 있도록 하는, 엣지 컴퓨팅 지원을 위한 근거리 노드간의 접속 및 데이터 공유를 지원하는 프레임워크를 설계하였다.

II. 노드간 접속 및 데이터 공유

2.1. 엣지 네트워크 자동 구성

엣지 컴퓨팅 시스템은 엣지 컴퓨팅 노드들의 네트워크로 구성되며, 각각을 식별할 수 있는 주소와 네트워크 내에서의 역할 등에 관한 설정이 필요하다. 본 논문에서는 UPnP 기술을 적용하여 시스템 운영자나 관리자가 수작업으로 노드 설정을 할 필요 없이 디바이스를 네트워크에 연결하기만 하면 상호 발견(discovery)과 역할(Master 또는 Slave) 설정 등의 초기 접속이 이루어져 엣지 컴퓨팅 네트워크가 구성될 수 있도록 하였다. 이 때, UPnP 를 통해 전파되는 USN 데이터 필드를 통해 엣지 컴퓨팅 시스템 구성원인지, 또는 엣지 컴퓨팅 구성원이 아닌 UPnP 지원 디바이스인지를 구분하도록 하였다.

```
Using network interface eth0
Scanning for resources matching upnp:edgedevice
Showing "available" messages
resource available
USN: uuid:1ff450f2-2a1b-11eb-8d8f-00044be57965::upnp:edgedevice
Location: 10.0.1.116
resource available
USN: uuid:95cd0d00-0dd8-11eb-a181-8f327e388f65::upnp:edgedevice
Location: 10.0.7.236
```

Figure 1 엣지 노드에 대한 UPnP discovery 결과 예시

상기의 엣지 네트워크 구성은 설정에 따라 노드간 접속을 수동으로 설정할 수 있도록 할 수도 있다.

2.2. 노드간 데이터 공유 기법

엣지 컴퓨팅 시스템을 구성하고 있는 각 노드는 수집된 데이터의 협업 처리 등을 위한 데이터 가용성 확보를 위하여 데이터의 복사본을 일정량 보유할 필요가 있다. 이 때, 공유 대상 데이터를 보유한 각 노드는 크기가 큰 데이터를 일정한 크기의 조각으로 분할하고 각 노드의 CPU 연산 부하나 네트워크 혼잡도(트래픽)를 고려하여 공유 기여도를 결정할 수 있도록 설계하였다.

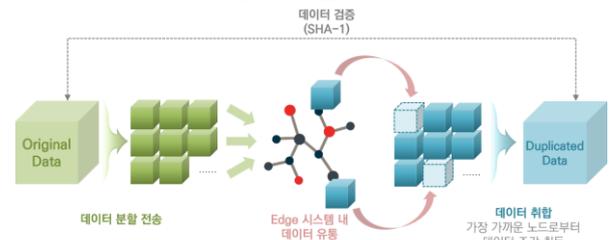


Figure 2 노드간 데이터 공유 기법 개요

데이터를 공유 받는 노드에서는 데이터 조각 취득 및 완전체 조립 이후에 해시 함수를 이용하여 원본과 동일한 데이터가 완성되었는지를 검증함으로써 데이터 공유 과정을 완료하게 된다. 해시 함수는 데이터의 원본과 사본의 동일성을 검증함에 있어서 신속성을

고려하여 본 논문에서는 SHA-1 알고리즘을 활용하도록 설계하였다.

III. 구현 및 실험

3.1. 근거리 노드간 데이터 공유 프레임워크

본 논문에서는 네트워크 자동 구성 모듈과 데이터 공유 모듈을 통합하여 실제 구동 가능한 프로토타입 SW 를 개발하였다.

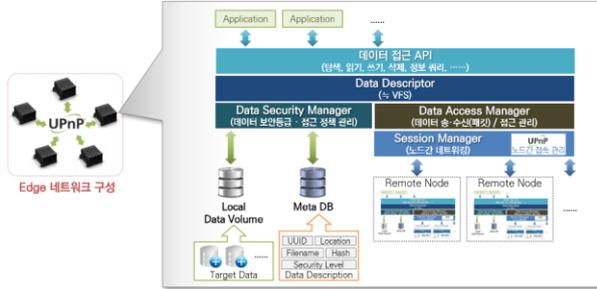


Figure 3 프레임워크 전체 구조

본 프로토타입 SW 를 탑재하고 있는 각각의 엣지 노드는 DHCP 를 지원하는 동일 서브넷의 네트워크에 연결(케이블 연결 또는 Wi-Fi 접속 등)하는 것만으로 엣지 컴퓨팅 네트워크에 참여할 수 있게 된다. 각 노드는 특정 볼륨(디렉토리 또는 파티션 등)에 보유중인 데이터에 대해서 노드간 공유를 수행하게 되며, 공유 대상 데이터의 정보 관리를 위하여 메타 DB 를 탑재하여 데이터의 식별 및 접근 위치 등을 관리한다.

‘Data Descriptor’ 모듈을 통해 리눅스의 VFS(Virtual File System)과 유사한 형태로 공유 데이터에 대한 일관성 있는 접근 방법을 제공할 수 있도록 하였다. 이를 통해 노드간 공유되고 있는 데이터에 접근하는 애플리케이션은 데이터의 공유 형태나 공유 진행률, 위치, 접근 방법(직접 또는 간접 접근 등)을 고려할 필요 없이 seamless 하게 접근할 수 있게 된다. 또한 이러한 데이터 접근 방법을 애플리케이션에 제공하기 위한 API 를 별도로 제공하고 있다.

프로토타입 SW 는 디버깅 및 모니터링 등의 목적으로 로그 데이터를 기록하도록 하였다.

3.2. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 설계한 데이터 공유 프레임워크는 엣지 컴퓨팅 시스템 구축에 대한 편의성뿐만 아니라 약간의 성능 향상 효과도 제공한다. 이를 확인하기 위하여 임베디드 플랫폼(NVIDIA Jetson AGX Xavier) 8 대를 대상으로 프로토타입 SW 를 탑재하여 테스트 환경을 구축하고 성능 분석 실험을 수행하였다. 8 대 중 4 대는 데이터 보유 노드로서 데이터를 보유하지 않은 나머지 4 대의 노드에 대한 데이터 공유에 기여하는 형태로 실험 환경을 구축하였다.

실험은 10MB 크기의 임의의 데이터를 활용하여 단순 복제 및 최적화 기법을 통한 각각의 공유 속도를 10 회씩 측정하였으며, 각 노드에는 다양한 엣지 컴퓨팅 환경을 시뮬레이션하기 위하여 임의로 CPU 와 네트워크에 부하를 유발하는 프로그램을 작성하여 동작시켜 인위적으로 시스템 부하를 유발하도록 하였다.

Figure 4와 Figure 5는 각각 본 논문에서 설계한 엣지 데이터 공유 최적화 기법을 적용하지 않았을 때와 적용했을 때 10MB 크기의 데이터 공유에 소요되는 시간을 프로토타입 SW 의 로그 데이터를 기반으로 산출/비교한 것으로서, 본 실험 환경에서 최적화

미적용시 평균 약 1,579ms, 최적화 적용시 평균 약 1,145ms 의 시간이 소요된 것을 확인할 수 있다.

실험 회차	최대 네트워크 부하(Mbps)	최대 CPU 부하 (%)	소요시간 (ms)
1	57	67	1655
2	63	73	1653
3	63	72	1690
4	65	56	1589
5	56	83	1601
6	58	68	1499
7	67	77	1545
8	63	65	1447
9	52	80	1550
10	59	71	1562

Figure 4 공유 최적화 미적용시 10MB 공유 소요시간

실험 회차	최대 네트워크 부하(Mbps)	최대 CPU 부하 (%)	소요시간 (ms)
1	67	65	1093
2	66	63	1125
3	70	77	1088
4	58	73	1231
5	66	69	1108
6	59	63	1201
7	54	81	1089
8	55	62	1101
9	60	78	1217
10	64	72	1194

Figure 5 공유 최적화 적용시 10MB 공유 소요시간

데이터 공유 최적화 미적용시는 데이터의 분할 전송이나 시스템 부하량에 대한 고려 없이 1:1 복제가 수행되므로 일정량의 부하가 유발되고 있는 상황에서 데이터의 공유 자체의 시간 지연 및 데이터 공유로 유발되는 시스템 부하가 전체 시스템의 성능에 영향을 주게 된다. 한편, 데이터를 일정 크기(본 논문에서는 100KB)로 분할하고 각 노드가 시스템 부하를 고려하여 공유 기여도를 결정할 수 있도록 함으로써 처리 능력에 상대적으로 여유가 있는 노드에서 과부하 노드의 처리량을 일부 보완하는 효과로 인하여 비교적 짧은 시간에 데이터 공유를 완료할 수 있게 되는 것이다.

IV. 결론

본 논문에서 설계한 근거리 노드간 데이터 공유 프레임워크를 통해 엣지 컴퓨팅 시스템의 구축에 있어서 UPnP 기술을 적용하여 자동으로 노드간의 접속과 역할 설정을 수행함으로써 초기 설정 단계를 간편하게 지원할 수 있도록 함으로써 신규 구축 시스템뿐만 아니라 엣지 컴퓨팅 기술이 적용되어 있지 않은 기존 구축 시스템에 엣지 컴퓨팅 기술을 간편하게 적용할 수 있도록 하였다. 또한, 구축된 시스템 내에서 데이터를 공유할 때 시스템의 상태를 모니터링 하고 데이터를 분할하여 각 노드의 여건에 따라 공유 기여도를 결정할 수 있도록 함으로써 전체 시스템의 성능에 주는 영향을 최소화하면서 엣지 컴퓨팅 기술에 필요한 데이터 공유를 수행할 수 있도록 하였다. 향후 추가적인 연구와 개발을 통해 프레임워크의 완성도를 높이는 동시에 엣지 컴퓨팅에 필요한 부가적인 기술과 기능을 추가하여 오픈소스 형태의 엣지 컴퓨팅을 위한 종합적인 솔루션 형태의 개방형 소프트웨어를 개발할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술정보통신부의 SW 컴퓨팅산업원천기술개발 (2020-0-00102, 클라우드 엣지 전주기 데이터 안정성을 위한 추적성 보장 기술 개발)의 지원을 받아 수행하였음

참고 문헌

-
- [1] 류정현 외 4인, “UPnP 구조를 이용한 IoT 서비스 플랫폼 개선에 관한 연구”, 한국통신학회, 제 59 권, 제 1 호, pp.354-355, 2016.
 - [2] 정서현, 박찬현, “분산 파일시스템 응용의 스토리지 성능 영향성 분석”, 한국정보과학회 학술발표 논문집, pp 24-26, 2020.7
 - [3] 박종수, 정태운, “비밀 공유 기술이 포함된 사물인터넷 분산 파일 시스템 설계 및 구현”, 한국지능학회 논문지, 제 29 권, 제 5 호, pp 371-378, 2019

산업 IoT를 위한 에지 컴퓨팅 연구

*홍용근

동명대학교 정보통신소프트웨어공학과

e-mail : yghong@tu.ac.kr

Research on Edge computing for Industrial IoT

*Yong-Geun Hong

Dept. of Information, Communications & Software Engineering

TongMyong University

Abstract

The IoT technology has been progressed and recently it has been applied into the industrial IoT areas. To deploy the IoT technology into the industrial IoT areas, new requirements such as the support of real-time services, the reduction of transmission cost, the support of heterogeneous connections and the support of privacy and security must be considered. The edge computing can be applied into the industrial IoT areas to satisfy the above requirements.

I. 서론

전통적으로 IoT 서비스는 센서로부터 수집한 데이터를 사용자나 센서에서 가까운 위치에 있는 서버가 아닌 멀리 떨어진 서버에 데이터를 전송하고, 멀리 떨어진 서버에서 데이터를 분석하고 의미 있는 결론을 도출한다. 그리고 필요하면 액션을 다시 멀리 떨어진 센서나 액추에이터에게 전송하여 작업을 시키는 방식이었다. 일명 클라우드 컴퓨팅을 활용하여 IoT 서비스를 제공한 것이다. 2010년대 초반부터 시작된 IoT 서비스는 주로 홈이나 가전분야에서부터 시작을 하였고,

홈/가전 분야에서의 IoT 서비스는 연결되는 디바이스의 개수도 많지 않았고, 발생하는 데이터의 양도 많지 않았다. 따라서 클라우드 컴퓨팅으로 IoT 서비스를 제공하는데 큰 문제가 없었다. 하지만 IoT 서비스가 홈/가전 분야가 아닌 스마트 팩토리, 스마트 시티, 스마트 카 등 다양한 분야로 확장되면서 기존의 클라우드 컴퓨팅으로는 만족시키기 어려운 요구사항들이 등장하였다. 특히 산업 IoT 분야의 경우는 기존의 홈/가전에서 IoT 서비스에 비하여 연결되는 디바이스의 개수와 발생하는 데이터의 양이 엄청나게 많아졌다. 또한 산업 IoT의 주요 분야 중의 하나인 제조공정에서 매우 엄격한 실시간 지원이 요구된다.

본 논문에서는 산업 IoT 분야에서 대용량 디바이스와 데이터 처리, 실시간 서비스 지원 등과 같은 요구사항을 분석하고, 이러한 요구사항을 만족시키기 위하여 최근에 많이 연구가 되고 있는 에지 컴퓨팅을 활용하여 산업 IoT 분야에 적용하기 위한 방법에 관하여 기술한다.

II. 산업 IoT 요구사항

2.1 IoT 기술의 발전

IoT 기술은 초기에는 다양한 사물들을 인터넷에 연결하여 센싱된 정보를 수집 및 분석을 목적으로 하는

연결형 IoT 기술로 시작을 하였다. 이후 다양한 사물들을 서로 연결하고 데이터를 주고 받는 과정에서 데이터를 분석하고 상황을 예측하는 지능형 IoT 기술로 발전을 하였다. IoT 기술이 더 발전하면 사물 간 분산 협업기능을 기반으로 사물 스스로 의사결정을 하고, 물리세계를 자율적으로 제어할 수 있는 자율형 IoT 기술로 발전할 것으로 예상된다[1].

2.2 산업 IoT의 등장

IoT 기술의 초기 형태인 연결형 IoT 기술은 기술의 성숙도 및 사물의 연결 및 센싱된 데이터의 전달 위주의 기술 때문에 대부분 스마트홈이나 가전 분야에서 활용되었다. 하지만 IoT 기술의 2단계인 지능형 IoT 기술로 넘어오면서 센싱된 데이터를 분석 및 예측하는 지능적 행위가 추가되어 스마트 팩토리, 공장 자동화, 자율 주행차 등의 고신뢰성이 요구되고, 실시간성이 요구되는 분야에서 활용되기 시작하였다. IoT 기술의 최종 발전 단계인 자율형 IoT 기술로 발전하면 더 다양한 분야에서 새로운 IoT 서비스가 등장할 것이다[2].

산업 IoT의 대표적인 예로는 GE(General Electric) Predix, Industrial Internet Consortium (IIC) 등이 있다[3].

2.3 산업 IoT 요구사항

산업 IoT에는 제조 분야, 유통 분야, 물류 분야 등 다양한 분야가 존재하고, 각 분야의 요구사항은 상이할 수 있다. 산업 IoT에서 공통적으로 요구되는 사항은 크게 실시간성 지원, 데이터 전송 요금 절감, 다양한 연결성 지원, 개인정보 보호 및 보안 등이 있다.

o 실시간성 지원

초기 IoT 기술이 적용되었던 홈/가전 IoT 분야에서는 센서와 제어 노드 간에 실시간성 요구사항이 없었으나, IoT 기술이 스마트 팩토리, 스마트 제조 등의 분야에 적용이 되면서부터는 매우 엄격한 실시간성 지원 요구가 등장하였다. 산업 로봇, 모터 제어 등의 분야에서는 수십 마이크로초 (microseconds) 수준의 지연시간(latency)이 요구된다. 실시간성 지원에는 지연시간 뿐만 아니라 지터(jitter) 등도 고려되어야 한다.

o 데이터 전송 요금 절감

다양한 사물들을 인터넷에 연결시키기 위하여 주로 사용되었던 저전력 단거리 통신기술 (IEEE 802.15.4, BLE, Z-wave, NFC, DECT-ULE, PLC, MS/TP 등)과 저전력 장거리 통신기술 (Sigfox, LoRa, NB-IoT 등)을 활용한 IoT 서비스에서는 저전력으로 오랜 기간 동

안 작동하기 위하여 데이터 전송량이 매우 적었다. 그래서, 멀리 떨어진 클라우드 서버로 센싱된 데이터를 전송하는 요금은 큰 문제가 되지 않았다. 하지만 LTE, 5G 등의 무선 기술이 산업 IoT 분야에 적용이 되기 시작하면서부터 전송해야 하는 데이터의 양이 많아지고 이에 따라 전송 요금도 문제가 된다. 따라서 전송 요금을 줄이기 위하여 전송해야 하는 데이터 양을 줄이는 방법이 고려되기 시작하였다.

o 다양한 연결성 지원

산업 IoT에서 많이 사용되는 센서나 액추에이터, 데이터 수집기, 제어기 같은 디바이스는 상시 전원이 아닌 배터리로 동작할 경우가 많고, 오랜 기간 동안 동작하기 위하여 필요할 때만 깨어서 동작을 하고 필요하지 않을 경우는 잠자기 모드(sleep mode)로 들어간다. 이러한 디바이스와의 통신을 위해서는 기존의 항상 깨어 있는 디바이스와의 통신과는 다른 연결성 지원이 요구된다. 또한 자원 제약적인 디바이스의 경우 인터넷에 연결된다고 하더라도 TCP/IP 프로토콜 스택을 모두 갖추지 않고 CoAP/UDP 같은 경량형 프로토콜만 가지고 있는 경우도 있으므로 이러한 자원 제약적인 디바이스와 통신을 하기 위해서는 이 디바이스가 가지고 있는 특성에 맞추어 연결을 설정해야만 한다.

o 개인정보 보호 및 보안

산업 IoT에서는 다양한 형태의 데이터가 전송될 수 있는데, 이러한 데이터 중에 raw 데이터 형태로 전송이 되고 이러한 raw 데이터를 중간에 가로채서 분석할 경우 내부의 상황 및 구성을 유추할 수 있다. 특히 제조 공장에서 발생하는 많은 데이터의 경우 이 데이터를 분석하면 그 공장의 공정 과정 및 내부 구성현황 등을 유추할 수 있어 산업 기밀 보호 측면에서도 문제가 될 수 있다. 그래서, 개인정보와 관련성이 없을 것 같은 산업 IoT 분야에서도 발생하는 데이터의 내부 정보를 외부로 유출되지 않도록 주의해야 하고, 이러한 상황이 발생하지 않도록 다양한 보안 기법이 요구된다.

위에서 언급한 요구사항은 IETF/IRTF T2TRG (Thing-to-Thing) Research Group에서 “IoT Edge Challenges and Functions”이라는 표준문서로 개발 중이다[4]. 인터넷 표준을 개발하는 IETF/IRTF에서도 최근 인터넷의 기본 철학인 end-to-end 연결에서 벗어나 산업 IoT 분야에 적용을 위하여 에지 컴퓨팅 표준 개발을 본격적으로 시작하였다.

III. 에지 컴퓨팅

3.1 에지 컴퓨팅 개요

에지 컴퓨팅은 클라우드 컴퓨팅과 달리 데이터를 처리하고 연산하는 곳이 데이터가 발생하는 곳이나 사용자와 멀리 떨어진 곳에 있지 않고, 데이터가 발생하고 사용자와 가까운 곳에 컴퓨팅 장치가 위치하여 컴퓨팅을 수행하는 것을 의미한다[5].

에지 컴퓨팅 기술은 기존의 클라우드 컴퓨팅 업체가 주도하는 클라우드 플랫폼 기반 에지 컴퓨팅 기술과 장비 제조업체 중심의 Industrial IoT 플랫폼 중심의 에지 컴퓨팅 기술, 5G에서 개발 중인 MEC (Multi-access Edge Computing) 등 다양한 종류가 있다[2].

3.2 산업 IoT에 에지 컴퓨팅 적용 방안

2.3 절에서 언급한 산업 IoT의 요구사항을 해결하기 다양한 접근 방법이 있을 수 있다. 앞에서 설명한 에지 컴퓨팅 기술이 데이터가 발생하는 곳 근처에서 컴퓨팅을 수행하다 보니, 실시간성 지원, 데이터 전송 요금 절감, 다양한 연결성 지원, 개인정보 보호 및 보안 등의 산업 IoT의 요구사항을 자연스럽게 만족시킬 수 있다.

산업 IoT에 에지 컴퓨팅을 적용하기 위하여 가장 손쉽게 접근하는 방법은 Amazon의 AWS IoT Greengrass, Microsoft의 Azure IoT Edge, Google의 Cloud IoT Edge 같은 기존 클라우드 컴퓨팅 업체가 제공하는 클라우드 플랫폼 기반 에지 컴퓨팅을 활용하는 것이다. 하지만 이 방법은 기존 클라우드 컴퓨팅 업체에 계속 Lock-in 되는 현상이 발생할 수 있고, 발생하는 데이터양이 많지 않고 사업 규모가 작으면 문제가 안되지만, 사업 규모가 커져서 발생하는 데이터양이 많아지면 요구되는 비용이 많이 증가할 수도 있으므로 초기 비용만 계산해서는 안 되고 향후 비용도 고려해서 접근 방법을 고려해야 한다.

또한, 산업 IoT의 대표적인 분야인 스마트 팩토리, 스마트 제조에서 생산하는 제품은 워낙 다양하고 발생하는 데이터도 공장마다 매우 다르다. 그래서, 매우 이질적인 산업 IoT의 서비스와 발생하는 데이터 특성 상 특정 기업의 제품을 기반으로 에지 컴퓨팅 기술을 개발하기보다는 오픈소스 기반의 에지 컴퓨팅 기술 개발이 효과적일 수 있다.

현재 에지 컴퓨팅 기술을 개발하기 위하여 활용 가능한 오픈소스로는 EdgeX, FogLamp, Flomo, Kura, Macchina, Kaa 등이 있으며, 이 중에서 EdgeX는 Linux Foundation에 속한 벤더 중립적 오픈소스 프로

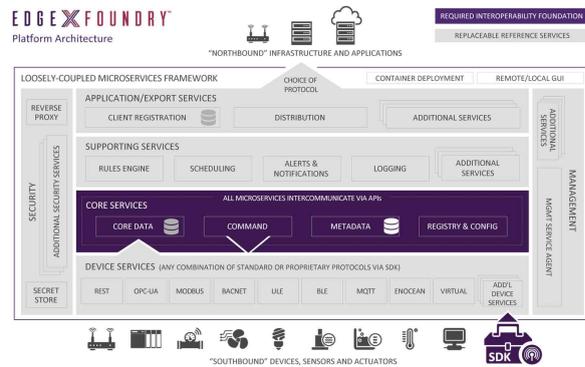


그림 1. EdgeX 플랫폼 구조

젝트로써, IoT 에지 컴퓨팅을 위한 공통 개방형 프레임워크 구축을 목표로 한다. EdgeX 프로젝트는 산업 IoT 에지에 중점을 두고 있으며, 느슨하게 결합된 마이크로서비스를 기반으로 필요한 기능을 손쉽게 구현하여 EdgeX와 연동시킬 수 있다. 또한 EdgeX 프로젝트는 산업 현장의 특성을 고려하여 IP 및 비 IP기반 연결 프로토콜, 광범위하게 분산된 컴퓨팅을 위한 보안 및 시스템 관리, 고도로 제한된 장치로의 축소 등을 수용하는 에지 컴퓨팅의 특성 요구사항을 충족하도록 설계되어 있어, 산업 IoT의 여러 요구사항을 만족시키며 시스템을 구축할 수 있다. 그림 1은 이러한 EdgeX 플랫폼 구조를 나타낸 것이다[6].

3.3 EdgeX기반 에지 컴퓨팅 구현

산업 IoT를 위한 에지 컴퓨팅 기술을 개발하기 위하여, 저자는 EdgeX기반 에지 컴퓨팅 플랫폼을 구현하였다. 오픈소스로서 제공되는 EdgeX 기능을 기본적으로 활용하였고, 산업 현장에서 필요한 추가 기능을 마이크로서비스로 구현하여 EdgeX 내부 기능과 연동하였다. 산업현장에서 요구한 사항은 스마트 건설 현장에서 수집되는 진동/소음/가스 데이터 및 대용량 비디오 데이터를 클라우드로 전송하는 시나리오에서 2.3절에 언급한 산업 IoT 요구사항 중 데이터 전송 요금을 줄이고 사건이 생기기 전에 미리 예측해서 경고 메시지를 통보할 수 있도록 하는 것이었다.

그림 2는 기존의 EdgeX 구조에서 산업현장에서 요구한 데이터 전송 요금을 줄이기 위하여 새로 추가한 모듈을 포함한 그림이다. 그림 2에서 새로운 디바이스가 EdgeX에 추가됨으로써 구현해야 하는 디바이스 서비스 2개(연두색 표시)와 전송해야 하는 데이터양을 줄이기 위하여 필요한 경우에만 고화질의 비디오를 전송하고, 그렇지 않을 경우에는 저화질의 비디오를 전송하기 위한 ML Prediction 모듈과 Decision 모듈 서비스 (주황색 표시)가 새로 추가되었다.

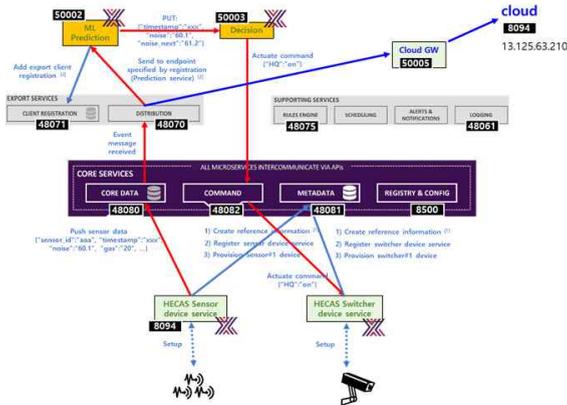


그림 2. EdgeX기반 스마트 건설 모니터링 서비스

그림 2에서 제시한 EdgeX 기반 스마트 건설 모니터링 서비스는 산업현장에서 요구한 데이터 전송 요금 절감 뿐만 아니라 데이터가 발생한 곳의 바로 근처에서 예측 및 판단을 하기 때문에 실시간성 지원도 가능하다. 또한 EdgeX에서 제공하는 South Bound의 디바이스 서비스를 활용하여 사물들의 다양한 형태의 연결도 지원이 가능하다. 추가로 발생하는 모든 데이터를 클라우드로 전송하는 것이 아니기 때문에 개인정보 보호 및 보안의 효과도 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

IoT 기술이 발전함에 따라 스마트 팩토리, 스마트 제조 등의 산업 IoT 분야에도 IoT 기술을 적용을 하기 위하여 많은 연구개발이 진행하고 있다. 산업 IoT에서는 실시간성 지원, 데이터 전송 요금 절감, 다양한 연결성 지원, 개인정보 보호 및 보안 등의 새로운 요구사항이 등장하였다.

에지 컴퓨팅은 산업 IoT에서 요구하는 여러 특성을 효과적으로 지원할 수 있다. 특정 기업의 에지 컴퓨팅 플랫폼을 사용하면 초기 구축이 쉽지만 향후 특정 제품에 Lock-in 되거나 비용이 많이 증가할 수 있어서 오픈소스를 활용한 에지 컴퓨팅 플랫폼 구축이 바람직하다. 본 논문에서는 EdgeX를 기반으로 스마트 건설 모니터링 서비스를 통하여 산업 IoT의 요구사항을 만족할 수 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제시한 에지 컴퓨팅 플랫폼은 스마트 건설 모니터링 서비스에 최적화가 되어 있어서 다른 산업 IoT 분야에 적용을 하기 위해서는 많은 수정이 필요하다. 에지 컴퓨팅 플랫폼에서 수집한 데이터의 전처리, 예측, 판단 등의 기능을 좀 더 일반화시켜서 다른 산업 IoT 분야에도 쉽게 적용이 가능하도록 하는 연구는 향후 필요하다.

Acknowledgement

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2020-0-01797)

참고문헌

- [1] 임진양, "ICT RnD 기술로드맵 2023 보고서", IITP, 2018.
- [2] 홍용근, "산업 IoT용 엣지컴퓨팅 기술 동향", 한국전자과학회지 Volume 30, Issue 3, 2019.
- [3] 송순용, "Industrial IoT 플랫폼 표준기술 동향", 사물인터넷융합포럼, 2018.
- [4] <https://tools.ietf.org/html/draft-irtf-t2trg-iot-edge-01>
- [5] 김귀훈 외, "IoT와 AI를 위한 에지 컴퓨팅 표준화 및 기술 동향", 한국통신학회 논문지, 2017.
- [6] <http://www.edgexfoundry.org>

V2I 시스템에서 RSU의 전송 지속 시간 변화에 기반한 데이터 전달 지연값의 감소 방법

*서봉수

*공주대학교

*bsuh@kongju.ac.kr

Strategy to Reduce Data Delivery Delay Based on Variation of Transmission Duration of RSU in V2I Systems

*Bongsue Suh

*Kongju National Univ.

요약

본 논문에서는 독립 전원을 사용하는 노변의 RSU 사이의 데이터 교환을 위하여 이를 지나가는 차량 노드를 데이터의 전달 매체로 사용하는 V2I 시스템에서 데이터의 전달 지연값을 감소시키는 방법을 제안하였다. 이는 차량 노드로부터 데이터를 수신한 RSU는 일정 시간 동안 데이터를 자신의 전송 영역 이내의 모든 차량 노드에게 전송하는 방법을 기반으로 한다. 이는 보다 많은 차량 노드들이 데이터를 보유하게 되고 결과적으로 기존의 방법에 비하여 전방의 RSU로의 데이터를 전달하는 시간을 감소시킬 확률이 증가하게 된다. 결과적으로 도로의 교통 환경, RSU의 에너지 상태 등에 따라 목표 데이터 전달 지연값을 설정하고 이를 만족시킬 것으로 기대된다.

I. 서론

VANET (Vehicular Ad Hoc Network) 시스템은 고정된 노변 장치 (Road Side Unit: RSU)와 주행하는 차량 노드를 기반으로 통신 채널을 설정하고 데이터를 전송 교환하는 시스템이다. 이는 미래의 다양한 ITS (Intelligent transportation system) 관련 서비스를 제공하기 위하여 중요한 역할을 제공할 것으로 기대된다[1]-[3]. 차량 운행의 환경에서 긴급성을 요구하지 않는 일반적인 데이터와는 달리 긴급을 요하는 교통 상황의 알람이나 사고와 재해 등과 관련된 데이터는 빠른 전달 시간을 요구한다. 하지만 노변 고정 장치인 RSU는 대부분 에너지 하베스팅 기능과 같은 모듈을 통하여 운용되므로 단순히 이들의 거리 증가를 통하여 데이터 지연값을 감소시키는 것은 한계가 있다. 따라서 에너지 사용에 제약이 있는 VANET 시스템에서는 데이터의 전달을 RSU의 에너지 소비 효율을 고려하여 설계되어야 할 것이다.

V2I 시스템에서 RSU 간의 데이터 전달 지연값을 감소시키기 위한 기존의 연구에서는 각 RSU는 자신의 잔여 에너지값의 제공근에 비례하는 전송 거리를 갖도록 제안되었다[1]. 이를 통하여 데이터 전달 지연값의 목표값이 정해지면 이 값에 근접하는 실제 데이터 지연값을 얻기 위하여 잔여 에너지가 상대적으로 높은 RSU들이 데이터 전달 과정에 참여하도록 하였다. 결과적으로 잔여 에너지값이 큰 RSU들이 데이터 전달 지연값의 감소에 더 많이 기여하도록 하였으며, 상대적으로 잔여 에너지값이 낮은 RSU들은 적은 에너지 소모를 통하여 정상적인 동작을 유지할 가능성은 높였다. 기존의 연구에서는 차량 노드로부터 데이터를 수신한 RSU는 자신의 전송 영역 이내의 가장 앞선 하나의 차량 노드에게 데이터를 전달한

다. 하지만 실제의 도로 환경에서는 차량 노드들의 다양한 속도와 가속도로 인하여 서로 추월하는 경우가 발생하므로 가능한 많은 차량 노드에게 데이터를 전달하면 다음 RSU로의 데이터 전달 시간을 단축시킬 가능성이 있다.

본 논문에서는 기존의 연구[1]를 기반으로 RSU가 데이터를 수신하면 자신의 전송 영역 이내의 모든 차량 노드에게 데이터를 전송하며, 이를 정해진 시간 동안 반복적으로 전송하는 방법을 제안한다. 이를 통하여 다수의 차량 노드들의 특정 시간 동안 데이터 전달에 따른 데이터 전달 지연값의 변화, 그리고 이에 따른 에너지 소비의 변화에 대하여 분석하고자 한다.

II. 제안하는 데이터 전달 방법

본 논문에서는 차량 노드간의 직접적인 통신이 제공되지 않으며 단지 RSU와 차량간의 통신만이 가능한 V2I 형태의 VANET 시스템을 고려한다. RSU의 전송 거리는 그들 사이의 거리에 비하여 매우 짧기 때문에 이들간의 직접적인 통신은 불가능하다. 따라서 이동하는 차량 노드를 데이터 전달매체로 사용한다. 또한 RSU의 구현 특성상 도로의 주변에 위치되며 외부로부터의 전력 공급을 받기가 어려워 에너지 수집 장치에 의존하는 경우가 많다. 이러한 경우 RSU는 에너지 소비 측면에서 효과적인 데이터 전달 방법을 적용하여야 할 것이다.

기존의 연구[1]에서 제안하는 방법에서는 데이터를 보유한 차량 노드가 앞쪽에 위치한 RSU의 전송 영역 이내에 진입하는 시점에 해당 RSU로 데이터를 송신할지 여부를 결정한다. 이는 본 RSU가 데이터를 전달에 참

여해야만 목표로 하는 데이터 전달값을 만족시킬 수 있는 경우에만 데이터 전송을 실시한다. 또한, RSU의 전송 거리는 자신의 에너지값의 제공근에 비례하도록 설정한다. 데이터를 수신한 RSU는 즉시 자신의 전송 영역 이내의 가장 선두의 차량 노드에게 데이터를 전송한다.

본 논문에서는 단일의 차량 노드가 아닌 해당 RSU의 전송 영역 이내의 모든 차량 노드에게 데이터를 전송하도록 한다. 또한 일정한 시간 동안 주기적으로 동일한 데이터를 전송함으로써 보다 많은 차량 노드들이 데이터를 보유하도록 한다. 이는 차량 노드들이 다음의 RSU로 향하는 동안 각각의 속도의 변화로 인하여 후방에 위치한 차량 노드일지라도 앞서 나갈 수 있기 때문이다. 이를 통하여 다음 RSU의 전송 영역에 가장 먼저 도착하는 차량 노드가 해당 RSU로 데이터를 전송하도록 한다.

III. 성능 비교 및 분석

제안하는 방법의 성능 분석과 기존의 방법과의 비교를 위하여 3개의 차로를 가지는 단방향의 도로 환경을 고려하며 RSU들은 발신지 1번, 도착지 N 번이며, 그 사이에는 번호가 순서대로 부여되어 있다고 가정한다. 그리고 RSU k 는 RSU 1을 기준으로 하여 $y(k)$ 미터 떨어져 있다고 가정하며 이웃하는 RSU 사이의 거리는 4000 미터로 가정한다. 차량의 밀도, 시간에 따른 속도, 위치, 추월, 차로선택 방법 등의 데이터는 SUMO (Simulation of Urban MObility) 시뮬레이터[4]를 이용하여 획득한 값들을 사용하였다. 이 경우, 실제 도로상에서의 관측을 통한 차량 흐름의 분석 결과[5]를 기준으로 파라미터 값을 설정하였다.

임의의 RSU k 가 데이터를 수신하는 시간을 T_k 이라고 하고 해당 RSU가 자신을 중심으로 양방향으로 동일한 전송 거리 $R(k)$ 이내의 모든 차량 노드에게 D 초 동안 데이터를 송신한 경우, 데이터를 보유한 차량 노드들의 집합 V_k 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_k = \left\{ i \mid y(k) - R(k) \leq x(i, t) \leq y(k) + R(k), \right. \\ \left. T_k \leq t \leq T_k + D \right\} \quad (1)$$

여기서 $x(i, t)$ 는 차량 노드 i 의 t 시간에서의 위치를 의미한다.

데이터의 발신지와 목적지 RSU 사이의 모든 RSU에서 위와 같은 데이터 전송 과정을 반복하여 최종적으로 데이터가 목적지 RSU에 도착하는 시점, 즉 데이터 전송 지연값 L 은 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$L = \min t \\ s.t. \exists i \in V_{N-1}, y(N) - R(N) \leq x(i, t) \quad (2)$$

그림 1은 $R(k)$ 값이 최대 400 미터인 환경에서 D 의 변화에 따른 데이터 전달 지연값을 보여주고 있다. 그림에서와 같이 전체 구간에서 기존의 방법에 비하여 감소된 데이터 전달 지연값을 보여줄 수 있다. 그리고 D 값이 증가할수록 지연값은 감소함을 알 수 있다. 이는 데이터 전송 시간의 증가로 인하여 보다 많은 차량 노드들이 데이터를 보유하게 되고 이들 중 가장 전방에 위치한 차량 노드가 그 다음의 RSU에 데이터를 전달하므로 기존의 방법보다 지연값을 감소시키기 때문이다. 다만 D 값이 약 2초를 넘어서면 그 효과가 점차 감소함을 알 수 있다. 이는 차량 노드들의 속도 변화량, 즉 가속도와 감속도의 한계로 인하여 데이터를 보유한 차량 노드의 수가 어느 정도 증가하게 되더라도 후방의 차량 노드가 가장 전방에 위치할 가능성이 감소하기 때문이다.

더불어, 차량 밀도가 증가할수록 데이터 전달 지연값이 감소함을 알

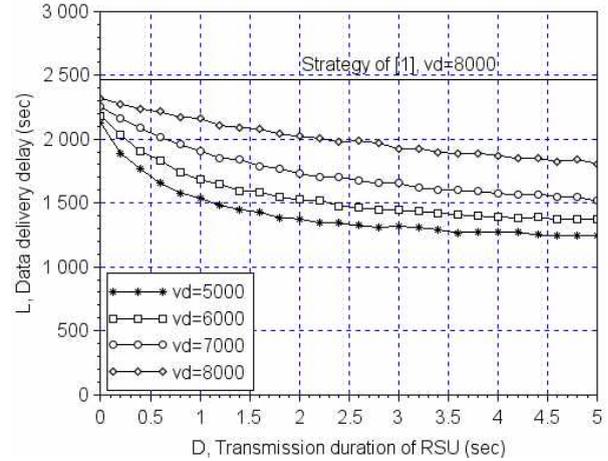


그림 1. RSU의 전송 시간에 따른 데이터 전달 지연값

수 있다. 이는 높은 차량 밀도는 차량 노드들의 평균 속도와 가속속도의 감소로 인하여 데이터 전달 지연값의 감소 효과가 줄어들음을 확인할 수 있다. 결과적으로 실제 시스템에서 RSU의 데이터 전송 시간을 적절히 조절함으로써 목표하는 데이터 전달값 감소량을 확보할 수 있을 것이다. 다만 이 경우 RSU의 에너지 소비량이 증가하는 단점은 존재하므로, 두 변수 간의 트레이드오프를 적절히 조절하여야 할 것으로 예상된다.

III. 결론

본 논문에서는 V2I 시스템에서 RSU 사이의 데이터 교환을 위하여 차량 노드를 데이터 전달 매체로 사용하는 데이터의 전달 지연값을 감소시키는 방법을 제안하였다. 결과적으로 기존의 방법에 비하여 데이터 전달 지연값을 감소시킴을 확인하였다. 또한, 도로의 교통 환경과 RSU의 에너지 상태 등에 따라 시스템 상태에 따라 데이터 전달 지연값의 목표값을 변경하고 이를 만족할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] [3] B. Suh, "Variable transmission distance-based data delivery strategy to support near-optimal delivery delay for V2I systems", The Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 17, No. 12, pp.93-100, Dec. 2019.
- [2] M. J. Khabbaz, W. F. Fawaz, and C. M. Assi, "Which vehicle to select?", IEEE Commun. Lett., Vol. 16, No. 6, pp. 812-815, June 2012.
- [3] C. Guo, D. Li, G. Zhang, and Z. Cui, "Data delivery delay reduction for VANETs on bi-directional roadway", IEEE Access, Vol. 4, pp. 8514-8524, Dec. 2016. Shamir, A. "On the security of DES," Advances in Cryptology, Proc.Crypto '85, pp. 280-285, Aug. 1985.
- [4] SUMO - Simulation of Urban MObility, available at <http://sumo.dlr.de>, [Accessed: Nov. 21. 2020]
- [5] A. Mehar, S. Chandra, and S. Velmurugan, "Speed and acceleration characteristics of different types of vehicles on multi-lane highways", European Transport, Vol. 55, No. 1, pp. 1-12, Jan. 2013.

지상파 UHD 기반 재난경보서비스를 위한 수신된 재난정보 활용에 관한 연구

조정섭, 이상윤, 배병준

한국전자통신연구원

kscho, syllee, 1080i@etri.re.kr

A Study on Utilization of Received Disaster Information for Terrestrial UHD-Based Emergency Alert Service

Kyeongseob Cho, Sang-Yun Lee, and Byungjun Bae

ETRI

요약

현재 전 세계적으로 이상기후나 지진 등의 자연재난이 매우 증가하고 그 피해도 커지고 있다. 이에 선진국들은 자국민의 생명과 재산 보호를 위해 다양한 매체를 활용하여 신속하게 재난경보를 전달하기 위해 애쓰고 있다. 본 논문에서는 기상청, 행정안전부 등 기관에서 재난 정보를 발령한 경우 이를 수신한 방송사가 지상파 UHD 수신기에 재난정보를 전달하는데 필요한 긴급재난정보 생성을 위해서, 방송사가 수신된 재난정보 중 활용하는 정보에 대해 기술하였다.

I. 서론

현재 전 세계적으로 이상기후나 지진 등의 자연재난이 매우 증가하고 그 피해도 커지고 있다. 이에 선진국들은 자국민의 생명과 재산 보호를 위해 다양한 매체를 활용하여 신속하게 재난정보를 전달하기 위해 애쓰고 있다.[1]

본 논문에서는 기상청, 행정안전부 등 기관에서 재난 경보를 발령한 경우 이를 수신한 방송사가 지상파 UHD(Ultra High Definition) 시청자에게 재난정보를 전달하려면 긴급재난정보를 생성해야 하는데, 이를 위해 수신한 재난정보 중에서 이용하는 정보에 대해 살펴보고자 한다. 먼저 2장 1절에서는 재난정보의 개략적인 흐름에 대해 살펴보고, 2절에서는 방송사가 수신한 재난정보와 UHD 수신기에 전달할 재난정보에 대해 기술하고, 3절에서는 방송사가 지상파 UHD 수신기에 긴급재난정보를 전달하는데 필요한 정보 생성을 위해 방송사가 수신한 재난정보에서 이용하는 정보를 기술하고, 마지막 3장에서 결론을 맺는다.

수신하여 CAP(Common Alert Protocol; 공통경보 프로토콜) 메시지를 생성한다. 방송 경보 게이트웨이에서는 CAP 메시지를 수신하여 UHD 재난방송 관련 재난정보를 추출하여, 지상파 UHD 재난방송망이나 수신기로 보낼 긴급재난정보(AEA: Advanced Emergency informAtion) 서비스를 위해 이를 긴급재난정보 테이블(AEAT: Advanced Emergency informAtion Table)로 변환한다. 변환된 테이블 이용하여 방송사에서는 재난방송 수신 단말로 재난정보를 보내 수신 단말에서 긴급재난정보를 표출하는 단계로 구성된다. 통합 경보 플랫폼은 국가정보자원관리원에 위치하며, 방송 경보 게이트웨이는 방송국에 위치한다.

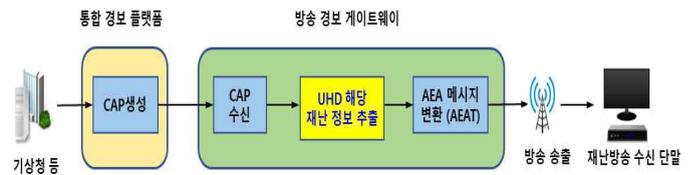


그림 1. 재난정보 전달 흐름도

II. 본론

1. 재난정보 전달 흐름

<그림 1>은 기상청, 행정안전부 등에서 재난 발생 시 보내 주는 재난정보를 받아 방송사에서 UHD(Ultra High Definition) 재난방송 수신 단말로 재난 정보를 전달하는 흐름을 나타내고 있다. 기상청 등 재난정보 관계 기관에서 재난 발생 시 보내 주는 재난정보 메시지를 통합 경보 플랫폼이

2. CAP과 AEAT 개요

2.1 CAP

CAP은 모든 유형의 경보에 대해 사용 가능한 개방형 비독점적 디지털 메시지 규격으로 국내 TTA 표준이다. 다양한 유형의 재난정보를 위해 현재 환경에서는 이기종의 발령대와 경보 단말을 이용하고 있는데, CAP은

서로 호환 되지 않는 이기종 경보 체계의 소프트웨어 인터페이스의 문제점을 해결하여 운영상 복잡성과 비용을 감소시킬 수 있으며, 계속 사용이 확대되는 추세다.

<그림 2>는 CAP 메시지의 문서객체모델을 나타내고 있다. CAP 메시지는 하나의 <alert> 세그먼트로 구성된다. <alert> 세그먼트는 하위요소로 여러 개의 <info> 세그먼트를 가질 수 있고, <info> 세그먼트는 하위요소로 여러 개의 <area>와 <resource> 세그먼트를 가질 수 있다. <alert> 세그먼트는 경보메시지의 기본 정보를 제공한다. 목적, 송신자, 상태, 메시지 식별자, 관련 정보를 위한 링크 등을 포함한다. <info> 세그먼트는 사건의 긴급성, 심각성, 발생확률, 사건의 분류 등 속성에 대해 기술한다. <resource> 세그먼트는 <info> 세그먼트에 있는 정보와 관련된 추가적인 정보를 제공한다. 이러한 추가적인 정보는 이미지 또는 오디오 파일과 같은 디지털 매체의 형태로 제공된다. <area> 세그먼트는 <info> 세그먼트에서 기술한 사건의 영향권역을 표현한다.[2]

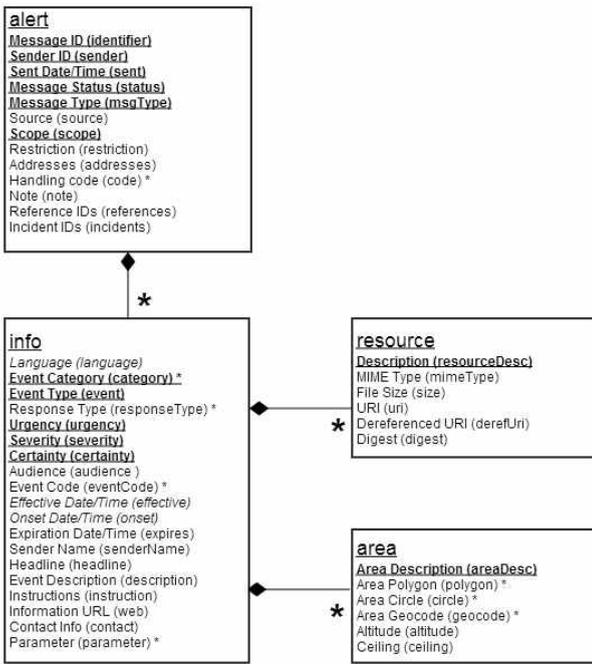


그림 2. CAP 메시지의 문서객체모델

2.2 AEAT

방송사가 지상파 UHD 수신기에 긴급재난정보를 전달하기 위해 AEAT(긴급재난정보 테이블)을 생성한다. 방송사는 재난 유형, 규모, 위치, 우선순위, 이용자 등을 포함한 긴급재난에 대한 세부사항 표시가 가능하며, 방송 또는 광대역을 통해 AEA(긴급재난정보) 관련 리치 미디어 파일도 제공할 수 있다. AEAT는 리치 미디어 파일을 특정 긴급 메시지와 연결하고 현재 긴급 사건의 실시간 정보를 제공하는 채널을 표시하여 제공할 수 있다. <표 1>은 AEAT 엘리먼트 구조를 나타내고 있다.[3]

표 1. AEAT 엘리먼트 구조

엘리먼트/속성 이름	내용
AEA	향상된 긴급 정보 메시지 포맷(Advanced Emergency Information Message Format)
@aeaId	AEA 메시지 식별자

@issuer	방송국 또는 메시지 생산자(정부기관)를 식별 또는 설명
@audience	AEA 메시지를 수신하는 대상 표시
@aeaType	메시지의 일반 범주 식별자
@refAEAId	이전의 AEA 메시지 식별에 사용되는 aeaId
@priority	메시지의 우선순위
@wakeUp	비상시 wake-up 이벤트가 활성화된지 여부
Header	
@effective	AEA 메시지의 유효 발생시간
@expires	AEA 메시지의 만료 시간
EventCode	사건 유형을 식별하는 코드
@type	국가 단위로 지정된 코드 도메인 문자열
EventDesc	긴급 사건에 대한 간단한 텍스트 설명
@lang	EventDesc 각 요소의 언어를 나타내는 코드
Location	AEA 메시지의 영향을 받는 영역을 식별하는 지리적 코드
@type	국가 단위로 지정된 코드 도메인 문자열
AEAText	긴급 사건 통지에 대한 자세한 텍스트를 포함
@lang	AEA 메시지 텍스트 각 요소의 언어를 나타내는 코드
LiveMedia	방송 스트림을 통해 전달되는 긴급 관련 실시간(라이브) A/V 서비스 정보를 포함
@bsid	긴급 관련 라이브 A/V 서비스를 포함하는 방송 스트림의 식별자
@serviceId	긴급 관련 A/V 서비스를 식별하는 정수
ServiceName	LiveMedia를 사용할 수 있는 서비스에 대한 사용자 친화적인 이름
@lang	ServiceName 각 요소의 언어를 나타내는 코드
Media	비실시간 멀티미디어 자원의 구성요소 부분 포함
@lang	미디어 각 요소의 언어를 나타내는 코드
@mediaDesc	미디어 파일의 유형 및 내용에 대한 짧은 텍스트 설명
@mediaType	용도 식별 세가지 미디어 유형
@url	미디어 파일 주소
@alternateUrl	방송망이 아닌 통신망을 이용한 대체 URL 주소
@contentType	미디어 콘텐츠의 인터넷 미디어 유형
@contentLength	미디어 @url에서 참조하는 미디어 콘텐츠의 바이트 크기
@mediaAssoc	@mediaType에서 설명된 대로 이 속성이 연결된 다른 미디어 요소의 URL

3. 추출 정보 정보

본 장에서는 긴급재난 발생 시, 방송사가 지상파 UHD 수신기에 긴급재난정보를 전달하기 위한 AEAT 생성을 하는데 필요한 정보를 CAP 메시지에서 추출하는 정보를 기술한다. 본 논문에서 대상 재난은 지진, 지진해일, 호우, 대설, 산불, 대규모화재, 황사, 가뭄, 안개, 화산의 10종으로 한정한다. 이들 재난 종류에 상관없이 공통으로 추출하는 정보와 재난 종류에 따라 추출하는 정보가 조금씩 다른 부분을 기술한다.

3.1 공통 추출 항목

CAP 메시지에서 추출하는 정보 중에서 공통으로 추출하는 정보는 다음과 같다. 공통 정보는 <alert> 세그먼트에서 identifier, sender, msgType 및 scope, <info> 세그먼트에서 eventCode 및 headline 엘리먼트들이다. <표 2>는 공통으로 추출하는 정보를 나타내고 있다.

표 2. 공통 추출 정보

그룹명	항목명 (영문)	항목명 (국문)	내용	의미
a l e r t	identifier	식별자	식별자	사건별 구분을 위한 구분 값
	sender	발령자	정보 발령 주체	재난 정보발령 주체 시스템
	msgType	정보유형	경보구분 코드	경보 메시지가 전달하는 내용 코드
	scope	범위	전파대상 코드	정보를 전파하고자 하는 대상
I n f o	eventCode	사건코드	재난분류에 따른 사건코드	재난의 종류에 따른 사건 코드 표시
	headline	기사제목	기사제목	발생 재난의 기사제목

표 4 호우, 대설, 산불, 대규모화재, 황사, 가뭄 및 안개 경보 관련 추가 추출 정보

그룹명	항목명 (영문)	항목명 (국문)	내용	의미		
a l e r t	I n f o	p a r a m e t e r	BroadcastText.ko-KR	방송자막	국문 재난방송 문안	재난방송 문안의 국문 버전
			Priority	우선순위	우선순위	경보문 우선순위 표시
	area	geocode	지역코드	피해 예상지역의 지역코드	피해 예상지역의 행정구역 코드	

3.2 재난 종류별 추가 추출 항목

1) 지진 경보 및 지진해일 경보

지진 경보 및 지진해일 경보 관련하여 CAP 메시지에서 추가로 추출하는 정보는 다음과 같다. parameter 엘리먼트에서 BroadcastText.ko-KR과 Priority, <resource> 세그먼트에서 resourceDesc, mimeType 및 uri, <area> 세그먼트에서 geocode 엘리먼트들이다. <표 3>은 지진 경보 및 지진해일 경보 관련하여 추가로 추출하는 정보를 나타내고 있다.

표 3. 지진 경보 및 지진해일 경보 관련 추가 추출 정보

그룹명	항목명 (영문)	항목명 (국문)	내용	의미		
a l e r t	I n f o	p a r a m e t e r	BroadcastText.ko-KR	방송자막	국문 재난방송 문안	재난방송 문안의 국문 버전
			Priority	우선순위	우선순위	경보문 우선순위 표시
	r e s o u r c e	resourceDesc	근거설명	진앙지도 설명	진앙지도 uri에 대한 설명	
		mimeType	표출종류	자료 타입	진앙지도 자료의 타입	
		uri	로컬 파일경로	진앙지도 uri	진앙지도 링크 uri 표시	
	area	geocode	지역코드	피해 예상지역의 지역코드	피해 예상지역의 행정구역 코드	

2) 호우, 대설, 산불, 대규모화재, 황사, 가뭄 및 안개 경보

본 항목의 경보 관련하여 CAP 메시지에서 추가로 추출하는 정보는 다음과 같다. parameter 엘리먼트에서 BroadcastText.ko-KR과 Priority, <area> 세그먼트에서 geocode 엘리먼트들이다. <표 4>는 호우, 대설, 산불, 대규모화재, 황사, 가뭄 및 안개 경보 관련하여 추가로 추출하는 정보를 나타내고 있다.

3) 화산 경보

화산 경보 관련하여 CAP 메시지에서 추가로 추출하는 정보는 parameter 엘리먼트에서 BroadcastText.ko-KR과 Priority 엘리먼트들이다. <표 5>는 화산 경보 관련하여 추가로 추출하는 정보를 나타내고 있다.

표 5. 화산 경보 관련 추가 추출 정보

그룹명	항목명 (영문)	항목명 (국문)	내용	의미		
a l e r t	I n f o	p a r a m e t e r	BroadcastText.ko-KR	방송자막	국문 재난방송 문안	재난방송 문안의 국문 버전
			Priority	우선순위	우선순위	경보문 우선순위 표시

III. 결론

본 논문에서는 기상청, 행정안전부 등 기관에서 재난 경보를 발령한 경우 이를 수신한 방송사가 지상파 UHD 수신기에 재난정보를 전달하는데 필요한 긴급재난정보 생성을 위해서, 방송사가 수신된 재난정보 중 활용하는 정보에 관해 기술하였다. 본 글에서는 지진, 지진해일 등 10종의 재난으로 한정하여 기술하였으나, 향후 더 많은 재난 종류에 대해서도 확장할 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-01364,재난피해 저감을 위한 지상파 UHD기반 재난방송 서비스)

참고 문헌

[1] 조경섭 외, “통합경보시스템에서의 지능·맞춤형 경보발령 연구”, 한국방송공학회 하계학술대회, 2015.7.
 [2] “공통경보프로토콜”, TTA.KO-06.0054, pp. 6, 2014.4.10.
 [3] “지상파 UHDTV 방송 송수신 정합”, TTA.KO-127/R4, pp. 135-136, 2019.12.11

5G 프론트홀 전달망을 위한 MTN 기술

고제수, 장순혁, 이준기
한국전자통신연구원 광네트워크연구실

jsko@etri.re.kr, shchang@etri.re.kr, juneki@etri.re.kr

MTN technology for 5G fronthaul transport network

Jesoo Ko, Sun Hyok Chang, Joon Ki Lee
Optical Network Research Section, ETRI

요약

본 논문에서는 5G 전달망 구조와 요구사항에 대해 알아보고 5G 프론트홀 전달망에 적용될 수 있는 후보 기술들에 대해 비교한다. 전달망 기술로는 이더넷, OTN, PON, TSN, MTN 등이 있다. 여러 전달망 기술 중 ITU-T에서 표준화 진행 중인 FlexE 기반의 MTN 기술에 대해 구조와 인터페이스 기술에 대해 살펴보기로 한다.

I. 서론

3GPP에서 정의한 5G 네트워크 구조와 시나리오에 의하여, 프론트홀은 RU(Radio Unit)와 DU(Distributed Unit) 간, 미드홀은 DU와 CU(Central Unit)간, 백홀은 CU와 5G 코어망 간 및 CU와 CU 간 네트워크로 구분할 수 있다[1]. 5G 전달망은 백홀, 미드홀, 프론트홀을 포함하여 구축할 수 있으며, 구축 시나리오에 따라 여러가지 전달망 구조가 있을 수 있다[2]. 5G 프론트홀에서의 용량과 지연 요구사항을 만족하기 위한 여러가지 전달망 기술들이 등장하고 있다. 5G 전달망에 적용될 수 있는 기술로는 기존의 이더넷, OTN(Optical Transport Network), PON(Passive Optical Network) 기술과 시간 민감형 프론트홀 적용을 위한 IEEE 802.1CM의 TSN(Time Sensitive Networking) 기술이 있으며, 그리고 ITU-T에서 표준화 진행 중인 새로운 MTN(Metro Transport Network) 기술이 있다[3][4].

본 논문에서는 대표적인 5G 전달망 구조와 요구사항을 살펴보고 5G 프론트홀 전달망에 적용될 수 있는 후보 기술들을 비교한다. 나아가 MTN 기술에 대해 ITU-T에서 표준화 진행 중인 MTN 구조와 인터페이스에 대해 살펴본다.

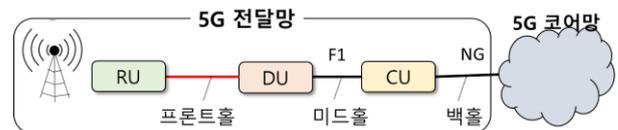
II. 본론

1. 5G 전달망 구조 및 요구사항

5G 전달망은 백홀, 미드홀, 프론트홀로 구분되며, 백홀과 미드홀용으로는 3GPP에서 NG 및 F1 인터페이스를 정의하고 있다. 그림 1에서 5G 전달망의 대표적인 구조를 보여 주고 있다. 5G 전달망 구조는

RAN(Radio Access Network) 구축 시나리오에 따라 여러가지 형태로 구축될 수 있다.

5G를 위한 전달망 구조에서 망 토폴로지의 경우 프론트홀 전달망에서는 스타 또는 링 망 토폴로지를 사용하며, 미드홀 전달망에서는 링 토폴로지를 사용하고, 백홀 전달망에서는 메시 토폴로지를 사용한다. 망 적용범위는 프론트홀은 1~20km, 미드홀은 20~40km, 백홀은 1~300km이며[2], 상세한 요구사항은 표 1과 같다.



(그림 1) 5G 전달망의 구조

5G 프론트홀 인터페이스 요구사항은 10Gb/s ~ 825Gb/s 용량, 100μs 이내 지연, 망 적용범위 20km 이하를 만족해야 한다.

<표 1> 5G 전달망 요구사항[2]

구분	프론트홀	미드홀	백홀
인터페이스	Fx, eCPRI	F1	NG, Xn
망 토폴로지	스타, 링	링	링, 메시
망 적용범위	1~20km	20~40km	1~10km Aggregation: 5~80km Core: 20~300km
용량	10Gb/s~825Gb/s	25Gb/s~800Gb/s	25Gb/s~800Gb/s
지연	< 100 μsec	1.5~10 msec	-

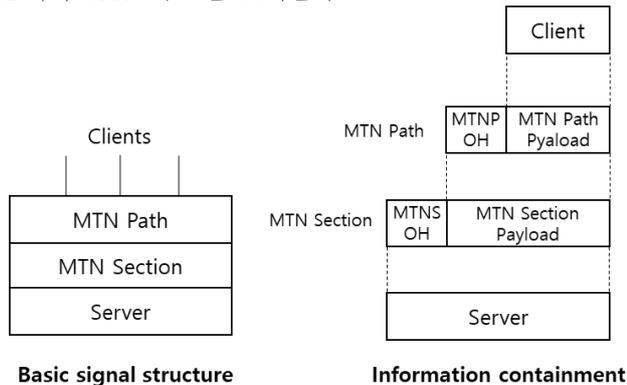
5G 프론트홀 전달망에 적용될 수 있는 전달망 기술로는 ITU-T 표준인 G.709 OTN 과 표준화 진행 중인 G.8310/G.8312 MTN 이 있으며, 그리고 IEEE 802.3 Ethernet 과 IEEE 802.1CM TSN 기술 등이 있다. ITU-T G.Supp66 에서는 PON 기술을 적용한 5G 프론트홀 전달망 솔루션을 제시하고 있다[6]. 프론트홀 전달 프로토콜로는 CPRI 밴드 규격인 eCPRI[7], 개방형 규격인 IEEE 1914.3 RoE 와 O-RAN 등이 있다. 표 2 에 5G 프론트홀 전달망 기술에 대한 비교를 보여준다. eCPRI 와 RoE 는 이더넷을 통해 전달할 수 있으며[8], O-RAN 은 eCPRI 또는 RoE 전달 헤더를 이용하여 전달한다[9]. 기존의 검증된 기술인 이더넷, OTN, PON 기술은 5G 프론트홀 전달망에 쉽게 적용할 수 있다. 시간에 민감한 프론트홀 전달을 위한 TSN 의 경우 새로운 프론트홀 인터페이스 기술을 지원하도록 프로파일 개정 중에 있다[10]. MTN 은 기존의 FlexE 기술과 이더넷 PHY 를 최대한 활용할 수 있도록 하여 새로운 5G 프론트홀 전달망 기술로 등장하고 있다.

<표 2> 5G 프론트홀 전달망 기술 비교

전달망 기술	관련 표준	전달 방법
이더넷	IEEE 802.3, IEEE 802.3cd	eCPRI over Eth, RoE over Eth, O-RAN over eCPRI/RoE over Eth
OTN	ITU-T G.709, ITU-T G.709.4	Eth over OTN, eCPRI over Eth over OTN
PON	ITU-T G.9806, ITU-T G.Supp66	Eth over PON
TSN	IEEE 802.3CM	Eth over TSN
MTN	G.8310, G.8312	Eth over MTN

2. MTN 구조 및 인터페이스 기술

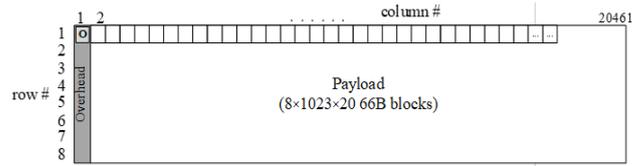
MTN 은 기존 Flex Ethernet (FlexE)[5] 기술 기반으로 모바일 트래픽의 전달을 지원할 수 있는 메트로 전달망 기술이다. 관련 권고안으로는 MTN 기능 구조 관련한 G.8310 과 MTN 인터페이스 관련한 G.8312 이 있다[3][4]. MTN 에서는 2 개의 새로운 계층망으로 경로(path) 및 섹션(section) 계층을 정의하고 있으며, 50GBASE-R, 100GBASE-R, 200GBASE-R, 400GBASE-R 플러그블 이더넷 모듈을 통해 모바일 트래픽을 전송할 수 있도록 하고 있다. 그림 2 에서 MTN 구조를 보여준다.



(그림 2) MTN 구조[4]

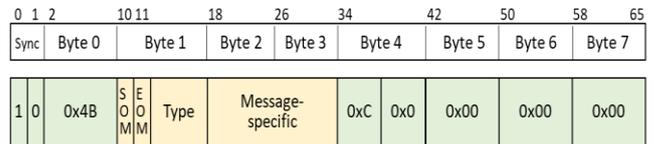
MTN 섹션 계층은 양방향, 대칭, 점대점 링크를 지원하며, 항상 이더넷 인터페이스를 통해 전달한다.

MTN 섹션 프레임은 FlexE 프레임과 동일하다. 그림 3 은 MTN 섹션 프레임의 구조를 보여준다.



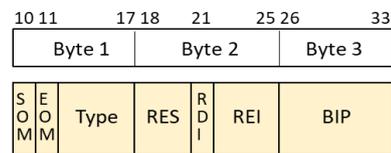
(그림 3) MTN 섹션 프레임 구조[4]

MTN 경로 계층은 64B/66B 블록에서 클라이언트 데이터와 경로 OAM 을 전달하는 유연한 연결을 제공하며, 이더넷 프로토콜 스택의 하위 계층을 사용한다. OAM 기능에는 연결 검증, 경로 모니터링, 경로 상태 및 지연 측정 기능 등이 있다. 또한, 경로 계층 SNCP(Sub-Network Connection Protection)를 위한 보호절체 오버헤드를 지원한다. 경로 계층 클라이언트는 FlexE 클라이언트가 FlexE 그룹의 calendar 슬롯에 매핑되는 것과 동일한 방식으로 섹션 5 Gbit/s calendar 슬롯에 매핑된다. MTN 경로는 MTN 섹션 계층 내에서 5Gbit/s calendar 슬롯의 정수(n)배로 전송된다. 따라서 MTN 경로의 비트레이트는 n x 5Gbit/s 이다. MTN 경로 오버헤드는 OAM 정보 요소들로 이루어진 일련의 메시지로 정의한다. 메시지는 ordered set 블록으로 인코딩되며, O-code 0xC 를 사용하여 식별한다. 각 메시지 포맷은 Byte 1~3 의 내용으로 이루어 진다. 그림 4 는 66B 블록으로 구성된 MTN 경로 OAM 구조를 보여준다.



(그림 4) MTN 경로 OAM 의 66B 블록 구조[4]

MTN 경로 OAM 의 기본 메시지는 그림 5 와 같이 경로 상태(RDI) 및 에러 모니터링 정보(REI)를 포함하며, 2 value bytes(Byte 2 및 3)를 포함하고 1 블록으로 인코딩된다.



RES: Reserved, RDI: Remote Defect Indication, REI: Remote Error Indication, BIP: Bit Interleaved Parity

(그림 5) 기본 메시지 포맷[4]

메시지 블록은 단일 또는 멀티 블록으로 이루어진다. 표 3 은 SoM(Start of Message) 및 EoM(End of Message) 비트의 사용에 대해 설명한 것이다.

<표 3> SoM 및 EoM 비트 설명[4]

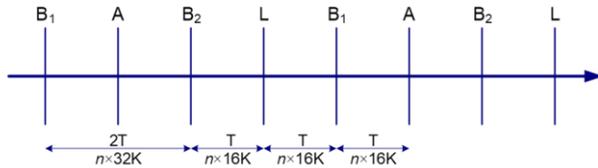
SoM	EoM	설명
0	0	멀티 블록 메시지의 중간 블록
0	1	멀티 블록 메시지의 마지막 블록
1	0	멀티 블록 메시지의 최초 블록
1	1	단일 블록 메시지

표 4 는 MTN 경로 OAM 메시지 종류와 할당된 Type 비트에 대해 보여준다.

<표 4> MTN OAM 메시지 종류 [4]

메시지 종류		블록수	Type
기본 메시지 (Basic message)		1	001111
자동보호절체 (APS)		2	010001
저순위 (Low priority)	연결 검증 (CV)	17	110011
	단방향 지연측정 (1DM)	5	110101
	양방향 지연측정 (2DMM)	5	111001
	양방향 지연측정 응답 (2MDR)	13	110000
	클라이언트 신호 (CS)	1	110110
	미래용으로 예약 (Reserved)	32~64	100001 100010 100100 100111 101110 111010 111100 111111

경로 OAM 블록은 $n \times 16K$ 블록 주기로 클라이언트 블록 시퀀스에 삽입하며, 그림 6 에서와 같이 규칙적인 패턴으로 삽입한다. 전체 삽입 주기는 256 OAM 삽입 기회를 갖는다. 각 OAM 블록의 실제 삽입이 지정된 지점에서 지연되어 삽입되더라도 다음 블록의 삽입 지점은 변경되지 않는다. 경로 OAM 의 삽입을 위해서 클라이언트 블록 시퀀스에서 Idle 블록을 필요한 만큼 제거한다. 경로 OAM 수신 시에는 OAM 블록을 제거한 후 Idle 블록을 삽입한다.



B: basic message, A: APS message, L: low priority message,
n: 5Gbit/s calendar 슬롯의 수

(그림 6) 경로 OAM 삽입 기회 패턴 [4]

이상 살펴본 바와 같이 MTN 기술은 FlexE 기술을 기반으로 하고 있어 기존 기술을 최대한 활용할 수 있으며, 패킷 사이에 경로 오버헤드를 추가함으로써 OAM 및 보호절체 기능을 손쉽게 구현할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 5G 전달망 구조와 요구사항에 대해 개괄적으로 살펴보고 프론트홀 전달망에 적용될 수 있는 후보 기술들을 소개하였으며, ITU-T 에서 표준화 진행 중에 있는 FlexE 기반의 MTN 기술 관련하여 MTN 구조와 MTN 인터페이스 기술에 대해 살펴보았다. 향후 MTN 기술은 5G 프론트홀 전달망을 위한 기술로 비용 효과적으로 구현할 수 있을 것이다.

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2020-0-00847, 5G+ 기지국 프론트홀 기술 개발)

참 고 문 헌

[1] 3GPP Release 15, TS 38.470 ... 475 series (NG-RAN; F1 interface), 2019.05.

[2] Technical Report ITU-T GSTR-TN5G, Transport network support of IMT-2020/5G, 2018.02.
 [3] Draft Rec. ITU-T G.8310, Functional architecture for metro transport network, 2020.09.
 [4] Draft Rec. ITU-T G.8312, Interfaces for a metro transport network, 2020.09.
 [5] OIF-FLEXE-02.1, OIF IA Flex Ethernet 2.1, 2019.07.
 [6] Rec. ITU-T G.Sup66, 5G wireless fronthaul requirements in a passive optical network context, 2020.09.
 [7] eCPRI Specification V2.0, Common Public Radio Interface: eCPRI Interface Specification, 2019.05.
 [8] IEEE Std 1914.3-2018, IEEE Standard for Radio over Ethernet Encapsulations and Mappings, 2018.09.
 [9] ORAN-WG4.CUS.0-v02.00, O-RAN Fronthaul Working Group, Control, User and Synchronization Plane Specification, 2019.03.
 [10] IEEE P802.1CMde/D2.0, Draft Standard for Local and metropolitan area networks, Time-Sensitive Networking for Fronthaul - Amendment: Enhancements to Fronthaul Profiles to Support New Fronthaul Interface, Synchronization, and Syntonization Standards, 2019.11.

포토닉스 기반 THz 전송링크를 이용한 무압축 4K UHD 영상 전송 시험

*김승환, 김언상, 문상록, 조승현

*한국전자통신연구원 네트워크연구본부

*sammy@etri.re.kr

Uncompressed 4K UHD Video Transmission Test using Photonics-based Terahertz Network

Seung Hwan Kim, Eon Sang Kim, Sang Rok Moon, Seung Hyun Cho

요약

본 논문에서는 차세대 이동통신에서 고려하고 있는 포토닉스 기반 THz 전송링크를 이용한 시스템의 기술적 검증을 위하여 무 압축 4K UHD 영상신호를 이용하여 전송 장치를 구축하고 시험하였다. 그 결과 6Gbps 급 무압축 4K UHD 영상 신호가 테라헤르츠 캐리어 주파수 295GHz 링크에서 무선 구간 2m 까지 오류 없이 전송되었음을 확인하였다.

I. 서론

최근 떠오르고 있는 6G 이동통신의 주요 쟁점 중 하나는 주파수 자원의 부족 문제로, 테라헤르츠 주파수 대역은 기존에 사용 중인 주파수 자원과 비교하여 가용 주파수 대역이 넓어 범국가적인 차원에서 전파 자원의 경제적인 활용이 가능하다. 테라헤르츠 주파수 대역을 이용한 시스템은 100 기가급 모바일 데이터 서비스 제공이 가능하다는 장점도 가지고 있지만, 근거리 전송 용도로 사용해야 하는 한계성도 가지고 있다. 테라헤르츠 주파수 대역을 이용한 시스템 개발은 아직 국내외적으로 연구단계에 머무르고 있고, 최근 POC(Proof of Concept)를 위한 여러가지 방안이 연구단계에서 검토되고 있다. 이중 영상신호를 이용한 시연 결과로 무압축 HD 영상신호 및 압축된 UHD 영상신호에 대한 전송 연구 결과가 발표되었다[1][2].

본 논문에서는 무압축 4K UHD 동영상을 광학적 헤테로다인 기술(Optical Heterodyne Technique)을 적용한 직접 변조 레이저 기반 테라헤르츠 전송 링크를 통해 무압축 4K UHD 동영상 (3840x2160, 30 frames/sec)에 해당하는 6 Gb/s 데이터를 전송 시험하기 위한 시스템 구성을 설명하고, 그 결과를 기술한다.

II. 본론

그림 1 은 무압축 4K UHD 동영상을 전송하기 위한 시험장치의 구성을 나타낸다. 시험장치는 크게 송신부와 수신부로 구성된다. 시험장치의 송신부는 무압축 4K UHD 동영상을 광 기반 테라헤르츠 광신호 생성부를 통해 테라헤르츠 신호를 생성 후 전송하는 역할을 하며, 시험장치의 수신부는 테라헤르츠 신호를 수신 복조 후 무압축 4K UHD 동영상 데이터를 검출하고 모니터를 통해 재생하는 역할을 한다. 이 때 테라헤르츠 송수신을 위해 양측에 테라헤르츠 안테나를 이용해야 한다.



그림 1. 무압축 4K UHD 동영상을 전송하기 위한 시험장치

그림 2 는 무압축 4K UHD 영상 신호를 송수신하기 위한 시험장치의 구성도로, 데모 신호 생성부, 송신부, 수신부, 데모 신호 재생부로 구성되어 있다. 데모 신호 생성부에서는 무압축 4K UHD 영상 데이터가 전송 시스템을 통해 전송될 수 있도록 HDMI(High-Definition Multi-media Interface)신호를 SDI(Serial digital interface)로 변경해 주는 역할을 수행한다. 변환된 SDI 데이터는 6Gb/s 전송 속도의 NRZ(non-return to zero) 신호로 처리된다. 변환된 NRZ 신호는 RF 증폭기를 통해 신호 증폭 후 직접 변조용 레이저 다이오드인 DFB-LD (Distributed feedback Laser diode)로 입력된다.

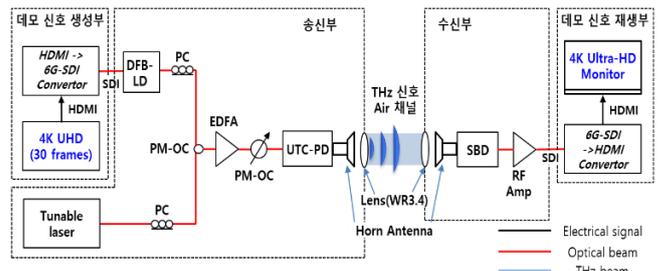


그림 2. 무압축 4K UHD 영상 신호를 송수신하기 위한 시험 장치의 구성도

테라헤르츠 무선 신호를 생성하기 위한 송신부는 서로 다른 파장을 가진 2 개의 광원과 광신호를 증폭하기 위한 광증폭기로 구성된다. DFB-LD 의 출력 광파워는 +9

dBm 으로 설정하고, 소광비 (Extinction ratio)를 증가시키기 위해 DFB-LD 출력에 광학적 대역통과 필터(OBPF, optical band-pass filter)를 연결하여 ‘0’ level 에 해당하는 스펙트럼 성분을 필터링 한다. 그리고 테라헤르츠 캐리어 주파수를 설정하기 위한 또 다른 광원으로 파장가변이 가능한 레이저(TLD, tunable laser)를 사용해야 하는데, 두 광원의 파장 간격을 수 nm 로 조정하고 테라헤르츠 캐리어 주파수를 약 295 GHz 로 설정한다. 송신부는 이외에도 UTC-PD 광입력 세기 조절을 위한 광감쇄기, 광학적 비팅을 통해 테라헤르츠 신호를 생성하는 UTC-PD, 생성된 테라헤르츠 신호를 무선으로 방사하기 위한 테라헤르츠 안테나로 구성된다. 수신부는 SBD (Schottky barrier diode), 수신용 테라헤르츠 안테나, RF 증폭기로 구성된다. 테라헤르츠 캐리어 신호를 통해 전송된 6 Gb/s 의 NRZ 신호는 테라헤르츠 안테나와 포락선 검출기(envelope detector) 인 SBD 를 통해 검출된다. 테라헤르츠 무선 신호 수신부를 통해 검출된 6 Gb/s 의 NRZ 영상 신호는 SDI to HDMI convertor 로 입력되고 serial to parallel 및 영상신호변환을 통해 무압축 4K UHD 동영상이 재생된다.

그림 3 은 THz 송신부와 수신부의 셋업을 나타낸다. UTC-PD 를 통해 생성된 THz 신호는 WR3.4 규격의 waveguide THz 안테나를 통하여 외부로 방사된다. 이때 방사된 THz 무선 신호를 수신부 측으로 잘 전달하기 위해 각기 다른 2 쌍의 THz lens 를 사용한다. 수신부로 THz 신호가 충분히 전달되도록 렌즈의 축을 조정하였으며, 수신부의 WR3.4 규격의 THz 안테나를 통해 THz 무선 신호를 수신하고 SBD 수신기의 envelope detection 을 통해 6 Gb/s 의 NRZ 신호를 복조 및 검출한다.

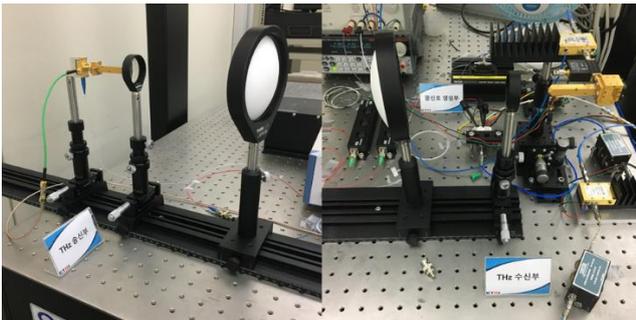


그림 3. THz 무선 신호 전송부 및 수신부

그림 4 는 실시간 무압축 4K UHD 동영상 전송 시험 중인 사진이다. 앞서 구성한 시스템 및 단위 시험 결과를 통해 링크 성능 확인 후, 실시간 무압축 4K UHD 동영상을 전송함으로써 영상 끊김 및 깨짐 현상없이 재생되는지 확인하였다. 시험 결과, 아래 사진 에서와 같이 무압축 4K UHD 동영상이 잘 전송되는 것을 확인할 수 있었다.

추가적으로, 그림 5 와 같이 THz 무선전송 구간 링크 단절로 인한 영상 끊김을 확인하기 위해 임의적으로 손을 넣어 링크 단절한 결과 영상 전송이 끊겨 화면이 블랙아웃됨을 확인하였고, 손을 원위치 하여 THz 무선 전송 링크 구간을 확보하자 그림 3 과 같이 영상이 원활하게 다시 재생되는 것을 확인하였다.

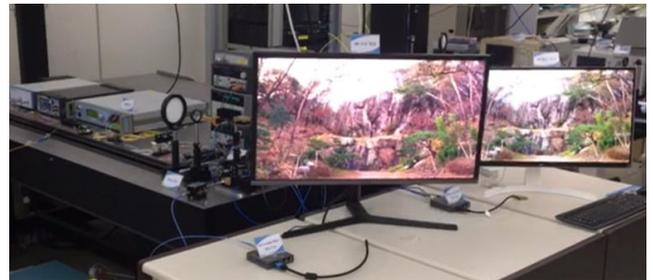


그림 4. 실시간 4K 무압축 동영상 전송 시험

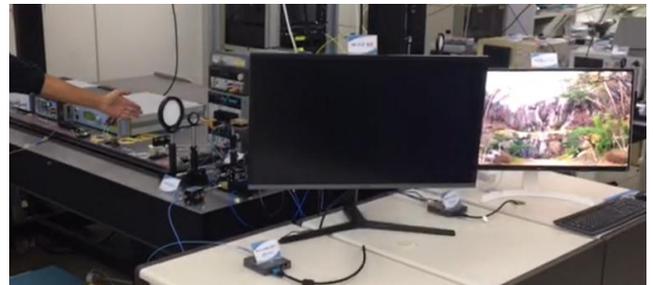


그림 5. 실시간 4K 무압축 동영상 전송 시험 중 테라헤르츠 무선 링크 단절로 인한 영상 끊김 시연

III. 결론

본 논문은 직접 변조 레이저 다이오드인 DFB-LD 를 사용해 THz 대역 무선 전송 시스템을 구현하고 25 Gb/s NRZ 신호 전송 결과에 관한 것이다. 10 Gb/s 부터 25 Gb/s 까지 NRZ 신호를 THz 무선 링크를 통해 전송하였고 추가적으로 파장 가변이 가능한 광학적 대역통과필터를 이용하여 직접 변조 레이저 다이오드 기반의 THz 전송 시스템에서 25 Gb/s NRZ 신호의 전송 성능을 향상시키는 방법에 대한 제안과 그 성능 분석을 시도하였다. 그 결과 6Gbps 급 무압축 4K UHD 영상 신호가 테라헤르츠 캐리어 주파수 295GHz 링크에서 무선 구간 2m 까지 오류 없이 전송되었음을 확인하였다.

본 연구를 통해, 현재 진행하고 있는 포토닉스 기반 근거리 테라헤르츠 전송링크를 이용한 시스템으로, 6G 이동통신뿐만 아니라 인빌딩 네트워크등 다양한 분야에 적용될 수 있다는 가능성을 볼 수 있는 계기가 되었다.

Acknowledgement

본 연구는 한국전자통신연구원 연구운영지원사업의 일환으로 수행되었음. [20ZH1100, 연결의 한계를 극복하는 초연결 입체통신기술연구]

참 고 문 헌

[1] Kathirvel Nallappan, el. “Uncompressed HD and Ultra-HD Video Streaming Using Terahertz Wireless Communications,” 2018 11th Global Symposium on Millimeter Waves (GSMM)

[2] S. Diebold, el. “High-speed error-free wireless data transmission using a terahertz resonant tunnelling diode transmitter and receiver,” Electronics Letters 24 Nov. 2016. Vol.52, No.24, pp. 1999–2001

이더넷 기반 다중도메인 차량 네트워크에서 경량화된 침입 탐지 방법 연구

전부선, 정보홍
한국전자통신연구원

bsjeon, bhjung@etri.re.kr

A study on the Lightweight Intrusion Detection for Automotive Ethernet based Multi-domain In-Vehicle Network

Boo-Sun Jeon, Bo-Heung Chung
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

기존의 차량에서는 CAN, LIN 등의 레거시 프로토콜이 많이 쓰였지만, 높은 대역폭, 경량화된 무게 등으로 인한 경제적 이점 등으로 많은 OEM 들이 차량용 네트워크(In-Vehicle Network)에 이더넷을 적용하고 있다. 기존의 차량에 대한 침입탐지 기술에 대한 연구는 데이터 링크 계층의 CAN 트래픽 데이터를 중심으로 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 차량 이더넷을 기반으로 하는 다중도메인 차량 네트워크에서, 차량 환경에 적합한 경량화된 침입 탐지 방법에 대하여 살펴보고자 한다.

I. 서 론

차량에 자율주행이나 지능형 서비스 등이 탑재되면서, 대역폭에 대한 수요가 증가하였다. 기존에 차량에서 쓰이던 CAN, LIN, FlexRay, MOST 등의 여러 가지 단점을 보완하기 위하여 차량 내에 이더넷이 사용되기 시작하였다.

차량에 이더넷이 도입되면서, 외부와의 통신이 연결되고, 이는 해커나 외부의 침입의 가능성이 높아진다. 차량 네트워크에 대한 공격은 탑승자의 안전에 심각한 영향을 초래하므로, 별도의 보안 기술이 필요하다.

차량의 모든 통신이 이더넷으로 변환되지는 않을 것으로 예측된다. 차량 구동에 쓰이는 기존의 제어기 영역은 기존의 CAN, LIN 등과 같은 레거시 통신이 쓰이고, 멀티미디어, 자율주행, 지능형 서비스 등의 새로운 서비스들에서는 이더넷이 사용되는 형태가 과도기적으로 쓰일 것으로 예측된다.

기존의 차량 네트워크의 침입탐지 기법은 레거시(주요 CAN) 네트워크를 대상으로 하는 기술이기 때문에, 그 기법을 이더넷 기반 멀티 도메인이 혼재된 차량에 적용하기는 어렵다. 또한, 일반 이더넷에서의 침입탐지 기술 또한 차량의 특성이 반영되지 않아, 그대로 적용되기 어렵다.

본 논문에서는 차량 이더넷을 포함한 다중 도메인으로 구성된 차량의 내부 네트워크를 모니터링 하여, 침입을 탐지하는 방법에 대하여 살펴보고자 한다.

II. 관련 연구

차량 내부 통신(In-Vehicle Network)을 모니터링 하여 이상징후를 탐지하는 시스템은 주기적으로 전송되는 CAN 메시지의 특성 상, CAN-BUS 상에서의 메시지 컨텐츠, 파라미터 통계, 전환 패턴, 타이밍, 기간 등을 분석한다.[1][2]

최근에는 사용자의 Behavior 를 기반으로 정상 데이터를 머신러닝을 통해 학습시키고, 학습된 모델을 차량에 적용하여 이상징후를 탐지하는 방법들이 연구되고 있다. 다양한 논문들에서 차량용 이상징후 탐지 학습 모델로 다양한 알고리즘이 제안되었으며, RNN, OCSVM 을 비롯하여 Sand-Sprinkled Isolation Forest 기법 등이 제안되었다[3][4].

이러한 기존의 차량용 이상징후 탐지 시스템은 모두 CAN 트래픽을 대상으로 하며, 차량용 이더넷 망을 대상으로 하는 이상징후 탐지 시스템에 대한 연구는 아직 미미하다.

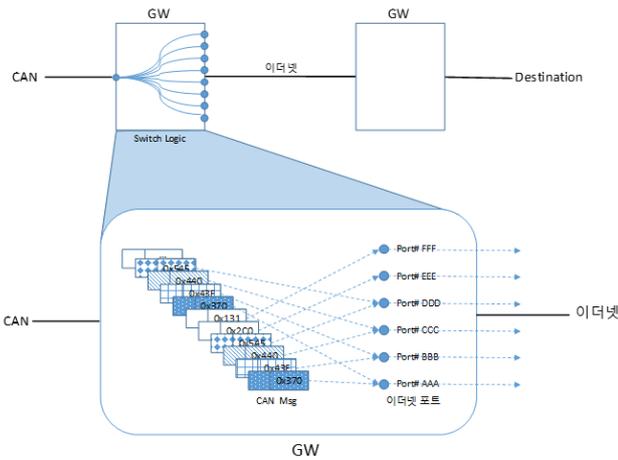
차량 이더넷 기반 이상징후 탐지 시스템은 차량용 이더넷의 트래픽 특성을 반영하여 개발되어야 한다.

일반 이더넷의 이상징후 탐지 시스템과 비교하면 차량용 이더넷을 대상으로 하는 이상징후 탐지 시스템은, 저속의 컨트롤러나 한정된 메모리 등 제한된 리소스 환경, 온도 및 습도, 속도 등의 열악한 주변 환경 등을 감안하여 설계되어야 한다.

III. 본 론

1) CAN ID 별 별도 포트 맵핑을 통한 전송

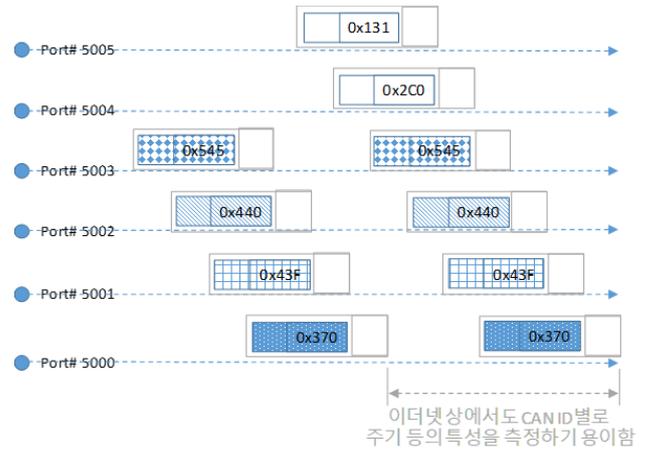
차량의 CAN 통신은 주기적으로 전송되는 특징이 있다. CAN 프레임 메시지 하나는 최대 8byte 로, CAN bus 는 고작 최대 1Mbps 속도이다. CAN 통신의 데이터량이 작기 때문에, CAN 메시지들은 이더넷으로 변환될 때, 보통은 1 개의 연결을 통해 데이터를 일괄 전송한다. 본 논문에서는 [그림 1]과 같이 CAN 메시지를 이더넷 메시지로 변환하여 전송할 때, 도메인 게이트웨이에서 CAN ID 를 Port 번호와 1:1 맵핑하여 CAN ID 별로 별도의 포트에 메시지를 전송하도록 하는 방법을 제안한다.



[그림 1] CAN ID 별로 1:1 포트 할당하여 전송

CAN 메시지를 이더넷 패킷으로 변환하여 여러 개의 CAN 메시지를 하나의 연결에서 쭉 전송할 수도 있으나, 이럴 경우, CAN 메시지의 특성을 모니터링 하기 위해서는 이더넷 패킷의 페이로드를 일일이 살펴봐야 한다. 하지만 본 논문에서 제시하는 방법대로 도메인 게이트웨이에서 CAN ID 를 SrcPort 와 1:1 로 맵핑하여 설정하게 될 경우, 침입탐지 시스템에서는 이더넷 패킷의 Data 영역을 살펴보지 않아도, 헤더에 있는 SrcPort 값만으로 CAN ID 를 구분할 수 있다.

[그림 2]와 같이, 포트가 분리되어 전송되는 CAN 메시지들은 이더넷 상에서도 CAN 통신의 특성인 주기와 빈도 등을 쉽게 측정하여, 이상징후이 판단 용이하다. 또한, CAN 메시지 전체를 다 모니터링 하지 않고 중요한 메시지(예를 들면 제어 메시지 같은) 메시지들만을 선택하여 모니터링하는 것도 가능하다.

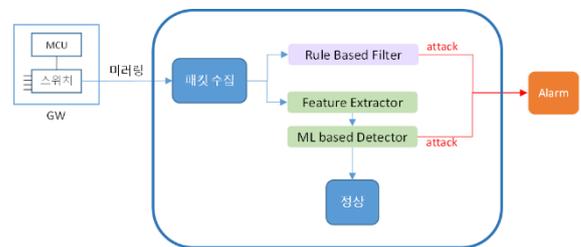


[그림 2] 포트별 이더넷 패킷으로 변환 전송되는 CAN 메시지

2) Static Rule 기반 필터링과 머신러닝 기법의 2 중의 탐지 구조

차내의 네트워크는 고정된 구조이다. 새로운 노드가 추가되는 일도 드물고, 출시 초기의 설정이 그대로 유지되는 경우도 대부분이다. 따라서 네트워크 헤더를 통해 고정된 값을 갖는 부분은 정해진 범위 내에서의 static 한 값들이 나타나는 필드가 많다. 이러한 필드의 낮은 새로운 값은 우선적으로 침입을 의심할 수 있다.

머신러닝 기반의 침입탐지를 시행하기에 앞서, 이러한 자동차만의 트래픽 특성을 이용해 간단하게 룰 기반 침입탐지를 시행한다면, 쉽고도 빠른 침입탐지가 가능할 것이다. 하지만 이러한 룰 기반의 필터만 시행한다면, 미리 알려지지 않은 공격은 탐지되지 않을 것이다. 따라서 본 논문에서는 [그림 3]과 같이, 차량 트래픽 특성을 이용한 Static Rule 기반 필터링과 머신러닝 기법의 2 중의 탐지 구조를 제안한다.



[그림 3] 룰기반 필터링과 머신러닝 기법의 2 중 탐지 구조

차량에서 사용되는 트래픽들은 고정된 특성을 갖는 경우가 많다. 예를 들어, AVB 트래픽의 시간 동기화를 담당하는 gPTP 헤더의 MessageType 은 Sync(0), Pdelay_Req(2), Pdelay_Resp(3), Follow_Up(8), Pdelay_Resp_Follow_Up(10)의 5 가지 값만이 전송된다. 예를 들어, VLAN 관련 필드는 PCP(Priority Code Point), DEI(Drop Eligible Indicator), ID(VLAN Identifier) 등의 필드는 고정된 값이 전송된다.

예를 들어, AVB 트래픽의 시간동기화를 위한 gPTP 패킷은 transportSpecific, versionPTP, domainNumber, sequenceID, messageType, messageLength, Flags, controlField, logMessageInterval 등의 값들이 고정된 하나의 값, 또는 고정된 몇가지의 값들 중 하나가 전송된다.

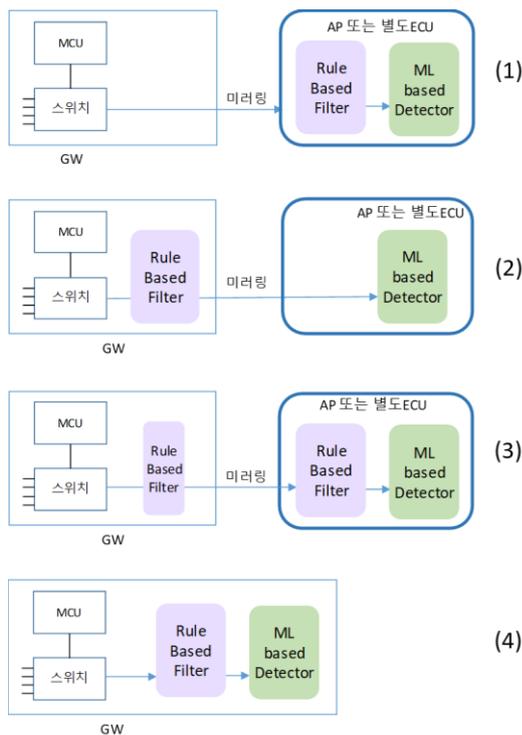
예를 들어, 도메인 게이트웨이를 통해 전송되는 패킷의 Src Mac Address 나, Dest Mac Address 등은 네트워크 토폴로지가 변경되는 일이 드문 자동차의 특성을 고려하면 거의 고정된 집합을 갖는다. 위와 같은 값들은 기존 데이터 관측에 나타나지 않은 값이 관측될 경우 static 한 rule 에 따라 이상징후로 볼 수 있다.

예를 들어, 호환성을 위해 정의되었으나 사용하지 않는 예약된(reserved) 필드가 존재하는데, 만일 이러한 reserved 필드에 특정 값이 들어간 경우 fuzzing 등의 공격이 수행된 것으로 판단할 수 있다.

예를 들어, 평소 전송되지 않던 Mac Address 에서 데이터가 전송된다면 침입을 의심해볼 수 있다.

이렇게 룰 기반으로 간단하고 쉽게 침입을 탐지하면 공격에 대한 알람을 발생시킨다. 이렇게 static 하게 고정된 하나의 값, 또는 고정된 몇가지의 값들 중 하나가 전송되는 헤더들에 대하여 룰 기반 필터링을 우선 수행한다. 그 후 정상으로 판단된 패킷에 대하여 머신러닝 탐지를 수행한다.

이때 2 중 구조의 침입탐지 시스템은 [그림 4]와 같이 다양하게 응용하여 배치될 수 있다.



[그림 4] 2 중 탐지구조의 하드웨어 배치방법

침입탐지를 위한 별도의 AP 나 ECU 에 룰기반필터와 머신러닝기반 탐지모듈을 모두 위치시키는 경우(1), 룰기반 필터를 게이트웨이에 배치하여 미러링을 최소화하는 경우(2), 룰기반 필터를 분류하여 게이트웨이에 일부, 침입탐지시스템에 일부 배치하는 경우(3), 모든 침입탐지 시스템을 게이트웨이에 포함하여 배치하는 경우(4) 등이다.

[그림 4]에서 룰기반 필터를 게이트웨이에 배치하는 (2)번의 경우에는, 게이트웨이에 큰 부하를 주지 않으면서 1 차적으로 걸러진 패킷만을 미러링 하므로 부하를 줄일 수 있다. 룰기반 필터가 게이트웨이와 침입탐지시스템 모두에 위치한 (3)번과 같은 구조는 룰기반 필터 중에서 자주 발생하거나 또는 중요한 룰을 일부 게이트웨이 적재하고, 나머지 전체 룰은 별도의 ECU 에서 동작하는 모습이다. 이러한 배치는 게이트웨이에 최소한의 부담을 지우면서, 미러링의 부하를 줄이거나, 중요한 데이터의 경우 게이트웨이에서 즉시 감지하여 그에 대한 대응을 해야할 필요가 있을 때 유용하다.

이때 게이트웨이에 적재하는 룰과 별도 AP 또는 ECU 에서 동작하는 룰의 구분은 실시간성 여부, 데이터의 발생 주기(10ms/20ms/50ms/100ms/200ms 등), 차량 내부 네트워크 도메인 별, ECU 의 중요도 등으로 구분하여 기준을 정해 나누어 적재할 수 있다.

3) Time Window 기반의 통계적 Feature 를 활용한 머신러닝 침입 탐지 기법.

머신러닝을 통한 침입탐지를 수행할 때, 패킷 하나하나에 대하여 판단을 수행하기에는 컴퓨팅 파워가 작은 자동차의 환경으로 볼 때 오버헤드가 크다. 본 논문에서는 패킷들을 적절한 Time Window 내에서 [표 1]과 같은 통계적 특성들을 추출하여 머신러닝의 Feature 로 학습시키는 방법을 제안하고자 한다.

피처명	설명
BPS	타임 윈도우 내의 초당 바이트 수
PPS	타임 윈도우 내의 초당 패킷 수
avg_interval	타임 윈도우 내의 패킷 간 평균 시간 간격
multicast_num	타임 윈도우 내의 멀티 혹은 브로드캐스팅 패킷 수
src_num	타임 윈도우 내의 송신지 주소 수
dst_num	타임 윈도우 내의 수신지 주소 수
src_dst_num	타임 윈도우 내의 송신지-수신지 주소 쌍의 수
proto_num	타임 윈도우 내의 프로토콜 종류의 수

[표 1] 머신러닝에 사용될 Time Window 기반 통계적 Features

머신러닝 알고리즘은 클래스를 분류할 수 있고 학습 및 평가 시간이 비교적 짧은 알고리즘이 사용될 수 있다. SVM(Support Vector Machine), KNN(K-Nearest Neighbors), SGD(Stochastic Gradient Descent), GBC(Gradient Boosting Classifier) 등의 알고리즘을 사용할 수 있으며, 그 외 다른 머신러닝 알고리즘을 사용해도 무방하다.

IV. 결론

본 논문은 차량 이더넷을 포함한 다중 도메인으로 구성된 차량의 내부 네트워크를 모니터링 하여, 침입을 탐지하는 방법에 대하여 기술하고 있다. 이더넷으로 변환되어 전송되는 CAN 트래픽의 포트 맵핑 전송 방법, Static Rule 기반 필터링과 머신러닝 기법의 2 중의 탐지 구조, Time Window 기반의 통계적 Feature 를 활용한 머신러닝 침입 탐지 기법 등 3 가지를 제안하고 있다.

차량에 대한 사이버 공격은 자칫 생명에 대한 위협으로 작용될 수 있기에, 차량 내 네트워크(In-Vehicle Network)에 대한 보호는 중요하다. 본문에서 제안하는 3 가지 기술은 기존의 이더넷 기반 모델에 비하여 경량화되어, 차량 이더넷 기반 다중 도메인 네트워크에 대한 침입탐지 기능을 적용하기에 적합할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

이 논문은 2018 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-00312, 오토모티브 이더넷 기반 차량 보안위협 예측, 탐지, 대응 및 보안성 자동진단 기술개발)

참 고 문 헌

- [1] Hyun Min Song, et al. "Intrusion Detection System Based on the Analysis of Time Intervals of CAN Messages for In-Vehicle Network", ICOIN 2016
- [2] W. Wu, et al. "A Survey of Intrusion Detection for In-Vehicle Networks," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2019.
- [3] Grimm, Weber et al, "An Extended Hybrid Anomaly Detection System for Automotive Electronic Control Units Communicating via Ethernet", VEHTS, 2018
- [4] Tomoyuki el al, "Automotive SIEM and Anomaly Detection Using Sand-Sprinkled Isolation Forest", ESCAR EU 2017

안티드론을 위한 딥러닝 기반 실시간 탐지/추적/인식 기술 연동 프레임워크

전진우*, 이인재*, 최상혁*, 차지훈*
한국전자통신연구원

Deep learning-based real-time detection/tracking/recognition integration framework for anti-drone

Jinwoo Jeon*, Injae Lee*, Sanghyouk Choi*, Jihun Cha*

*Autonomous UAV Research Group

Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : *jjw0514@etri.re.kr, *ninja@etri.re.kr, *shchoi0226@etri.re.kr, *jihun@etri.re.kr

요약

본 논문에서는 안티드론을 위한 탐지/추적/인식 연동 프레임워크를 제안한다. 제안한 방법은 카메라를 통해 얻은 실시간 영상에서 의심 표적이 위치한 곳을 탐지 알고리즘을 통해 알아낸 후, 실시간성을 위해 이를 추적하며, 추적 중인 표적의 신뢰성 판단 및 오탐지 확인을 위한 인식을 수행하는 것을 목적으로 한다. 탐지와 인식에서 딥러닝 기반의 영상 처리 기법을 이용하였으며, 자체 수집한 드론 데이터셋을 학습에 사용하였다. 제안된 영상 처리 연동 프레임워크는 PTZ 모듈과 연계하여 더 넓은 공간을 탐지할 수 있으며, 드론 대응 체계에 적용하면 무력화 시스템의 정밀성에 기여할 수 있다.

I. 서론

무인 비행체에 대한 접근성이 높아짐에 따라, 공격적인 목적 혹은 오동작 등의 문제로 인한 드론 침입이 빈번하게 일어나고 있다. 국내에서는 북한의 무인 비행체가 2014년 이래로 종종 발견되고 있으며, 아직 직접적인 피해는 없지만 첩보, 테러 등에 언제든지 활용될 가능성이 있다. 또한, 인천공항에서는 비행 금지구역에서 나타난 불법 민간 드론 때문에 항공기 5대가 긴급 회항하여 금전적 손실을 초래하기도 하였다.

이러한 피해를 막기 위해서는 상시 동작하는 실시

간 감시 시스템이 필요하다. 실시간 감시 시스템은 넓은 범위의 상공을 실시간으로 감시할 수 있어야 하며, 정확한 대응을 위해 위협 비행 물체의 위치를 파악할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 이러한 문제를 해결하기 위해 광학 센서에서 실시간 영상을 획득하여 의심 비행체를 탐지하며, 탐지 알고리즘을 통해 얻은 영상상의 좌표를 이용하여 추적 및 인식을 수행하는 연동 프레임워크에 대해 기술하였다.

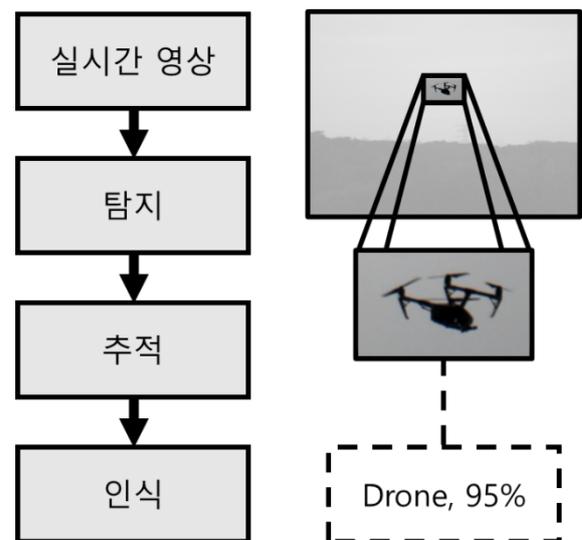


그림 1. 실시간 탐지/추적/인식 기술 연동 프레임워크

II. 본 론

2.1 탐지 알고리즘

실시간 감시 영상에서 의심 비행 표적의 위치를 특정하기 위해서는 1) 다중 표적을 감지해야 하고, 2) 실시간성이 보장되어야 하기 때문에, localization 이나 segmentation 보다는 detection 알고리즘을 이용하는 것이 적절하다. 본 논문에서는 YOLO[1]를 이용한 detection 을 수행하였으며 탐지해야 하는 무인 비행체의 크기가 작기 때문에 작은 물체에 최적화된 모델을 구상하여 학습, 적용하였다. 모델의 구조는 그림 2 와 같다. 작은 비행체를 탐지하는 것이 목적이기 때문에, 기존 YOLO 모델보다 낮은 계층의 feature 를 위치 추정 에 사용하였으며, 실시간성을 위해 모델을 얇게 설계하였다.

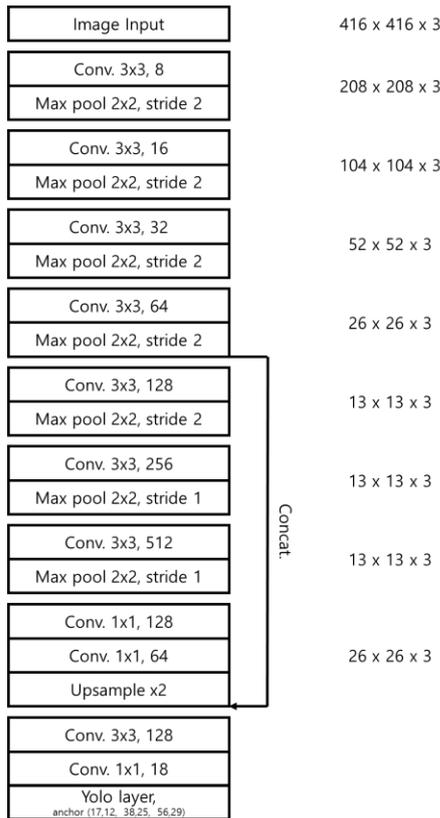


그림 2. 탐지 모델

탐지 모델은 하나의 카테고리로만 이루어진 자체 수집 드론 데이터로만 학습하였다.

2.2 추적 알고리즘

추적 알고리즘은 탐지 알고리즘에서 가장 높은 신뢰도를 가진 bounding-box 를 초기화에 이용한다. 만약 아무 물체도 탐지되지 않을 경우, 다음 프레임에서 탐지를 수행한다. 추적 알고리즘은 KCF(Kernelized Correlation Filter)[2] 기반의 추적 알고리즘을 사용하였다.

2.3 인식 알고리즘

인식 알고리즘은 추적 중인 대상이 무인 비행체 혹은 다른 물체인지, 추적에 실패했는지를 진단하기 위해 실시간 영상에서 추적 중인 부분을 입력 받아 분류한다. 본 논문에서 사용한 인식 알고리즘은 드론, 새, 비행기, 배경의 4 가지 카테고리로 이루어진 자체 제작 데이터셋을 사용하여 학습하였다. CNN 기반의 가벼운 모델을 사용하였으며 모델의 구조는 그림 3 과 같다.

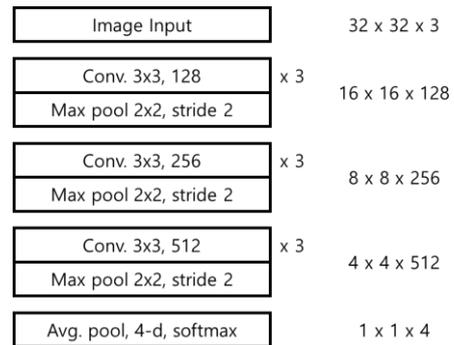


그림 3. 인식 모델

2.4 통합 프레임워크

탐지/추적/인식의 통합은 그림 4 와 같이 이루어진다. 의심 표적이 발견되면 운용자는 의심 표적 근처를 지정하여 416x416 픽셀 범위를 탐지하기 시작한다. 탐지에 성공하면 탐지된 대상들 중, 가장 신뢰도가 높은 대상을 추적기에 초기 위치로 전달하며, 탐지에 실패하면 다음 프레임을 기다린다. 추적기로 의심 표적의 Bounding-box 가 전달되면 즉시 추적을 시작하며, 추적 중인 Box 를 crop 하여 추적 중인 대상을 인식한다. 인식 대상이 드론인 것으로 확인되면 대응체제로 위협적인 비행체가 감지되었음을 전달하고, 다른 물체로 확인

되면 처음의 영상 전시 Phase 로 돌아간다.

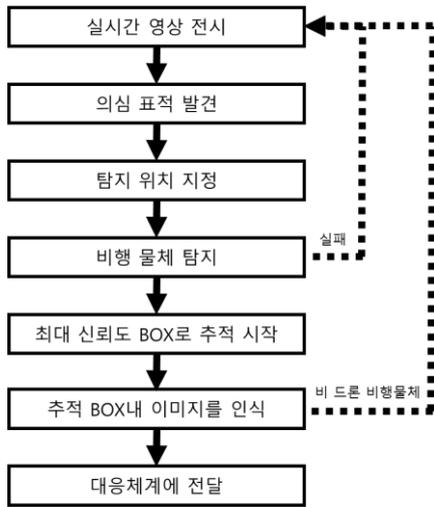


그림 4. 통합 프레임워크

III. 실험결과

본 논문의 실험에서는 Flir 사의 Full-HD EO 카메라와 17-1000mm 렌즈를 사용하여 실시간 드론 감시 프레임워크를 테스트해 보았다.

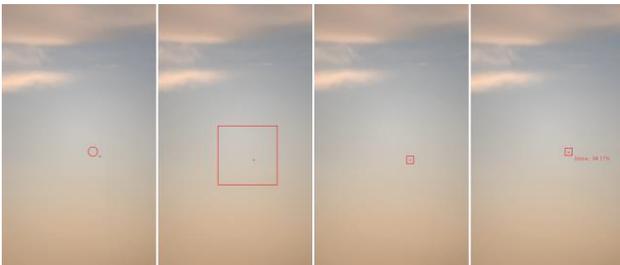


그림 5. 실시간 드론 감시 프레임워크 테스트 결과, 왼쪽부터 (a) 의심 지역을 선택, (b) 416x416 픽셀 범위를 탐지, (c) 탐지된 물체 중 가장 신뢰도 높은 물체를 추적, (d) 추적 중인 물체를 drone 으로 인식

그림 5에서 보이는 실험 결과는 야외 500m에서 수행한 드론 탐지/추적/인식 과정의 결과이다. 대상 드론은 DJI 사의 Inspire 를 이용하였다. 우리는 본 프레임워크를 이용하여 2km 거리의 드론까지 실시간 감시에 성공했다.

IV. 결론

본 논문에서는 딥 러닝 기반 탐지/인식 알고리즘과 추적 알고리즘을 이용하여 실시간 안티드론 감시 프레

임워크를 제안하였다. 실험 결과 Full-HD 카메라에서 실시간으로 4x4 픽셀 이상의 비행체를 탐지하여, 2km 내에서 최대 94km/h의 속도로 비행하는 무인 비행체를 성공적으로 추적 및 인식 할 수 있었다. 탐지의 실시간성을 위해 탐지 범위를 416x416 픽셀로 제한하여 19fps 를 확보하였기 때문에 초기 의심 탐지 구역을 운용자가 지정해야 한다는 점에서 개선이 필요할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 2020 년도 정부(경찰청)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. [No.20PCRD-B128275-04, 무인비행장치의 불법 비행 감지를 위한 EO/IR 연동 레이다 개발 및 실증시험]

참고문헌

[1] Redmon, Joseph, and Ali Farhadi. "Yolov3: An incremental improvement." arXiv preprint arXiv:1804.02767 (2018).
 [2] Henriques, João F., et al. "High-speed tracking with kernelized correlation filters." IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence 37.3 (2014): 583-596.

불법 드론 탐지를 위한 딥러닝 기반 표적 탐지 알고리즘

*이인재, *전진우, *최상혁, *차지훈

*한국전자통신연구원 자율무인이동체연구단

*ninja@etri.re.kr, *jjw0514@etri.re.kr, *shchoi0226@etri.re.kr, *jihun@etri.re.kr

Deep learning-based object detection algorithm for illegal drone detection

*Injae Lee, *Jinwoo Jeon, *Sanghyouk Choi, *Jihun Cha

*Autonomous UAV Research Group

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

최근 드론 산업이 활성화됨에 따라 드론을 불법적으로 악용하는 드론 테러 사례가 늘어나고 있다. 따라서 본 논문에서는 불법 드론을 탐지하기 위해 드론 DB를 구축하였고 딥러닝 기반의 드론 탐지 알고리즘을 개발하였다. 개발된 드론 탐지 알고리즘은 드론 탐지를 통해 불법 행위를 감시하고 대응 체계와 연계하여 불법 드론을 무력화시키는데 활용될 수 있다.

I. 서 론

드론 산업은 4차 산업혁명을 선도하는 기술 중 하나로 비행을 통해 목표물로 자유롭게 이동할 수 있어 촬영, 재난 구조, 농업, 배달, 취미 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 하지만 드론 산업이 활성화되면서 누구나 손쉽게 드론을 보유할 수 있게 되었고, 드론이 점점 소형화·고도화되면서 내전 지역을 중심으로 테러 등 범죄 수단에 악용되는 사례가 늘고 있다. 이로 인해 주요 인사 테러에 의한 사상자 발생은 물론 정유 시설, 원유 생산 기지, 공항 시설 등 주요 시설들에 대한 드론 공격도 빈번히 발생하여 막대한 경제적 손실로 이어지고 있다. 따라서 드론 테러의 심각성을 인지하고 이를 막기 위해 제도적 개선과 더불어 방어 수단으로서 드론을 탐지·식별하고 무력화시키는 안티 드론 기술에 대해 관심이 급증하고 있다[1].

본 논문에서는 안티 드론 분야 세부 기술로서 불법 드론을 탐지하기 위한 딥러닝 기반 표적 탐지 알고리즘을 개발하였다. 본 논문의 2 장에서는 드론 탐지를 위한 DB 제작 및 해당 DB를 활용한 딥러닝 기반의 드론 탐지 알고리즘 개발에 대해 설명하고 3 장에서는 제안한 알고리즘의 실험 결과를 기술한다. 마지막으로 4 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 본 론

본 장에서는 불법 드론을 탐지하기 위한 탐지용 드론 DB(DataBase) 제작 및 딥러닝 기반 드론 탐지 알고리즘 개발에 대해 기술한다.

1. 탐지용 드론 DB 제작

EO(Electro-Optical) 기반의 영상에서 소형 드론을 자동으로 검출하기 위한 딥러닝 알고리즘을 개발하기 위해서는 다양한 환경에서 촬영된 드론 영상을 수집해야 하고 수집된 영상으로부터 드론의 위치인 Ground truth를 생성하는 학습용 DB 구축 작업이 필요하다. 따라서 하늘, 산, 강, 건물 등을 배경으로 하는 드론 영상을 별도로 촬영하여 수집하였다. 딥러닝 알고리즘 학습을 위한 데이터베이스 생성을 위해 PASCAL VOC(Visual Object Classes) Challenge의 XML 스키마를 기반으로 영상내 드론의 위치(x, y)를 포함한 Ground truth 정보, 이미지 화소 깊이, drone 태깅 정보를 기술하여 관련 영상과 함께 DB를 구축하였다.

탐지용 DB의 일례는 그림 1과 같으며, 학습 및 성능 검증을 위한 드론 데이터셋은 전체 50,000 개이고 학습용 데이터셋은 45,000 개, 테스트용 데이터셋은 5,000 개로 구성하였다.

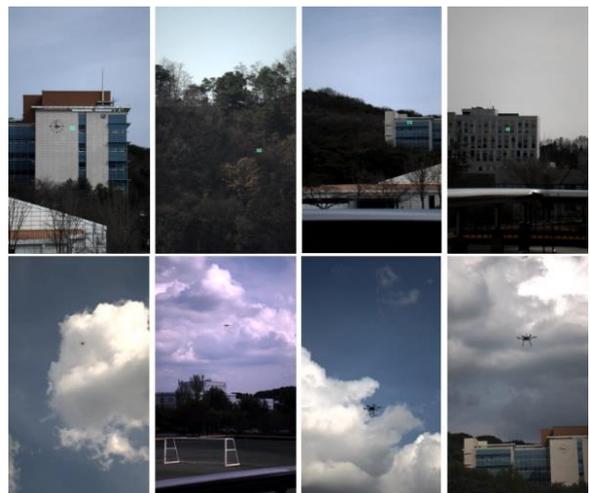


그림 1. 탐지용 드론 DB 구성의 일예

2. 딥러닝 기반 드론 탐지 알고리즘

드론 탐지 알고리즘은 실시간성 확보를 위해 YOLO (You Only Look Once) 기반의 딥러닝 알고리즘으로 개발하였다[2].

개발된 알고리즘은 고속으로 이동하는 드론을 실시간으로 탐지해야 하므로 YOLO 기반 네트워크 모델을 압축기법을 이용하여 경량화시킨 딥러닝 기반 탐지 알고리즘을 개발하였다. 사용한 모델 압축 기술은 실제 추론을 위해 필요한 값 위주로 기여도가 작은 값들은 없애고 원거리 표적에 좀더 중점을 두어 표적 탐지 모델을 경량화하였다. 또한 개발하고자 하는 드론 탐지 알고리즘은 원거리에 있는 표적까지 탐지할 수 있어야 하는데 원거리 표적의 경우 크기가 작아서 입력 영상의 크기를 딥러닝 모델의 입력 크기로 줄이면 표적이 작아져 검출이 불가능하다. 또한 고해상도 표적을 탐지할 때 입력 영상의 전체 영역에 대해 표적을 탐지할 경우 탐지 시간이 많이 소요된다는 단점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 전체 영역을 작은 영역으로 분할하고 각 분할 영역을 GPU 에 한번에 입력으로 넣어서 표적을 탐지한 후 다시 원래 좌표를 계산하는 방식을 이용하여 고해상도 영상에서 고속 표적을 탐지할 수 있도록 구현하였다. 이를 위해 학습 과정도 기존 입력 영상을 downscale 하지 않고 배치 크기(416x416)에 맞게 원영상을 crop 하여 학습 DB 를 재구성한 후 학습을 진행하였다.

분할 영역별로 탐지된 데이터는 각 영역별로 confidence value 가 높은 순으로 N 개를 선택하고 그 중 confidence value 가 특정 threshold 이상인 값만 취해서 탐지 결과로 반환하였다. 반환된 탐지 결과는 그림 2 와 같이 운용자의 의도에 따라 자동, 수동, 반자동 등 다양한 형태로 사용될 수 있다. 일예로 반자동의 경우 입력 영상이 들어오면 3x5 형태로 영상을 분할하고 각 분할 패치별로 탐지 알고리즘을 적용하여 일정 개수의 탐지 결과를 화면에 자동으로 표시해 준다. 운용자가 재생된 탐지 결과 중 관심 표적을 선택하면 해당 표적을 기반으로 자동 추적이 수행된다.

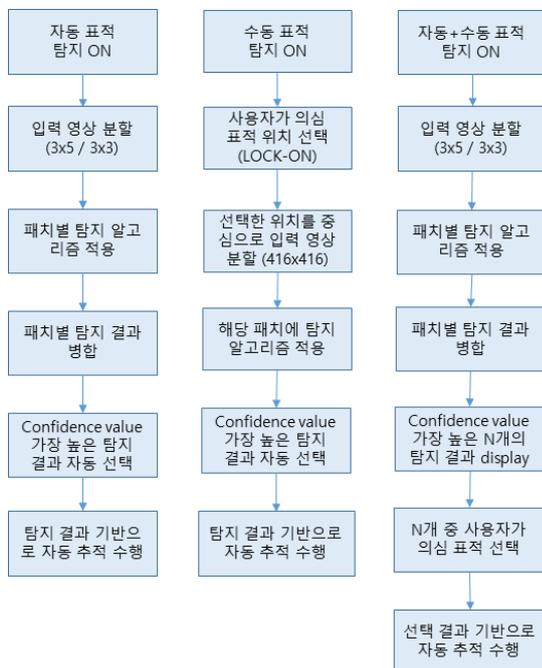


그림 2. 탐지 알고리즘 활용의 일예

III. 실험결과

본 논문에서는 1000mm 줌렌즈가 장착된 FHD 급 EO 카메라를 이용하여 드론을 탐지하는 EO/IR 시스템을 구성한 후 구현된 탐지 알고리즘을 적용하여 실험하였다. 구현된 시스템을 이용하여 500m ~ 1km 에서 비행하는 드론을 탐지하는 야외 시험을 진행하였으며 탐지 결과는 그림 3 과 같다. 실험 결과 Intel i7, GTX1080 사양에서 탐지 처리속도는 12~15fps 로 드론이 원활히 탐지됨을 확인할 수 있었다.



그림 3. 개발한 알고리즘을 적용한 드론 탐지 결과

IV. 결론

본 논문에서는 불법 드론 탐지를 위해 탐지용 드론 DB 를 제작하고 딥러닝 기반 표적 탐지 알고리즘을 구현하였다. 탐지용 드론 DB 는 별도 촬영 과정을 통해 수집하였고 개발한 YOLO 기반 드론 탐지 알고리즘은 실시간으로 표적을 탐지함으로써 추적 알고리즘과 연동하여 불법 드론을 탐지 및 추적할 수 있다.

구현된 딥러닝 기반 표적 탐지 알고리즘은 위협 드론을 탐지하여 불법 행위를 감시하고 무인비행체 대응체계와 연계하여 드론 테러로 인한 피해 발생을 최소화 시키는데 활용할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 2020 년도 정부(경찰청)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. [No. 20PCRD-B128275-04, 무인비행장치의 불법 비행 감지를 위한 EO/IR 연동 레이다 개발 및 실증시험]

참고 문헌

[1] 최상혁 외 3 인, “안티 드론 기술 동향,”제 33 권, 3 호, 전자통신동향분석, 2018.

[2] Redmon, Joseph, and Ali Farhadi. "Yolov3: An incremental improvement." arXiv preprint arXiv:1804.02767, 2018.

공장자동화를 위한 절대시간 동기 유지 절차 연구

*김용선, 장갑석, 고영조

*한국전자통신연구원 미래이동통신연구본부

*doori@etri.re.kr

A study on procedure of maintaining absolute time synchronization for factory automation

Yongsun Kim, Kapseok Chang, and Youngjo Ko

요 약

본 논문에서는 이동통신시스템에서 디바이스간 절대시간 동기화(Absolute Time Synchronization, ATS)의 구성요소인 다운링크(기지국에서 단말로) 동기, 업링크(단말에서 기지국으로) 동기 및 ATS 절차 중 업링크 동기와 ATS 절차에 관련된 것으로써, 시스템 접속 시 절대시간 동기화를 달성하기 위한 임의접속 방법 및 절차와 시스템 연결 상태 시 절대시간 동기화 유지 절차를 제안한다.

I. 서론

최근 5G 융합서비스로 각광받고 있는 것이 무선 기반 공장자동화이다. 기존의 유선 기반 공장자동화에 비해 유연한 설치 및 확장이 쉽고 비용이 절감되는 장점이 있다. 그러나 공장 자동화 서비스는 높은 신뢰성과 지연 요구사항을 가지고 있어 현재의 5G 규격으로는 유선을 완전히 대체하는 것이 어렵다. 본 논문에서는 공장자동화와 같이 안정적으로 무선연결이 유지되어야 하는 높은 절대동기 요구조건을 가지는 응용에서 단말이 충돌 없이 원하는 동기 성능을 만족시킬 수 있도록 하는 방법을 제안한다.

4G/5G 이동통신 시스템에서 단말이 기지국에 초기 접속을 위해 수행하는 절차를 요약하면 다음과 같다. 단말의 전원이 켜지면 단말은 셀탐색을 수행하여 주변 기지국들이 주기적으로 방송하는(broadcasting) 정보를 통해서 자신이 속한 기지국을 선택한다. 이후 해당 기지국에서 전송하는 방송정보로부터 초기 접속을 위한 시점, 초기 접속을 위해 사용되는 프리앰블 구성 등의 정보를 획득한다. 많은 단말들이 동시에 해당 기지국에 초기 접속을 시도할 때 동일한 프리앰블을 사용하여 접속하는 경우 충돌이 발생하여 기지국에서 해당 프리앰블을 복원하기 어렵게 된다. 일반적으로 이동통신에서 초기 접속 단계는 단말이 기지국에 프리앰블을 전송하는 메시지 1, 기지국이 단말에게 응답하는 메시지 2, 다시 단말이 기지국에게 전송을 위한 자원을 요청하는 메시지 3, 그리고 기지국이 단말에게 자원할당 정보 전달과 초기접속을 종료하는 메시지 4 와 같이 4 단계로 구성된다. 이때 메시지 1 에서 충돌이 발생하는 경우 해당 단말은 재전송을 진행해야 한다. 4G LTE(Long-Term Evolution)와 5G NR(New Radio)에서 기지국은 64 개의 프리앰블 중에 일부분을 초기 접속을 위한 프리앰블로 할당을 하는데 단말의 수가 많은 경우

동일 프리앰블을 선택하고 동시 접속하는 경우가 많아져 충돌이 자주 발생한다. 충돌이 자주 발생하면 재전송도 늘어나게 되어 충돌 가능성이 더 커지는 문제가 있다. 따라서 초기 접속 확률이 중요한 응용에서는 이러한 프리앰블 충돌이 적게 발생하도록 하는 것이 중요하다.

초기 접속 후에 단말은 시스템 연결 상태에 진입하여 기지국과 통신한다. 단말은 기지국으로부터 할당 받은 무선 자원을 이용하기 때문에 충돌 없이 안정적으로 데이터를 송수신 할 수 있다. 그러나 단말이 이동하거나 주변 환경의 변화로 인해 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)가 낮아지는 등 연결상태가 좋지 못한 경우, 연결을 복원하거나 재연결하는 등의 절차가 필요하다[1].

단말이 기지국과의 동기 정확도를 높게 유지해야 하는 공장자동화와 같은 응용에서는 주파수 동기를 빠르게 복원해야 한다[2]. 기존 이동통신 기술에서는 연결이 불안정한 경우에 임의의 프리앰블을 선택하여 재접속하는 방법을 사용한다. 그러나 이 경우 기존의 4 단계 절차를 다시 진행한다면 임의의 액세스 프리앰블 사용에 따른 충돌 가능성 증가로 높은 절대동기화(즉, 모든 디바이스가 동일한 시각 공유)를 요구하는 공장자동화류의 응용에는 적합하지 않을 수 있다. 또한, 미리 독점적인 프리앰블을 기지국에 요청하여 해당 프리앰블을 이용하여 재접속할 수도 있지만, 이때에도 프리앰블을 미리 요청하는 절차가 필요하고 이미 동기화가 끊어진 경우에는 요청 자체를 수행할 수 없는 상황이 될 수 있다. 따라서, 공장자동화와 같은 응용의 높은 절대동기 요구사항을 어떠한 상황에서도 만족시키기 위한 절차 및 방법이 필요하다.

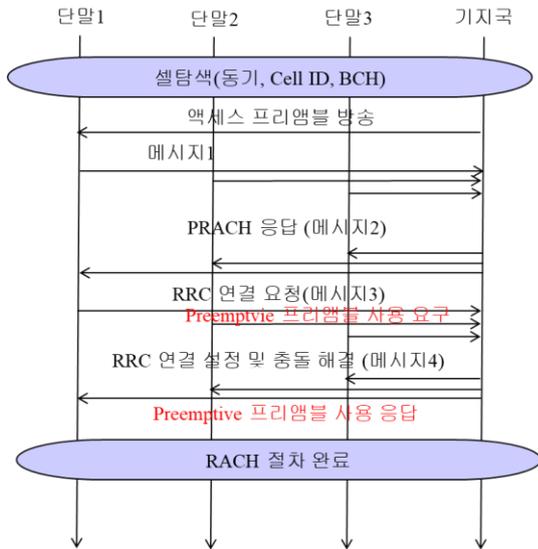


그림 1. 이동통신 시스템의 초기 접속 절차

II. 본론

본 논문에서는 업링크 동기 요구사항이 매우 높아 초기 접속 후에 접속 연결 상태에서도 즉각적 또는 주기적으로 동기를 개선 또는 유지하기 위해, 초기 접속 시 단말이 선택해서 사용한 프리엠블을 접속 연결 후에도 계속 사용할 수 있는 방법을 하기와 같이 제안한다.

그림 1 은 단말이 기지국에 초기 접속하는 절차를 보여준다. 본 논문에서 제안하는 방법은 그림 1 에서 단말이 메시지 3 을 전송 시 Preemptive 프리엠블 옵션을 선택하여 전송하면 기지국이 메시지 4 를 전송 시 이의 허용여부를 선택하여 응답함으로써 연결상태에서도 Preemptive 프리엠블을 사용할 수 있다. Preemptive 프리엠블 옵션 요청은 메시지 3 에 도 2 와 같이 Preemptive 프리엠블 옵션이 추가된다. Preemptive 프리엠블 옵션 선택을 위해 도 2 의 방법과 옵션 필드 추가 없이 기존 메시지 3 의 예약("Reserve")필드의 비트를 옵션 필드로 활용하여 해당 비트를 '1'로 설정 시 현재 사용중인 액세스 프리엠블을 시스템 연결 상태에서도 전용의 Preemptive 프리엠블로 사용할 수 있도록 요청하는데 사용할 수 있다. 이때는 Preemptive 프리엠블의 유지 시간을 단말에서 요청하지 않고 기지국이 알려주거나 미리 정해진 타이머 설정 값을 사용할 수 있다.

단말 또는 UE(User Equipment)는 초기 접속 과정에서 Preemptive 프리엠블을 할당 받은 단말이라고 가정한다. UE 은 Preemptive 프리엠블 유지시간을 10ms 로 요청하였다. 만약 요청하지 않는다면 디폴트 값으로 설정된다. 디폴트 값은 기지국에서 방송메시지를 통해 모든 단말들에게 전달한다. 디폴트 값으로 기지국은 유지시간을 무한대로 설정할 수도 있다. 이 경우에는 Preemptive 프리엠블의 사용 해제는 단말과 기지국 모두 'Preemptive 프리엠블 해제' 메시지를 통해 이루어 질 수 있다. UE 는 유지시간 내에 자신의 Preemptive 프리엠블을 전송하여 해당 프리엠블을 독점적으로 지속 사용할 수 있다. 다만, 기지국은 현재 가용한 프리엠블의 사용도와 우선순위 등을 고려하여 유지시간이 지나지 않은 경우에도 Preemptive 프리엠블을 해제할 수 있다.

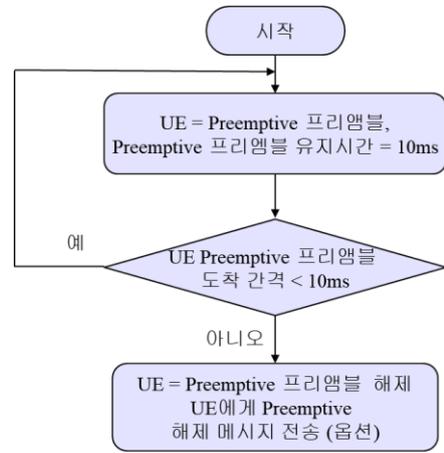


그림 2. 기지국에서 Preemptive 프리엠블 설정 및 제어 흐름

기지국이 Preemptive 프리엠블을 해제 시 유지시간 전에 해제할 경우에는 반드시 프리엠블 해제(preamble release) 메시지를 보내야 한다. 유지시간 이후에 해제할 경우에는 프리엠블 해제 메시지를 명시적으로 보내거나 보내지 않아도 무방하다. 이는 단말이 프리엠블 유지 시간 정보를 가지고 있어 관리할 수 있기 때문에 문제가 되지 않는다. 하지만, 유지시간 전에 해제해야 할 경우에는 단말에게 Preemptive 프리엠블을 더 이상 사용할 수 없음을 인지할 수 있도록 명시적으로 메시지를 통해 알려 주어야 한다. 반대로 단말도 기지국에게 더 이상 자신이 사용하는 Preemptive 프리엠블을 점유할 필요가 없을 경우에는 기지국에게 "프리엠블 해제 메시지"를 전송할 수 있다. 또한, 단말이 Preemptive 프리엠블을 지속적으로 유지하고 싶은 경우에는 Preemptive 프리엠블 유지 시간 (상기 실시 예에서는 10ms) 이내에 "프리엠블 유지 메시지"를 전송하거나 유지 시간을 무한대로 설정하여 전송할 수 있다. 이때 기지국은 단말이 요청한 유지 시간의 허용여부를 결정하여 단말에 알려주어야 한다.

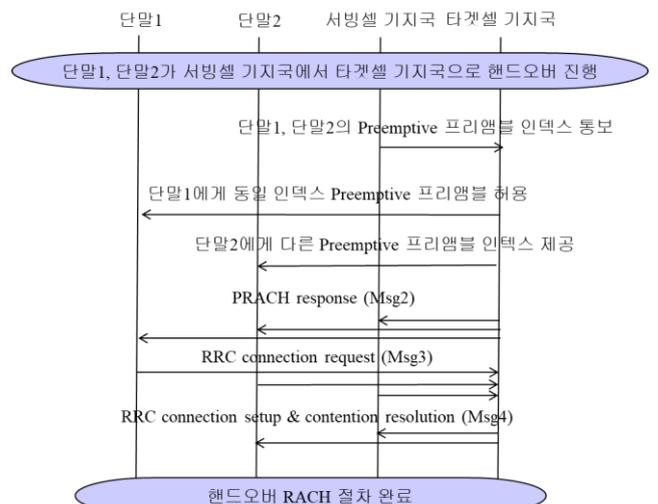


그림 3. 핸드오버 시 Preemptive 프리엠블 사용 절차

"시스템 연결 상태의 단말이 현재 서빙 셀로부터 타겟 셀로 핸드오버할 때" 는 타겟 셀로부터 핸드오버용 프리엠블 할당 받아 충돌없이 핸드오버를 진행하는 기존 방법외에 서빙 셀 기지국과 타겟 셀 기지국 간 협력(매핑정보 교환)을 통해 서빙 셀에서 Preemptive 프리엠블을 사용하는 단말은 타겟 셀 기지국에서도

동일한 Preemptive 프리엠블 인덱스를 사용하거나 동일한 프리엠블 인덱스를 이미 할당된 경우에는 변경된 프리엠블 인덱스를 사용할 수 있도록 예약하는 방법을 제안한다.

III. 결론

본 논문에서는 시스템 접속과 연결 시 Preemptive 프리엠블 사용을 통해 기지국과의 동기를 빠르게 유지할 수 있는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제시하는 방법은 공장자동화와 같이 동기 요구사항이 높은 응용과 단말에도 적용하여 안정적이고 높은 동기 성능을 보여줄 수 있고 다양한 동기 요구사항이 존재하고 많은 단말이 혼재할 때 임의 접속 성능을 높여주는 효과가 있다. 본 논문에서 제시한 방법은 추후 시뮬레이션을 통해 동기 성능을 분석할 예정이다.

Acknowledgement

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019-0-00002,[전문연구실]조정밀 서비스 실현을 위한 On-Time-On-Rate 무선액세스 및 광에지 클라우드 네트워킹 핵심기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] Technical Specification Group Radio Access Network; NR; Base Station (BS) Radio Transmission and Reception, document TS 36.104 V16.2.0, 3GPP, Dec. 2019.
- [2] A. Frotzsch, U. Wetzker, M. Bauer, M. Rentschler, M. Beyer, S. Elspass, H. Klessig, "Requirements and current solutions of wireless communication in industrial automation," ICC 2014.

IoT 보안위협 확산 방지를 위한 동적 보안정책 모델

손선경, 임재덕, 김정녀
한국전자통신연구원

sgsohn@etri.re.kr, jdscol92@etri.re.kr, jnkim@etri.re.kr

Dynamic Security Policy Model for Mitigating Threat Spreading in IoT

Sohn Seon Gyoung, Lim Jaedeok, Kim Jeongyeo
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

대량의 IoT 디바이스의 인터넷 연결과 IoT 디바이스의 취약한 보안 구조로 인해 IoT의 구성요소인 디바이스, 네트워크, 서비스에 대한 보안 위협이 꾸준히 발생하고 있다. 본 논문은 IoT 인프라 환경에서의 보안위협 확산을 방지함과 동시에 서비스의 가용성을 보장하기 위하여 보안위협의 특성에 따라 보안통제 정책을 유연하게 구성할 수 있는 모델을 제시한다.

I. 서론

사물인터넷(IoT)의 성장과 더불어 IoT 보안 위협과 대응에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. [1]에서는 IoT 보안을 응용, 구조, 통신, 데이터 관점에서 분류하고 IoT 보안 구조를 향상시키기 위한 가능한 해결책을 제안하였다. [2]에서는 IoT의 각 계층(센싱, 네트워크, 미들웨어, 게이트웨이, 응용)에서 발생할 수 있는 보안 이슈와 보안 수준을 높이기 위한 기술에 대해 소개하고 있다.

IoT 보안의 중요성에 대한 인식이 높아지고는 있으나 대량의 IoT 디바이스의 인터넷 연결과 IoT 디바이스의 취약한 보안 구조로 인해 IoT 인프라의 구성요소인 디바이스, 네트워크, 서비스에 대한 보안 위협이 꾸준히 발생하고 있다. 특히, 보안이 취약한 IoT 디바이스를 대량으로 감염시켜 봇넷을 구성하고 DDoS 공격을 수행하는 IoT 봇넷의 등장은 취약한 IoT 디바이스가 공격자들의 표적이 되었음을 드러냈다[3]. 2016년에 발생한 미라이봇넷은 현재까지 가장 피해를 입힌 IoT 봇넷이며, 점점 더 정교한 방식으로 동작하는 다양한 IoT 봇넷이 지속적으로 출현하여 IoT 환경을 위협하고 있다[4,5].

IoT 관련 사이버 위협을 완화시키기 위해 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN) 기반의 위협 탐지 및 완화 기법[6,7,8,9,10] 다양하게 연구되고 있고, 화이트리스트 기반의 IoT 봇넷 확산 방지 방법[11,12]이나 DDoS 완화를 위한 허니팟 모델[13] 등 다양한 방법이 제안되었다.

우리는 IoT 네트워크 내의 위협 확산을 방지하기 위해 디바이스의 다양한 속성으로 그룹화된 세그먼트 단위로

디바이스의 네트워크 접근을 통제하는 스마트 세그먼테이션 프레임워크[14]를 개발하고 있다.

저사양의 IoT 디바이스들은 대부분 보안 기능을 갖추고 있지 않아 보안취약점을 공격자에게 노출하게 되고, 공격자는 이러한 취약점을 악용하여 IoT 디바이스를 감염시킨다. 업데이트 되지 않은 취약한 펌웨어나 해당 펌웨어를 장착한 제품군 등 유사한 특징을 가진 디바이스들은 동일한 보안 취약점을 가지고 있다. 따라서 악성코드에 감염된 디바이스와 유사한 특징을 가진 다른 디바이스들도 악성코드에 감염될 가능성이 크다. 유사한 특징을 가진 디바이스들을 군집으로 관리하면, 군집 내의 디바이스가 악성코드에 감염되었을 때 해당 군집의 모든 디바이스를 격리하고 보안위협을 제거한 후 서비스에 연결함으로써 제한적 자원을 갖는 대규모 IoT 환경에 알맞은 대응 방법이 될 수 있다.

본 논문에서는 보안위협의 확산을 신속하게 방지함과 동시에 서비스의 가용성을 보장하기 위해, 관리 도메인 내에서 발생한 보안위협의 특성에 따라 통제 정책을 동적으로 구성할 수 있는 모델을 제시한다.

II. 본론

악성코드에 감염된 IoT 디바이스들은 주변의 다른 디바이스에 악성코드를 전파하거나 C&C 서버와 통신하기 위해 시도한다. [표 1]은 보안위협의 단계에 따라 취할 수 있는 대응 방안을 나타낸 것이다.

보안위협단계	구분	대응 방안
--------	----	-------

약성코드 감염	(디바이스) 동작 제어	◆ 디바이스 강제 종료 ◆ 디바이스 재시작
봇넷 형성	(프로토콜) 패킷 제어	◆ 패킷 필터링 ◆ 접근 제어
DDoS 공격	(서비스) 세션 제어	◆ 세션 차단 ◆ 설정 초과 연결 제한

[표 1] 기기/프로토콜/서비스 별 보안통제정책

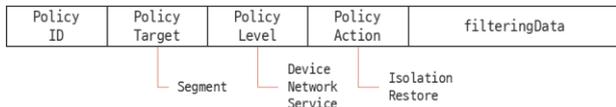
스마트 세그멘테이션 프레임워크를 통해 보안위협을 확산 가능성이 높은 디바이스들에 대해 선제적으로 대응하면 보안위협의 확산을 막을 수 있지만, 정상 IoT 디바이스가 서비스를 이용하지 못하는 상황이 발생하게 된다. 이를 완화하고 유연한 보안통제를 통해 서비스의 가용성을 높이기 위하여 보안위협의 특성에 따라 보안통제정책을 동적으로 구성하고 관리하는 기능이 필요하다.

동적 보안통제정책 모델은 IoT 디바이스, 네트워크, 서비스에서의 알려진 보안위협이나 이상 징후를 탐지하는 시스템으로부터 정보를 수집하여 정규화된 형식으로 저장하고, 이 정보로부터 5-tuple(근원지 IP 주소, 목적지 IP 주소, 근원지 포트, 목적지 포트, 프로토콜) 공통 속성값을 추출한다.

공통 속성값	보안통제 수준
SrcIPAddr DstIPAddr NULL	디바이스
DstPort & Protocol	서비스
ETC	네트워크

[표 2] 보안위협정보의 공통 속성값에 따른 보안통제 수준

본 논문에서 제안한 보안통제정책 모델은 [그림 1]과 같이 정책을 적용할 대상(보안위협 발생 가능성이 높은 디바이스 군집), 정책의 수준(디바이스/네트워크/서비스), 보안통제 동작(격리/복구), 패킷 필터링 데이터(5-tuple)로 구성된 메시지 구조를 갖는다. 정책을 적용하는 시스템에서는 보안통제정책 메시지를 각 시스템에 적합한 규칙으로 변환하여 적용하여야 한다. 스마트 세그멘테이션 프레임워크에서는 iptables 를 사용하여 보안통제를 수행하고 있다.



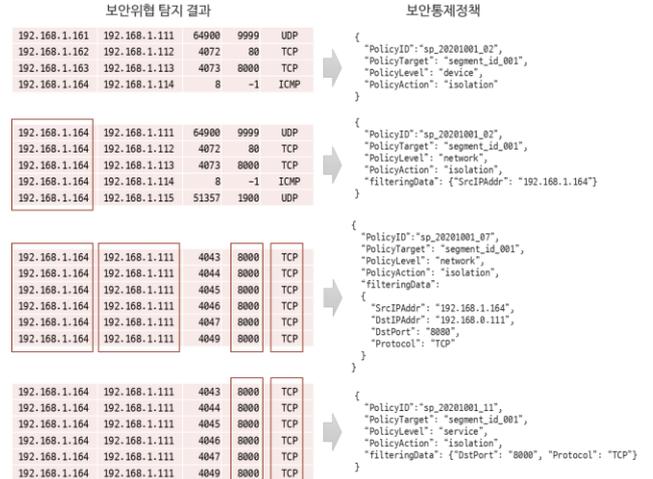
[그림 1] 보안통제 정책 메시지

20000003	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	51471	16415	TCP
20000005	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	51983	16415	TCP
20000009	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	53007	16415	TCP
20000009	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	53519	16415	TCP
20000010	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	53775	34254	TCP
20000013	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	55055	24465	TCP
20000016	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	55823	58148	TCP
20000020	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	56847	16415	TCP
20000021	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	57103	16415	TCP
20000026	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	34045	3879	UDP
20000032	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	61199	20931	TCP
20000045	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	64783	16415	TCP
20000047	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	65295	16415	TCP
20000083	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	51471	16415	TCP
20000085	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	51983	16415	TCP
20000089	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	53007	16415	TCP
20000089	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	53519	16415	TCP
20000010	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	53775	34254	TCP
20000013	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	55055	24465	TCP
20000016	malware	192.168.1.164	192.168.1.111	55823	58148	TCP

[그림 2] 정규화된 보안위협 데이터

[그림 2]과 같이 동일한 보안위협으로 분류된 탐지 정보들을 살펴보면, 근원지 IP 주소와 목적지 IP 주소가 모두 동일하고 근원지 및 목적지 포트와 프로토콜은

각각 다른 패턴을 보이고 있다. 이 경우 공통 속성값에 따른 보안통제의 수준을 정의한 [표 2]에 따라 보안통제의 수준을 네트워크로 설정하고 패킷 필터링 정책을 적용함으로써 동일한 패턴의 공격을 차단한다. [그림 3]은 동일한 보안위협으로 분류된 탐지 정보들의 공통 속성값이 없는 경우, 근원지 IP 주소만 일치하는 경우, 근원지 IP 주소, 목적지 IP 주소, 목적지 포트, 프로토콜이 일치하는 공통 속성값인 경우 및 목적지 포트와 프로토콜이 공통 속성값인 경우 각각의 보안통제정책을 나타낸 것이다.



[그림 3] 보안위협 정보 기반 보안통제정책 예시

이 보안통제정책 구조에 따르면 보안위협 확산 가능성이 높은 디바이스 군집에 대하여 보안통제를 수행하면서 최소한의 정상적인 서비스는 이용할 수 있도록 보안상황에 따라 유연한 보안통제정책을 구성할 수 있다. 또한 보안통제정책을 객체화 함으로써 다양한 보안통제정책 적용 장치에서 각각의 환경에 알맞은 규칙으로 변환하여 적용할 수 있도록 하였다.

III. 결론

IoT 서비스의 종류가 다양해지고 규모가 커짐에 따라 IoT 보안에 대한 위협도 증가할 것이다. 본 논문에서는 IoT 인프라에 침투한 보안위협이 IoT 인프라 전체로 확산되는 것을 조기에 방지하기 위한 스마트 세그멘테이션 프레임워크에 포함되는 동적 보안통제정책 관리 모델을 제안하였다. 제안한 동적 보안통제정책은 보안위협의 정보로부터 추출한 공통 속성값을 이용하여 구성되므로 보안위협에 대한 선제적 보안통제를 수행하면서도 보안위협을 제거하기 전까지 최소한의 정상적인 서비스가 이루어지도록 보안상황에 따른 유연한 통제를 가능하게 한다.

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-00231, (IoT 2 세부) IoT 인프라 공격 확산 방어를 위한 상황 적응형 보안 자율제어 기술개발)

참 고 문 헌

- [1] Alaba, Fadele Ayotunde, et al. "Internet of Things security: A survey." *Journal of Network and Computer Applications* 88 (2017): 10-28.
- [2] Hassija, Vikas, et al. "A survey on IoT security: application areas, security threats, and solution architectures." *IEEE Access* 7 (2019): 82721-82743.
- [3] Angrishi, Kishore. "Turning internet of things (iot) into internet of vulnerabilities (iov): Iot botnets." *arXiv preprint arXiv:1702.03681* (2017).
- [4] Koliass, Constantinos, et al. "DDoS in the IoT: Mirai and other botnets." *Computer* 50.7 (2017): 80-84.
- [5] Costin, Andrei, and Jonas Zaddach. "Iot malware: Comprehensive survey, analysis framework and case studies." *BlackHat USA* (2018).
- [6] Ahmed, M. Ejaz, and Hyounghshick Kim. "DDoS attack mitigation in Internet of Things using software defined networking." *2017 IEEE third international conference on big data computing service and applications (BigDataService)*. IEEE, 2017.
- [7] Bhunia, Suman Sankar, and Mohan Gurusamy. "Dynamic attack detection and mitigation in IoT using SDN." *2017 27th International telecommunication networks and applications conference (ITNAC)*. IEEE, 2017.
- [8] Özçelik, Mert, Niaz Chalabianloo, and Gürkan Gür. "Software-defined edge defense against IoT-based DDoS." *2017 IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT)*. IEEE, 2017.
- [9] Yan, Qiao, et al. "A multi-level DDoS mitigation framework for the industrial internet of things." *IEEE Communications Magazine* 56.2 (2018): 30-36.
- [10] Abou El Houda, Zakaria, Abdelhakim Hafid, and Lyes Khoukhi. "Co-IoT: A Collaborative DDoS Mitigation Scheme in IoT Environment Based on Blockchain Using SDN." *2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*. IEEE, 2019.
- [11] Gopal, Tatikayala Sai, et al. "Mitigating Mirai malware spreading in IoT environment." *2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*. IEEE, 2018.
- [12] Habibi, Javid, et al. "Heimdall: Mitigating the internet of insecure things." *IEEE Internet of Things Journal* 4.4 (2017): 968-978.
- [13] Anirudh, M., S. Arul Thileeban, and Daniel Jeswin Nallathambi. "Use of honeypots for mitigating DoS attacks targeted on IoT networks." *2017 International conference on computer, communication and signal processing (ICCCSP)*. IEEE, 2017.
- [14] J. Lim, et al. "Proposal of Smart Segmentation Framework for preventing threats from spreading in IoT." *The 11th International Conference on ICT Convergence (ICTC)*. Oct. 2020.

우편 배달용 드론 관제 시스템 GUI 구현

*김봉수, *한경수

*한국전자통신연구원 우정·물류기술연구센터

*bskim@etri.re.kr , *kshan@etri.re.kr

Implement of GUI for ground control system of unmanned aerial vehicles for postal delivery service

*Kim Bong Soo, *Han Kyeong-Soo

*Electronics and Telecommunication Research Institute

요 약

본 논문은 우체국에서 배달 취약 지역인 도서산간 지역에 드론을 이용한 우편 배달을 하기 위한 드론 관제시스템의 GUI 구현에 대해 기술한다. 미국, 유럽, 아프리카 등 세계 각지에서 드론 배달 시범 서비스가 활발히 수행되고 있는 가운데, 국내에서도 드론 배달 시범 서비스 및 관련 과제가 수행되고 있다. 본 논문에서는 제한된 화면 환경에서 드론의 비행 정보, 상태 정보 등 뿐만 아니라, 배달하는 우편물과 배달 정보 등 다양한 정보를 효과적으로 표시하기 위해 컬랩스 방식의 메뉴를 적용한 드론 관제시스템의 GUI 구현에 대해 기술한다.

I. 서 론

미국과 영국에서 군사용으로 개발되기 시작하여 무인공중이동체(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)라는 용어가 생겨났고, 요즘에는 주로 드론이라는 용어가 많이 사용된다[1]. 드론은 조종사가 비행체에 직접 탑승하지 않은 상태에서 지상에서 원격 조종하거나 사전 프로그램 경로에 따라 자동으로 비행하는 동력 비행체이다[1].

드론은 크게 사용 용도에 따라 군사용과 민간용으로 분류되며, 드론 사용 초창기에는 군사 분야에서 감시 및 정찰 용도로 활용되었으나, 최근에는 배송, 방재, 방송/영화 촬영, 인프라 관리 등의 사업 영역과 오락 및 스포츠 분야에서의 개인용 촬영, 레이싱 드론 등의 개인용 영역에서 사용된다[1].

민간 분야에서 주로 방송 촬영, 오락용으로 사용되던 드론이 2015 년 아마존이 드론 배달 서비스 시범을 시행한 이후 최근 물류 서비스 분야에 많이 적용되고 있다[2].

본 논문에서는 국내에서 수행되고 있는 연구과제에서 개발중인 우체국에서의 라스트 마일 배달을 위한 드론의 관제시스템에서 우편 배달을 위해 특화된 GUI 의 구현에 대해 기술한다.

II. 드론 배달 서비스 개발 동향

미국의 아마존은 2013 년 5 파운드(약 2.3kg) 이하의 제품을 30 분 내로 배달하겠다는 구상을 밝히고, 2015 년 11 월 처음으로 드론 배달 장면이 담긴 동영상을 공개한 이후, 2019 년 6 월 아마존 인공지능 컨퍼런스인 'Amazon re:MARS'에서 새로운 디자인의 배달 드론인 '프라임 에어(Prime Air)'를 발표하는 등 드론 배달 시범 서비스에 적극 나서고 있다[2]. 미국의 UPS 의 드론 사업 부문 자회사인 UPS Flight Forward Inc. 는 의약품 배송 시범 사업을 진행하여 1 천회 넘게 성공적으로 수행하였다[3]. 또한 UPS 는 2019 년 CVS 와 파트너십을 맺고 의약품을 드론으로 배달하는 시범 서비스를 하였으며[4], 구글 계열사인 Wing Aviation 은 2019 년 10 월부터 약국 체인 Walgreens 및 소매업체 Sugar Magnolia 에서 소비자에게 배송 시범 서비스를 실시하고 있다[5].

유럽에서도 2018 년 8 월 Flytrex 는 아이슬란드의 AHA 와 제휴하여 수도 레이카비크에서 드론을 이용한 상품 배송 서비스를 시작하고[6], 스위스포스트는 우편배달 서비스 및 의약품을 운송하는 드론 배달 서비스도 운영중이다[7].

중국에서는 DHL 과 중국 드론업체 이항과 협력하여 드론 배달 서비스를 하고 있으며[8], 알리바바 계열의 온라인 음식 배달업체인 어러머는 드론 음식 배달 서비스를 시험 운행했다[9]. 이 외에도 Zipline 은 아프리카의 르완다와 가나에서 혈액 및 의약품 배송 서비스를 하고 있으며[8,10], 호주에서 Wing Aviation 이

커피, 베이커리, 식료품 등을 배송하는 서비스를 진행[11]하는 등 세계 여러 국가에서 드론을 이용한 배달 서비스를 시범적으로 진행하고 있다.

국내에서도 산업통상자원부, 행정안전부, 우정사업본부 등을 중심으로 택배, 우편 배달 시범 서비스와 물류 배송을 위한 드론 개발 사업을 진행하고 있다.

III. 우편 배달용 드론 관제 시스템 GUI 구현

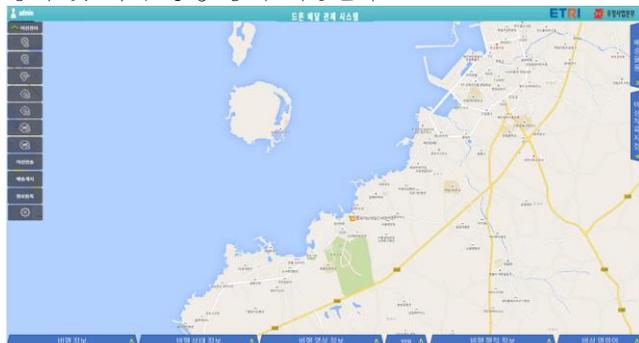
과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 국토교통부에서 지원하는 “공공혁신조달 연계 무인이동체 및 SW 플랫폼 개발” 사업에서는 하천조사 및 모니터링, 철도시설물 점검, 산불 감시, 다중이용시설 사고예방, 우편 배송 등의 공공업무용 드론 기술을 개발하고 있으며, 본 논문은 이 중에서 “우편 배송 라스트 마일 업무 혁신을 위한 무인비행장치 운영 기술 개발” 과제에서 개발 중인 우편 배달용 드론 관제 시스템의 GUI에 대해 기술한다.

우편 배달용 드론 시스템은 배달 취약지역인 도서 및 산간 지역에 우편물을 배달하기 위한 드론 시스템이며, 우편물의 정보를 관리하는 운영관리시스템, 드론의 비행 및 배달을 제어하는 관제시스템, 배달용 드론 기체, 드론에 장착되는 임무 장비 및 임무 SW 등으로 구성된다.



[그림 1] 우편 배달 드론 시스템 개념도

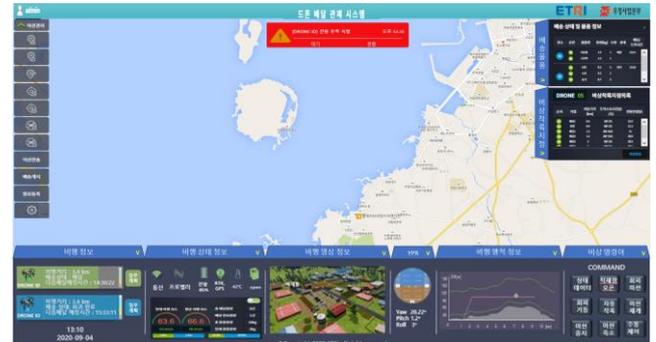
일반적으로 드론 관제시스템의 화면은 드론의 항로 정보, 자세, 상태 정보, 비행 영상 정보 등으로 구성된다. 우편 배달용 드론의 경우, 이러한 정보 이외에 우편물 정보와 배달에 관련된 정보를 관제 시스템에 표출해야 한다. 우편물 정보는 배송 물품의 종류, 중량, 수량 등이 해당되고, 배달에 관련된 정보는 배달 완료 여부, 적재함 상태 및 개폐 명령 등이 해당된다.



[그림 2] 우편 배달용 드론 관제시스템 기본 화면

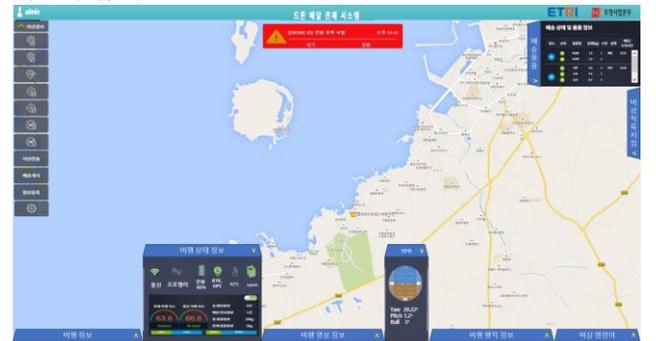
우편 배달용 드론 관제시스템의 기본 화면은 해당 지역 지도와 좌, 우, 하단에 메뉴가 배치된다. 우편 배달용 드론 관제시스템은 도서산간 지역의 우체국에서 운영하는 시스템으로 관제센터에서 큰 화면을 제공하는 환경과는 다르다. 드론 배달을 수행하는 집배원이 필요에 따라 이동하여 노트북에 설치된 관제시스템을 이용하여

드론 배달 상황을 관제하는 방식으로 운영될 것으로 예상된다. 노트북이라는 제한된 화면에서 다양한 정보를 필요에 따라 볼 수 있도록 컬랩스 방식의 메뉴를 구성하였다. 화면의 우측과 하단의 메뉴 패널을 선택하면 해당 정보가 펼쳐지고 다시 선택하면 메뉴가 접혀서 배경의 지도화면을 볼 수 있다.



[그림 3] 우편 배달용 드론 관제 시스템 전체 정보 화면

[그림 3]은 관제 시스템의 컬랩스 메뉴 패널을 모두 펼쳤을 경우의 화면이다. 드론의 항로, 자세, 상태, 비행 영상 등의 정보와 우편물 정보 및 배달에 관련된 정보를 모두 볼 수 있다. 이러한 메뉴의 구성은 필요한 정보를 선택에 의해 볼 수 있으며, 메뉴를 접을 경우, 제한된 화면에서 전체 비행 상황을 볼 수 있는 장점이 있다. 화면의 우측에는 배달 상태 및 물품 정보를 볼 수 있는 메뉴가 있다.



[그림 4] 우편 배달용 드론 관제시스템 일부 정보 화면

[그림 4]는 일부 메뉴만 펼쳤을 경우의 화면이다. 상황에 따라 필요한 정보만 선택적으로 표출할 수 있다.



[그림 5] 우편 배달용 드론 관제시스템 실시간 영상

[그림 3]에서 하단 세번째 메뉴는 비행 영상 정보이다. 장애물이 발견된 경우, 또는 배달지에 도착한 경우 등 영상 정보를 자세히 보고 싶을 경우에는 비행 영상 정보를 펼친 상태에서 영상을 선택하면 [그림 5]와 같이 화면의 중앙에 확대되어 나타난다. 필요한 경우에만

영상을 확대하여 평소에는 화면을 가리는 것을 최소화할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 우편 배달용 드론 관제시스템의 GUI 구현에 대해 기술하였다. 별도의 관제센터와 큰 화면이 제공되는 환경과 달리 지역 우체국에서 자체 운용하는 환경을 고려하여 작은 화면에 다양한 정보를 표출하고, 필요한 정보만 선택적으로 볼 수 있는 컬랩스 방식의 메뉴를 구성하여 화면을 효율적으로 사용할 수 있도록 구현하였다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술정보통신부 / 산업통상자원부 / 국토교통부 / 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 20DPIW-C153664-02).

참 고 문 헌

- [1] 과학기술일자리진흥원, “드론 기술 및 시장동향 보고서,” S&T Market Report, vol.67, 2019.8.
- [2] 한경수, 정훈, “드론 물류 배송 서비스 동향,” 전자통신동향분석 제 35 권 제 1 호, pp.71-79, 2020.02.
- [3] <http://www.ulogistics.co.kr/test/board.php?board=HOTnews2&command=body&no=6920>
- [4] <https://thehill.com/policy/technology/469338-ups-uses-drone-to-deliver-prescription-drugs>
- [5] <https://www.zdnet.co.kr/view/?no=20190920101936>
- [6] <http://clomag.co.kr/article/2935>
- [7] <https://www.enecko.com/archives/32560>
- [8] <https://www.anadronestarting.com/>
- [9] <https://www.nocutnews.co.kr/news/4978415>
- [10] <https://www.mk.co.kr/news/world/view/2019/04/258680/>
- [11] <https://www.enecko.com/archives/31691>

소형드론 무선 식별 에너지 효율 개선 방안 및 성능 분석

*오진형, 강규민

*한국전자통신연구원 전파위성연구본부

*jinhyung@etri.re.kr, kmkang@etri.re.kr

Performance Analysis for UAV Wireless Identification Energy Efficiency Improvement

Jinhyung Oh and Kyu-Min Kang

요약

본 논문은 기존의 대표적인 무선식별 방식인 RFID에서 주로 사용된 FS-ALOHA와 다중 셀 환경에서의 드론 식별을 위해 제안된 MDFS-ALOHA를 동일한 환경에 적용하였을 때 드론 식별에 소모되는 에너지를 비교하였다. 기존 방식(FS-ALOHA) 대비 제안된 방식(MDFS-ALOHA)이 약 5.81%의 식별 에너지 효율이 개선되었음을 확인하였다.

I. 서론

최근 들어, 다양한 목적으로 사용되는 드론의 수가 증가함에 따라 드론을 식별하는 것이 매우 중요한 작업이 되었다. 또한, 각종 중요 시설에 드론을 이용한 공격과 방해가 자행되었다는 소식이 종종 들려옴에 따라 드론을 식별하는 것은 더욱더 중요한 이슈가 되었다. 드론의 움직임에 효과적으로 대응하기 위해서는 탐지, 식별, 무력화 단계가 필요할 것으로 예상되는데, 이 중 드론을 무선으로 식별하기 위해서는 드론 식별 환경에 적합한 무선 통신 방식의 도출이 필요하다고 생각된다. 대표적인 기존 무선 식별 방식인 RFID에서는 식별 관련 정보를 전송하기 위해 각 노드가 FS-ALOHA(Frame Slotted ALOHA) 프로토콜을 통해 채널에 접속한다. 보통 RFID에서는 [1] FS-ALOHA 프로토콜을 1개의 Reader와 다수개의 Tag가 존재하는 환경에서 식별을 수행하는데 반해, 드론 식별은 광범위한 지역에서 Reader 역할을 하는 다수의 지상용 식별기와 Tag 역할을 하는 다수의 드론이 존재하는 환경에서 수행되어야 한다. 이러한 점을 고려하여 본 논문에서는 기존 RFID 방식에서 사용했던 FS-ALOHA를 드론 식별 환경에 적용했을 때 소모되는 에너지를 파악하고 이를 개선하기 위한 식별 방식 제안 및 성능을 비교, 분석하고자 한다.

II. 시스템 모델

그림 1은 소형드론 무선 식별 에너지 효율 성능 분석을 위한 시스템 모델을 나타낸다. 시스템 모델은 총 7개의 지상용 식별기와 각 셀 별로 10개씩 총 70개의 드론이 비행하고 있는 환경을 가정하였다. 각 셀 별로 채널 환경과 전송 슬롯에서의 드론 간 충돌로 인하여 전송에 실패한 드론은 빨간색으로 표시하였고, 아무런

표시가 없는 드론은 성공적으로 지상용 식별기가 드론의 식별정보를 수신했다고 가정하였다.

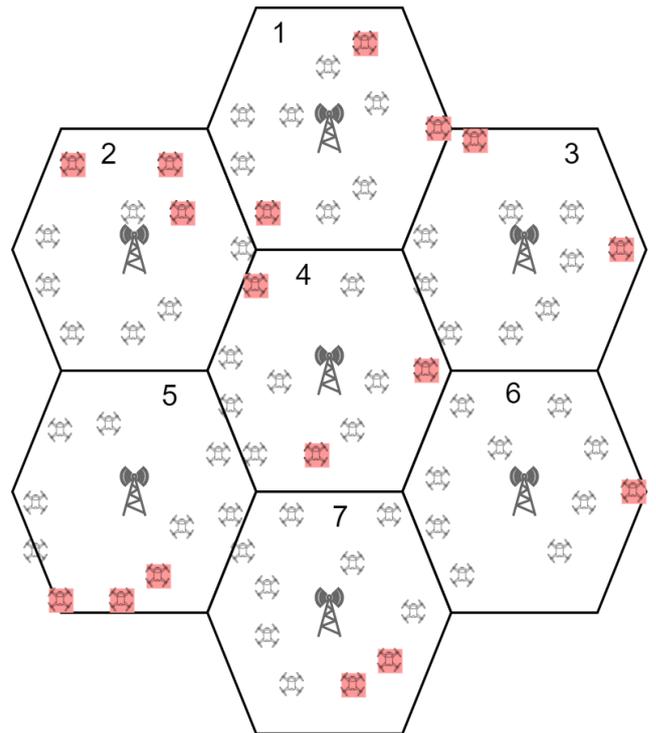


그림 1. 소형드론 무선 식별 에너지 효율 성능 분석을 위한 시스템 모델

시뮬레이션을 위한 시스템 모델에서 적용한 환경은 부도심을 가정하였으며, 주파수는 868MHz 전송 슬롯의 길이는 50ms, 지상용 식별기 간 거리는 1000m 라고

가정하였다. 또한, 드론을 식별하는 기본 시간을 1.2 초로 제한하여 주기적으로 드론이 식별될 수 있도록 하였으며, 이에 따라 재전송 가능 횟수도 3 회로 제한하였다. 최초 식별 시 설정된 프레임 당 식별요청, 식별응답, ACK 슬롯의 수는 (2,7,1)로 가정하였다.

III. 본론

본 장에서는 2 장의 시스템 모델을 이용하여 2 가지 드론 식별용 채널접속 프로토콜(기존방식, 제안방식)에 대해 설명하고 각각의 프로토콜을 적용했을 때 소모되는 에너지를 비교 및 분석하고자 한다. 첫번째 프로토콜은 기존 RFID 에서 사용하는 FS-ALOHA 방식이고, 두번째 프로토콜은 본 논문에서 제안한 드론 식별용 MDFS-ALOHA(Multicell Dynamic Frame Slotted ALOHA)이다. 기존 방식과 제안한 방식의 차이점은 재전송시 사용할 식별응답슬롯의 개수이다. 각 셀 별로 식별 정보 전송에 실패한 드론의 수가 전체 7 개 셀에서 각각 (2,4,2,3,3,1,2)개 일 때, 아래 그림 2 와 같이 기존 방식은 재전송 시에도 식별응답슬롯의 수가 최초 식별 당시 슬롯의 수(7)로 고정되는 반면, 제안한 방식은 각 셀 별 전송 실패 드론 수의 최대값(4)으로 재전송 시 모든 셀의 식별응답슬롯의 수를 설정한다. 재전송에 참여하는 드론의 수는 최초 식별 시 드론의 수보다 적기 때문에 재전송에 사용되는 식별응답슬롯의 수를 줄임으로써 드론식별 에너지 소모량을 감소시킬 수 있다고 예상된다.

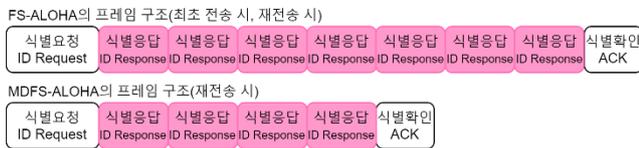


그림 2. FS-ALOHA 와 MDFS-ALOHA 프레임 구조

아래 그림 3 은 시스템 모델에서 가정한 지상용 식별기 배치와 드론의 비행 모습을 나타낸 것이다. 고도 150m 에서 각 셀 별로 다른 색상을 나타내는 드론이 비행하는 순간을 나타낸 것이다.

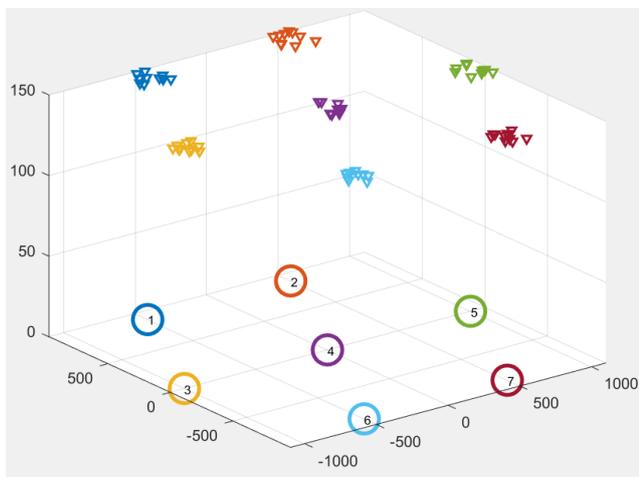


그림 3. 시뮬레이션 환경에 따른 네트워크 topology

그림 4 는 FS-ALOHA 와 MDFS-ALOHA 간 에너지 소모량을 CDF 로 표현한 그래프이다. 전체적으로 파란색 그래프인 MDFS-ALOHA 의 에너지 소모가 FS-ALOHA 보다 적음을 확인할 수 있다. 본 시뮬레이션

에서는 에너지 소모량을 슬롯의 상태에 따라 나누어 계산하였다. 슬롯의 상태는 송신, 수신, 대기로 나뉘어지며, 본 시뮬레이션에서는 각 상태별로 각각 0.1W, 0.02W, 0.01W 가 소모되는 것으로 가정하였다. CDF 를 통해 도출한 각 FS-ALOHA 와 MDFS-ALOHA 의 평균 에너지 소모량은 각각 0.46568W 와 0.43859W 로써, 제안한 방식(MDFS-ALOHA)이 기존 방식 (FS-ALOHA)대비 약 5.81% 정도 드론 무선 식별 에너지 효율이 개선되었음을 확인하였다.

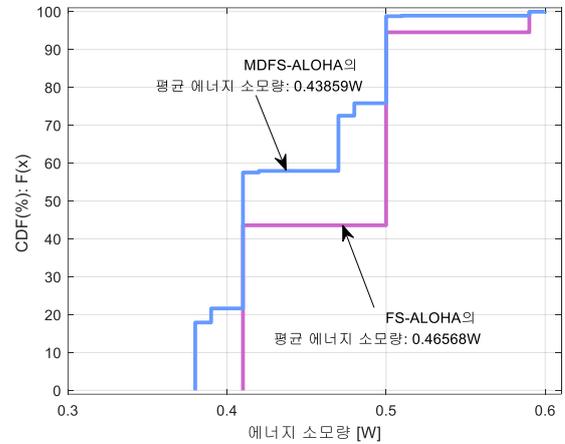


그림 4. FS-ALOHA 와 MDFS-ALOHA 의 에너지 소모량 비교

제안된 MDFS-ALOHA 방식의 에너지 효율이 기존 대비 개선된 이유는 재전송 시 식별응답슬롯의 수를 기존대비 적게 설정했기 때문이다. 실제로 시뮬레이션을 진행하는 동안 FS-ALOHA 와 MDFS-ALOHA 적용 시 사용된 평균 슬롯의 수가 각각 약 24 개와 23.68 개임을 확인하였다. 재전송 시 사용되는 식별응답슬롯의 수가 기존과 제안된 방식 사이에 많은 차이를 보일 것으로 예상했으나, 상향/하향링크 간섭 문제로 인하여 각 셀 별로 재전송을 해야하는 드론의 수의 최대값을 전체 셀의 재전송 식별응답슬롯의 수로 설정해야만 했기 때문에 평균적 에너지 소모량에 매우 큰 차이를 발생시키지 못한 것으로 파악된다.

IV. 결론

본 논문은 기존의 RFID 에서 주로 사용된 FS-ALOHA 와 다중 셀 드론 식별을 위해 제안된 MDFS-ALOHA 를 동일한 환경에 적용하였을 때 드론 식별에 소모되는 에너지를 비교하였다. FS-ALOHA 대비 제안된 MDFS-ALOHA 방식이 약 5.81%정도 에너지 효율이 개선되었음을 확인하였다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신·방송 연구 개발사업의 일환으로 수행하였음 [2019-0-00499, 저고도 소형드론 식별·주파수 관리 기술 개발].

참 고 문 헌

[1] ISO/IEC18000-6, Part 6: Parameters for air interface communications at 860MHz to 960MHz

영국 데이터 전략 분석 및 국내 정책에 대한 시사점

*설성호, **권수천

*한국전자통신연구원, **한국전자통신연구원

*ssh1517@etri.re.kr, skweon@etri.re.kr

A Study on the Analysis of UK Data Strategy and its Implication

*Seol Seong Ho, **Kweon Soo Cheon

*ETRI, **ETRI

요약

본 논문은 데이터 산업 분야 정책 선진국인 영국의 국가 데이터 전략을 분석하였고 앞서 발표된 유럽 데이터 전략과 비교하였으며 이를 바탕으로 국내 데이터 정책에 필요한 시사점을 제시하였다. 주요 시사점은 영국의 데이터 전략이 참조 사례로 유럽 데이터 전략보다 더 적합하며 섹터간의 데이터 공유를 촉진하기 위한 프레임워크 등이 포함된 보다 종합적인 형태의 국가 데이터 전략으로의 발전이 필요함을 제시하였다

I. 서론

4차 산업혁명의 핵심인 인공지능 기술이 다방면에 걸쳐 응용되고 널리 확산될 것으로 전망되면서 최근 들어 각국은 이를 가능케 하는 토대로서 데이터 관련 법제도 개선과 함께 국가적 수준의 데이터 전략을 준비하는 움직임을 보이고 있다.

이를 선도하고 있는 지역은 유럽이다. 2018년도에 발효된 유럽 GDPR (General Data Protection Regulation)은 개인정보의 보호와 활용 간에 균형을 시도한 현대화된 법규로서 규모의 경제효과가 가미되어 이미 글로벌 레퍼런스로 자리를 잡아가고 있다.

유럽은 미국에 비해 상대적으로 열세인 인공지능 기술 개발과 데이터 경제 활성화 분야에서도 유럽 차원의 harmonized approach를 통한 경쟁력 강화를 추진하려 하고 있다. 2020년 2월에 유럽집행위원회가 발표한 '인공지능 백서'와 '유럽의 데이터 전략' 문건은 이를 잘 보여준다 [1] [2].

데이터 경제가 본격화되는 시점에서 서 있는 우리나라 입장에서는 자유시장 경제질서에 기반한 민간 기업 주도의 미국보다는 유럽의 정책이 참조하기에 더 적합한 상황이다. 그러나, harmonized approach를 취하는 유럽은 규모를 제외시킬 경우 평균적인 ICT 산업 발전은 우리나라보다 약하기 때문에 참조하기에 적합한 대상인지는 의문시된다.

한편, 오랜기간 EU 회원국이었던가 내년 1월부터 EU를 탈퇴하게 되는 영국은 브렉시트로 인한 불안감이 상존하고 있다. 예를들어 인공지능 기술 개발이나 데이터 경제 활성화에서도 규모의 경제효과를 더 이상 누릴 수가 없게 된다. 반면에 영국만의 정책 수립 독자성은 강화된다.

2020년 9월에 영국의 디지털, 문화, 미디어 및 스포츠부(DCMS : Department for Digital, Culture, Media & Sport)는 '국가 데이터 전략'을 발표하고 의견수렴절차에 돌입하였다. 이해관계자들로부터 의견을 수렴하여 2021년초에 국가 데이터 전략을 확정할 예정이다. 영국의 '국가 데이터 전략'은 시장 친화적이며 과학분야의 연구 전통을 잘 활용하려는 의도가 많이 담겨 있다 [3].

ICT 산업 비중이 높은 우리나라 입장에서는 영국의 국가 데이터 전략이

유럽 대륙의 데이터 전략에 비해 더 좋은 레퍼런스라고 생각되므로 본 고에서는 먼저 영국의 국가 데이터 전략을 집중적으로 분석한 다음에 이를 유럽의 데이터 전략과 비교해보고 국내 정책에 대한 시사점을 도출해보기로 한다.

II. 영국 데이터 전략의 주요 내용

2019년 6월에 영국 정부는 데이터 전략 프레임워크 수립을 위한 자료 제출을 요청 하였고 2019년 3분기에는 여러 이해관계자들이 참여한 원탁회의, 워크숍 등을 다수 개최하였다. 이와같은 준비 과정을 거쳐서 2020년 9월에 발표된 국가 데이터 전략은 여러 다양한 증거(사례연구, 학술 연구, 분야별 연구)를 기반으로 마련되었다.

국가 데이터 전략에서는 데이터가 영국을 긍정적으로 탈바꿈시킬, 구체적이고도 중요한 5가지 기회(①생산성과 무역을 신장 ②새로운 비즈니스와 직업을 지원 ③과학연구의 속도, 효율성 및 범위 개선 ④정책 및 공공 서비스 제공 개선 ⑤모든 사람을 위한 보다 공정한 사회를 만들)가 있음을 식별하였다.

이와같은 기회들을 활용하기 위해서는 데이터 영역 전반에 걸친 개선이 필요한데, 주제 분석과 자료 제출 요청을 통해 얻은 응답 자료들을 통해 보다 효과적인 데이터 활용을 위해 기초가 되는 전략의 4대 축(①데이터 기반) ②데이터 스킬 ③데이터 가용성 ④책임성 있는 데이터)을 구성하였으며 4대 축에 대하여 영국 정부가 중점을 두어야 할 5가지 미션을 선정하였다.

미션 1은 전 경제분야에서 데이터 가치를 unlocking하는 것으로 경제 전 분야에서 데이터가 적절히 사용되고 접근가능하며 이용가능한 환경을 조성하는 것을 의미한다. 이를 위해서는 조직, 섹터 간의 데이터 링키지 및

1) Data Foundation : 데이터가 목적에 부합하고, 미래에도 사용 가능한 시스템에 표준화된 포맷으로 기록되며, 찾을 수 있고 접근 가능하며 상호운용 가능하고 재사용 가능한 상태로 유지되는 것을 의미

재사용이 가능하도록 환경을 조성하고 협업 인센티브가 보장되도록 정책 프레임워크를 개발하는 것이 최우선 과제가 된다.

미션 2는 친 성장의(pro-growth), 신뢰받는 데이터 제도(data regime)를 확립하는 것으로서 기술규제와 함께 데이터 보호 법규도 포함된다. 외부적으로는 EU를 포함한 글로벌 파트너들과 데이터 적정성을 추진할 것이며 내부적으로는 복잡하지 않고 명료하며 경쟁 및 혁신을 지원하는데 도움이 되는 제도를 확립해 나갈 예정이다.

미션 3은 정부 및 공공부문의 데이터 활용을 탈바꿈시켜 효율성을 높이고 공공서비스를 개선하는 것이다. 특히 정부 및 공공부문에 내재된 비효율적인 정보공유를 개선하기 위하여 CDO(Chief Data Officer) 주도의 범정부적인 접근방식을 통해 변화를 견인하려고 한다.

이외에도 미션 4는 데이터가 의존하는 인프라(데이터 센터, 피어링 및 트랜짓 인프라, 클라우드 컴퓨팅 포함)의 보안과 복원력을 보장하는 것이며 미션 5는 데이터의 글로벌 흐름을 적극 옹호하는 활동으로 EU 적정성 결정 확보 추구, 국경을 초월한 데이터 흐름 촉진, 국제적으로 데이터 표준 및 상호운용성을 추진하는 것 등이 포함된다.

전략의 4대 축 관점에서 바라본 주요 이슈 또는 계획은 다음과 같다. 데이터 기반에서는 특히 정부 및 공공부문의 데이터 품질, 비 호환, 부처 간의 정합성 부족 문제가 강조되고 있는데, 영국 정부는 2020년 3월 예산에서 데이터 표준청과 정부 데이터 품질 허브 설립, 정부 데이터 통합 플랫폼 개발을 발표하는 등 적극적인 조치를 취하고 있다.

데이터 스킬 측면에서는 정규 및 직업학교의 관련 교육을 강화하는 것이 당면과제가 되고 있으며 공공부문 전반에 걸쳐 데이터 스킬을 개선하기 위하여 2021년까지 500명의 분석가를 훈련시킬 계획이다.

데이터 가용성 측면에서는 데이터의 전체 가치가 구현되지 않고 있어 정부개입이 필요하다는 많은 증거들이 제시되고 있다. 2012년도에 시작된 오픈 데이터 정책을 개선하여 시장 니즈 충족과 가치를 unlock시킬 것이며 민간 데이터 자산으로부터 가치를 이끌어내는 공유모델들을 발전시켜 나갈 것이다. 또한, 국제 파트너들과 협력하여 데이터 가용성을 강화하고 글로벌 데이터 흐름이 용이해지도록 하는 접근법을 취해 나갈 예정이다.

책임성 있는 데이터 측면에서는 데이터 제도의 명확화를 통해 조직들의 법제도 준수를 도울 것이며 규제샌드박스를 통해 혁신자들에게 선도적 조언과 지원을 강화할 것이다. 국가 사이버보안센터/GDPR/네트워크 및 정보시스템 규제 수업을 통해 인프라에 대한 위협 리스크 관리가 이전보다 많이 나아졌지만, 글로벌 데이터 증가 추세 등을 감안한 상시적인 리스크 관리가 보장되도록 개선해 나갈 것이다.

이와같은 내용의 '국가 데이터 전략'의 전체적인 방향과 접근법이 유의미해지도록 영국 DCMS는 여러 이해관계자들에게 전략의 프레임워크와 핵심 원칙들, 그리고 정책의 주요 제안사항들에 대하여 자문을 실시하고 있다. DCMS는 여러 크로스 섹션 대표들을 포함하여 스타트업 및 중소기업, 시민단체들, 지역당국들의 의견들을 골고루 청취하여 포용성 있는 정책 대안을 마련하고 확정할 예정이다.

III. 유럽 데이터 전략과의 비교분석

(1) 유럽 데이터 전략(2020.02)의 개요

유럽 데이터 전략에 따르면, 유럽은 기술, 노하우 및 고급 노동력을 갖추고 있어서 미래의 data-agile economy에서 성공할 잠재력이 충분하지만, 향후 10년간의 경쟁력은 현재에 의해 결정되므로 지금 액션이 필요하다고 보았다.

동 전략은 '2030년까지 데이터 경제에서 EU가 차지하는 비중이 최소한

경제적 체급에 상응할 정도가 되도록 매력적인 정책 환경을 조성한다'는 비전과 '개인정보 및 비 개인정보가 안전하며 사업자들이 고품질 산업 데이터를 손쉽게 액세스할 수 있고 성장 견인과 가치가 창출될 수 있는 유럽 공동 데이터 스페이스(Common European Data Space)²⁾ 구축'을 목표로 하고 있다.

이와같은 목표 달성을 저해하는 여러 가지 문제점이 존재하고 있는데, 그 중에서도 데이터 가용성이 가장 중요한 문제로서 특히 공공분야 데이터 가용성 문제가 크다고 보았다.

데이터 전략의 4대 축은 (1) 데이터 접근 및 이용을 위한 섹터 간의 거버넌스 프레임워크 마련 (2) 데이터에 대한 투자와 호스팅, 프로세싱, 데이터 이용, 상호운용성을 위한 유럽의 역량 및 인프라 강화 (3) 개인들의 역량, 스킬 강화 및 중소기업에 대한 투자 (4) 전략적인 섹터 및 공공 관심 영역의 유럽 데이터 스페이스 구축으로 구성된다. 보다 세부적인 설명은 지면 제한으로 인해 생략하기로 한다.

(2) 영국 데이터 전략 Vs. 유럽 데이터 전략 비교

본 고에서는 영국의 데이터 전략과 유럽의 데이터 전략을 서로 비교해보기로 한다. 미국의 '연방 데이터 전략(Federal Data Strategy)'은 오픈 데이터 정책에 해당하므로 적절하지 않아 유럽 데이터 전략과의 비교를 시도하였다.

영국의 국가 데이터 전략을 유럽의 데이터 전략과 비교해보면, 민관이 모두 망라되어 있고 민간 파트너십이 강조되는 데이터 전략이며 데이터 가용성 문제를 가장 큰 이슈로 보고 있다는 점이 공통적이다. 또한, 신기술을 규제샌드박스를 통해 수용하는 것을 선호한다는 점도 공통적이다.

섹터 간의 데이터 링크지 및 재사용을 가능하게 하는 프레임워크 마련을 최우선 순위에 두고 있는 점도 동일하다. 게다가 두 전략은 아직까지 제안 상태에 머무르고 있으며 구체적인 사항이 확정되지 아니한 점도 서로 간에 일치한다.

반면에 다음과 같은 차이점이 발견된다. 첫째, 영국의 데이터 제도 방향은 유럽보다는 상대적으로 데이터 보호 보다는 활용(친 성장)을 염두에 두고 있다³⁾. 제도 확립 방향은 복잡성이나 불명확성을 해소하고 활기찬 경쟁 및 혁신을 지원하는 것이다. 둘째, 데이터의 글로벌 흐름 옹호 및 국제 협력 활동에 있어서도 유럽보다 영국이 더 적극적이다. 아마도 브렉시트로 인하여 협소해진 자국 시장의 한계를 극복하기 위한 방안인 것으로 보여진다.

셋째, 영국의 전략은 경제 전 분야를 대상으로 하고 있으나, 유럽은 9개 분야(섹터)를 대상으로 한 전략이다(물론 추후에 분야가 추가될 가능성도 남아있다). 넷째, 과학연구에서 리더였던 자국의 전통을 살피 데이터를 활용한 과학 발전을 추구하려는 의지가 엿보인다. 다섯째, 공정한 사회나 인간 중심과 같은 사회적 가치에 대한 반영 정도는 유럽에 비해 상대적으로 부족한 것으로 판단된다.

IV. 국내 데이터 전략에 대한 시사점

영국의 국가 데이터 전략은 아직은 완성되지 못한 상태이지만, 유럽 데이

- 2) 데이터에 관한 싱글마켓에 해당. 즉, EU 내에서는 데이터가 자유로이 흐르고 소비자 보호 및 개인정보 보호 등 EU 규칙이 적용됨. 섹터별로 특수성과 발전 속도 차이가 존재하므로 크로스 섹터 조치가 전략분야(Ex. 제조, 의료, 모빌리티 등) 데이터 스페이스 발전과 병행되어야 함
- 3) 데이터 제도가 보호와 활용 간의 균형을 도모하고 있다는 점에서는 영국도 마찬가지임. 다만, 균형점이 유럽에 비해서 상대적으로 활용쪽에 위치한 것으로 보임

터 전략과 더불어 민관을 아우르는 종합버전 성격의 전략으로 보여진다. 우리나라의 경우 공공 데이터 개방정책이 행정안전부 주도로 2013년이후 지속되고 있고 2018년 6월에는 관계부처 합동으로 '데이터 산업 활성화 전략'이 마련된 바 있다 [4].

그러나, 전자는 관에서 민간쪽으로 개방하는 데이터만을 대상으로 하며 후자는 데이터 이용제도 개선과 주요 산업 분야 빅데이터 구축만을 주요 내용으로 하고 있어(2020년 7월에 발표된 한국판 뉴딜 종합계획에서는 분야별 빅데이터 구축을 30개로 증가시킴) 영국의 국가 데이터 전략에 비해 일부만 취급하고 있을 뿐이다 [5].

따라서 2019년도에 종합버전 성격의 '인공지능 국가전략'을 수립하였듯이 종합버전 성격의 '국가 데이터 전략'을 수립할 필요가 있다고 사료된다. 국가 데이터 전략에는 민관 분야를 모두 포괄해야 하고 특히 섹터간의, 조직간의 데이터 공유를 촉진하기 위한 프레임워크 마련이 포함될 필요가 있다. 또한, 금년에 개정된 데이터 3법의 부족한 사항들을 보완한 제도 개선방안과 함께 글로벌 데이터 흐름 옹호 및 국제 협력활동 강화까지 포함된 형태가 바람직하다고 사료된다.

또한, 영국 사례는 자국의 강점에 기반한 전략 수립이 필요함을 시사한다. 우리나라의 경우 ICT산업에 상당한 강점을 보유하고 있으므로 유럽보다 시장 친화적이며 적극적인 영국 사례가 레퍼런스로 더 적합하다고 사료된다. 이외에도 데이터 전략을 총괄할 수 있는 조직이나 직제 마련이 필요함을 시사한다. 국가 데이터 전략 수립을 DCMS 주도로 수립할 것처럼 우리나라는 과기정통부 주도로 범부처 합동으로 마련하는 것이 바람직한 형태가 될 것으로 보여진다.

참 고 문 헌

- [1] European Commission, WHITE PAPER: On Artificial Intelligence – A European approach to excellence and trust, 2020.2.19.
- [2] European Commission, A European strategy for data, 2020.2.19.
- [3] DCMS, National Data Strategy, 2020.09.09
- [4] 관계부처 합동, 데이터 산업 활성화 전략, 2018.06
- [5] 관계부처 합동, 「한국판 뉴딜」 종합계획, 2020.07.14

우리나라 인공지능 및 빅데이터 연구위상 분석에 관한 연구

*김문구, **박안선, ***권수천

*, ***한국전자통신연구원, **과학기술연합대학원대학교

*mkkim@etri.re.kr, **pas@etri.re.kr, ***sckweon@etri.re.kr

Analysis on the National Status in the Field of Artificial Intelligence and Big Data

*Kim Moon-Koo, **Park Ansun, ***Kweon Soo Cheon

*, *** Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), **Univ. of Sci. & Tech. (UST)

요약

인공지능과 빅데이터는 4차 산업혁명 기반 기술로, 개인, 산업, 사회, 공공의 지능화를 촉진하고 있다. 본 논문은 한국의 인공지능과 빅데이터 연구 위상을 계량 정보학 및 네트워크 분석을 활용하여 미국, 중국, 일본과의 비교 분석을 통해 한국의 경쟁력과 강약점을 파악하였다. 이를 바탕으로 우리나라의 인공지능 및 빅데이터 연구의 활성화 방향을 제시하였다.

I. 서론

인공지능을 비롯하여 4차 산업혁명의 주요 기술 분야에서 국내 R&D 경쟁력은 미국, 중국 등의 선도국에 비해 상대적으로 높지 않은 것으로 분석되고 있다. 소프트웨어정책연구소(2020)의 인공지능 연구지수에 따르면 상위 100대 연구성과를 지닌 100대 대학에서 중국 (39%), 미국(19%)를 차지하고 있으나 우리나라는 1개 대학도 포함되지 못한 것으로 분석되었다.[1]

대전은 우리나라에서 과학기술계의 우수한 대학과 출연연을 보유하고 있으나 4차 산업혁명 기반 기술의 R&D 경쟁력을 분석한 선행연구는 거의 발표되고 있지 않다. 우리나라와 대전의 4차 산업혁명 기술을 중심으로 연구 경쟁력 분석은 현 위상을 파악하여 강약점을 이해하는 것뿐만 아니라 경쟁력 강화를 위한 시사점을 제시하는 측면에서 필요하다. 이에 본 논문에서는 인공지능과 빅데이터 기술에서의 우리나라와 대전의 연구 역량과 그 위상을 계량정보학 방법과 네트워크 분석을 통해 체계적으로 분석하고, 이를 바탕으로 연구경쟁력 강화를 위한 시사점을 제시하였다.

II. 본론

1. 관련연구고찰

우리나라를 포함하여 주요 국가에서는 인공지능을 중심으로 국가간 경쟁력을 분석하고 있다. 미국의 스탠포드 대학에서는 인공지능 지수(AI Index)를 통해 R&D, 컨퍼런스, 기술 성능, 경제 분야, 교육 분야, 자율 시스템, 공공 인식, 사회적 고려 사항, 국가 전략 및 글로벌 AI 영향력으로 구성된 9개 부문을 지표화하고 있다.[2] 미국의 Center For Data Innovation은 미국, EU, 중국을 비롯하여 주요국 AI 경쟁력을 분석하기 위해 AI 연구자 수와 자질 등, AI 논문 수, IoT 데이터량, 반도체 R&D 10대 기업, AI 칩 설계 회사, 세계 Top 500대 슈퍼컴퓨터 보유, R&D 규모, AI 창업 및 기업 수, 특허분석, VC 투자, AI 도입 및 실증테스트 등을 비교하였다.[3]

영국의 옥스퍼드 대학에서는 인공지능을 분야를 중심으로 정부의 역량

과 준비도 수준을 파악하고 있다. 특히, 정부의 비전, 기술 혁신역량, 데이터와 인프라 역량으로 지표를 구성하고 있다. 이에 따르면, 미국이 1위를 차지한 가운데, 우리나라가 7위, 일본이 13위, 중국이 19위로 나타났다.[4] 우리나라의 NIA는 2019년부터 우리나라와 다른 나라의 인공지능 경쟁력을 비교하기 위해 인공지능 자체 지표와 우리나라 고유의 지표를 개발하여 평가하고 있다.[5] 국회입법조사처는 인공지능 기술·활용·인재 현황을 분석하기 위해 글로벌 핵심인재 등을 미국, 중국 등과 비교하였으며,[6] 소프트웨어정책연구소는 글로벌 두뇌지수와 연구지수를 파악하기 위해 글로벌 핵심연구자와 핵심연구대학을 선정하여 이들의 경쟁력을 파악하고 있다.[1]

2. 분석대상 선정 및 분석 방법론

본 논문에서는 분석 대상의 기술로 인공지능과 빅데이터를 선정하였다. 인공지능은 4차 산업혁명의 기반기술로 개인, 산업, 사회, 공공의 지능화를 촉진할 인프라인 동시에 개인서비스 로봇 등을 통해 융합서비스로 활용되고 있기 때문이다. 또한, 빅데이터는 인공지능의 학습 데이터로 활용될 뿐만 아니라 빅데이터의 분석 결과는 산업효율성과 사회 문제 해결에 직접 활용될 수 있기 때문이다.

분석 기간은 2016년부터 2020년 11월 20일까지 총 5년으로 설정하였으며, 세계적인 학술서지 DB인 SCOPUS를 활용하였다. 분석에 사용될 문헌 유형으로는 컨퍼런스 자료집에 실린 document 등을 제외하고 저널(journal)에 게재된 순수한 최종(final) 논문(article)만을 대상으로 삼았으며, 전 세계 국가들을 대상으로 하되 한국과 미국, 중국, 일본 4개국 비교 분석을 통해 한국의 경쟁력과 강약점을 파악하였다. 주요 분석항목은 지식생산, 상위 키워드 형성, 연구 협력의 양적인 측면에 초점을 맞추었으며 국가 간, 지역 간 비교를 통해 시사점을 도출하였다.

3. 인공지능 분야 분석 결과

SCOPUS DB에 TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence")로 검색

한 결과, 총 35041건의 논문이 검색되었다. 연도별 논문 생산에 따르면, 인공지능 분야의 논문은 2016년에서 2017년 사이에 다소 줄어들었으나 2017년 이후 매년 증가하다가 최근에는 연평균 10% 이상 성장하는 패턴을 나타냈다.[그림 1]

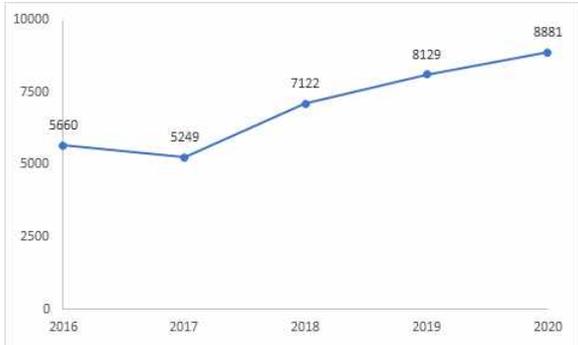


그림 1. 인공지능 분야 연도별 논문생산 현황

총 156개 국가가 1편 이상의 논문을, 123개 국가가 2편 이상을, 102개 국가가 5편 이상을, 91개 국가가 10편 이상의 논문을 출판하는 것으로 나타나 다양한 국가들이 인공지능 지식생산에 참여하는 것으로 분석되었다. 중국이 8077개 논문으로 전체의 23.1% (1위), 미국이 6983개 논문으로 19.9% (2위)를 차지하여 '빅 2' 국가를 형성하였다. 이들 2개 국가에 이어 영국(2685개), 인도(2667개), 스페인(1728개), 독일(1515개), 이탈리아(1489개), 캐나다(1368개), 일본 (1357개), 한국(1336개)으로 상위 10개국을 형성하였다. 우리나라는 10위로, 인공지능 지식생산에서 글로벌 상위권을 차지하였으나 중국의 16.5% 미국의 19.1% 정도에 그치고 있다. 그러나 영국, 인도를 제외하고는 다른 상위권 국가들과 양적인 격차는 크지 않은 것으로 나타났다. 2019년 기준으로 중국이 13억 명, 미국이 3.3억 명, 한국이 0.5억 명인 것을 감안하면 우리나라의 인공지능에서 양적인 논문생산은 이들 상위국과 비교해 결코 미흡하지 않다. 일본과 우리나라의 양적인 논문생산에서는 큰 차이가 없으며 인구 차이를 감안하면 우리나라의 지식생산 역량이 일본에 비해 상대적 우위이다. 100편 이상 논문을 출판한 기관은 총 68개 기관이었으며 중국 과학원(Chinese Academy of Sciences)이 558개 논문으로 1위를 차지하였다. 상위 100대 기관 중에서 중국이 35개 기관을 차지하였으며, 미국 20개, 영국 5개, 인도는 1개, 스페인은 4개, 독일은 1개 기관이 차지하였다. 한국은 서울대학교가 87개로 87위를, 세종대학교가 85개로 91위를 차지하였으며, 100대 상위기관 가운데 2개 기관만이 포함되었다.

인공지능 분야 상위 10개 연구 주제는 [그림 2]와 같이 분포하였다. 즉, 컴퓨터 과학과 공학이 가장 큰 연구 주제를 형성하는 가운데 수학, 의학, 재료과학, 물리학, 환경과학 등이 상위권에 포진하였으며, 사회과학과 경영학 분야도 10위권을 형성하였다. 중국은 컴퓨터 과학과 공학, 수학이 비중이 높은 가운데 화학, 에너지 분야가 상위권을 형성하였다. 미국은 의학, 사회과학, 경영학, 환경과학 분야가 상위 주제를 형성했다는 점이 다른 국가들과 다르다. 우리나라와 일본의 경우, 의학, 사회과학, 바이오, 화학 등에서 다른 국가들과 차별성을 나타냈다.

상위 키워드로는 인공지능(artificial intelligence)을 제외하고 학습시스템과 딥러닝, 의사결정시스템, 알고리즘, 최적화 등 인공지능 관련 기법들이 포진하였다. 국가별로 비교하면 중국은 인공지능 학습 관련 키워드가, 미국은 의사결정 관련 키워드가, 일본은 신경망 기법, 한국은 데이터 처리 관련 키워드가 상위권을 형성하는 국가별 차별성이 나타났다.

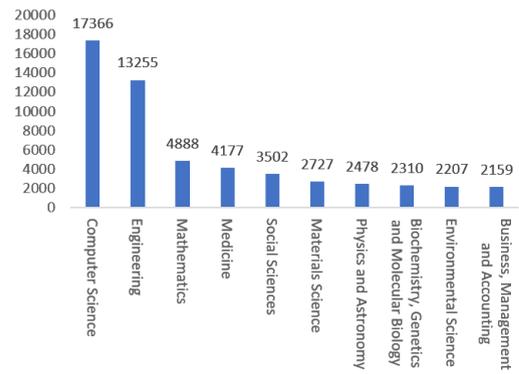


그림 2. 인공지능 분야 상위 10위 연구 주제

인공지능 분야의 글로벌 협력관계를 살펴보기 위해서 중국, 미국, 일본, 한국의 글로벌 지식생산 협업을 파악하였다. 중국은 미국 (1037개)과 가장 많은 연구 협력을 하였다. 미국에 이어 영국 (312개), 호주 (255개), 홍콩 (238개), 캐나다 (203개), 싱가포르 (157개), 대만 (123개), 일본 (109개), 한국 (92개), 사우디 아라비아 (83개)의 순으로 협력하였다. 중국은 일부 영 어권 국가들을 제외하고는 대체로 중국 관련 주변 국가나 지역과 협력을 강화하는 경향이 나타났다. 미국은 중국과 1037개 논문에서 협력이 가장 많이 수행되었으며 총 14개 국가와 100개 이상의 논문에서 협력이 나타났다. 중국에 이어, 영국 (423개), 캐나다 (285개), 독일 (231개), 호주 (195개), 이탈리아 (179개), 프랑스 (161개), 인도 (159개), 한국 (155개), 스페인 (143개)과 협력하였다. 미국은 다양한 국가들과의 협력관계를 형성하면서 주로 유럽권의 국가들과 협력이 활발한 것으로 분석된다. 일본은 중국과 109개 논문에서 협력하였으며 100개 국가 이상의 협력 국가는 중국과 미국 등 2개국이었다. 이처럼 일본은 아시아보다는 전반적으로 북미나 유럽과 협력이 활발하였다. 우리나라는 미국과 155개 논문에서 협력하였으며 100개 국가 이상의 협력 국가는 미국이 유일하였다. 다음으로는 중국 (92개), 호주 (45개), 인도 (42개), 이란 (40개), 파키스탄 (39개), 영국 (34개), 베트남 (30개), 말레이시아 (21개), 캐나다 (17개), 일본 (17개) 순서로 나타났다. 이처럼 우리나라는 유럽권과 함께 아시아 국가들과의 활발한 연구 협력을 형성하였다.

4. 빅데이터분야분석결과

SCOPUS DB에 TITLE-ABS-KEY ("big data")로 검색한 결과, 총 24222건의 논문이 검색되었다. 빅데이터 분야의 연도별 지식생산 현황을 보면, 인공지능에 준할 정도로 2016년 이후 다수의 논문 출판이 증가되는 추세를 보여, 연도별로 매년 20% 이상 증가하였다. 그러나 2019년에서 2020년 사이에는 다소 증가추세가 주춤되거나 낮아졌다.[그림 4]

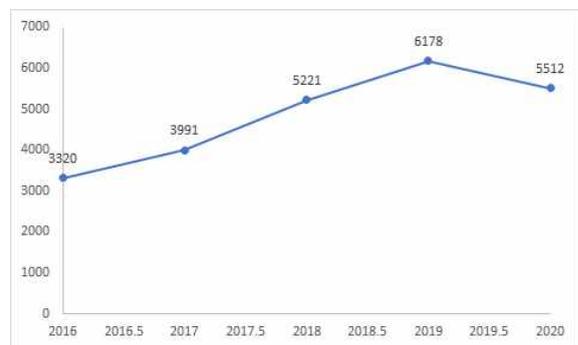


그림 4. 빅데이터 분야 연도별 논문생산 현황

1편 이상의 논문을 출판한 국가는 총 145개 국가였으며, 2편 이상의 논문

생산은 119개 국가, 5편 이상을 102개국, 10편 이상을 80개국이 출판하는 것으로 나타나 매우 다양한 국가들이 빅데이터 지식생산에 참여하는 것으로 분석되었다. 5% 이상의 빅데이터 논문을 생산한 국가는 5개국(중국, 미국, 인도, 영국, 한국)으로 나타났으며 이 가운데 중국, 미국, 인도, 영국은 인공지능에서도 5% 이상을 출판하였다. 우리나라는 세계 5위의 빅데이터 분야 논문 생산국으로 중국 미국과의 양적인 격차가 존재하지만, 연구수를 고려하면 결코 지식생산의 양적인 규모가 적다고 할 수 없다.

빅데이터 분야의 논문을 총 100개 이상 출판한 기관은 총 39개, 200개 이상 논문 생산 기관은 5개였으며, 중국 과학원이 총 584개 논문(전체의 2.4%)으로 1위를 차지하였다. 또한, 상위 100개 기관 가운데 중국이 45개 기관으로 압도적인 순위를 차지하였으며 미국이 21개로 2위를 차지하면서, 중국이 양적으로 미국의 기관을 2배 이상인 것으로 나타났다. 우리나라는 100대 상위기관 가운데 2개 기관만이 해당되었으며, 서울대학교가 73개로 72위를 차지하였으며 세종대학교가 63개로 92위로 나타났다.

빅데이터 분야의 상위 10개의 연구 주제는 컴퓨터 과학(24.3%)과 공학(17.1%)이 인공지능과 마찬가지로 빅데이터의 가장 큰 연구 주제를 형성하는 가운데 사회과학(3위, 8.6%), 경영학(5위, 5.4%)이 다른 자연과학이나 공학 분야를 추월하는 현상이 나타났다.[그림5] 중국은 자연과학 분야가, 미국은 사회과학, 경영학, 의사결정 과학이, 일본은 중국과, 우리나라는 미국과 다소 유사한 연구 주제를 형성하였다.

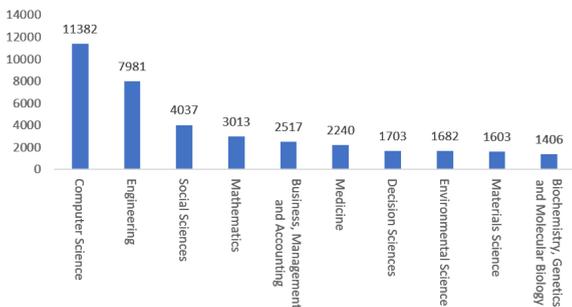


그림 5. 빅데이터 분야 상위 10위 연구 주제

빅데이터(big data)를 제외하고 상위 핵심 키워드는 데이터 마이닝, 데이터 처리, 데이터 저장 등과 같은 데이터 관련 기법들과 기계학습 등의 인공지능 관련 키워드들이 상위 키워드로 포진하였다. 국가별 핵심 키워드를 비교하면 중국과 일본, 우리나라는 데이터 관련 키워드가 상위권을 형성한 반면, 미국은 인공지능 관련 기법들이 최상위권을 나타냈다.

빅데이터 분야의 글로벌 협력관계를 살펴보기 위해 중국, 미국, 일본, 한국의 글로벌 지식생산 협업을 파악하였다. 그 결과, 중국과 미국이 협력관계가 다양한 가운데, 인공지능 분야 분석 결과와 유사하게 빅데이터 분야에서도 중국은 주변 국가들과, 미국과 일본은 유럽권 국가들과, 우리나라는 아시아 국가들과 협력이 활발한 편이었다.

III. 결론

우리나라 4차산업 혁명의 기반기술인 인공지능과 빅데이터 분야의 연구 수준은 글로벌 10위 이내이며, 특히 빅데이터는 5위 이내로 양적인 수준이 확보된 것으로 평가되고 있다. 중국이 양적인 수준에서 최근 2-3년 사이에 미국을 능가하는 추세가 지속되는 상황에서, 영국, 인도가 글로벌 5대 강국에 공통으로 포함되어 있다. 특히 미국은 인공지능의 기술 분야에서, 중국은 빅데이터 분야에서 치열한 경쟁을 펼치고 있는 가운데, 우리나라는 이들 국가와 연구 생산의 양적인 격차가 확대되고 있는 우려가 있다. 일본과의 경쟁에서는 우리나라가 양적인 우위를 확보하고 있는 것으로 평

가되고 있으며 빅데이터 분야에서는 그 격차가 크게 나타나고 있다.

우리나라는 불과 2개 기관만이 세계 상위 100위권에 포진하였으며 100위권에서도 하위권으로 나타나 개별 연구기관들 양적 성장과 연구를 주도하는 기관들의 분발과 육성이 요구된다.

인공지능과 빅데이터의 연구 주제에서 미국과 중국이 서로 다른 접근을 하는 추세를 보이고 있다. 미국은 사회과학이나 경영학, 의학 등의 응용과학 분야에서, 중국은 재료과학, 화학 등과 같은 자연과학에서의 연구성과가 확대되고 있다. 우리나라는 미국과 중국의 중간 정도 범위의 연구주제를 형성하는 것으로 파악되고 있으며 확실한 주도 분야가 미흡한 것으로 평가된다. 이에 우리나라는 인공지능과 빅데이터 분야에서 원천기술부터 상용화기술, 융합기술 전반에 걸쳐 자원과 역량을 투입하기보다는 우리나라가 강점을 지닐 분야와 미래 경쟁력 확보 분야를 바탕으로 집중투자를 하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이승환, 2020, “인공지능 연구지수(AI Research Index) : 세계 최고의 인공지능 대학은?”, 소프트웨어정책연구소.
- [2] Standford HAI, 2019, “AI Index”, (<https://hai.stanford.edu/research/ai-index-2019>).
- [3] Danial Castro, 2019, “Who Is Winning the AI Race: China, the EU or the United States?”, (<https://datainnovation.org/2019/08/who-is-winning-the-ai-race-china-the-eu-or-the-united-states/>).
- [4] Oxford Insight, 2019, “Government AI Readiness Index”.
- [5] 한국정보화진흥원, 2019, “AI Index-우리나라 AI 수준조사”.
- [6] 국회입법조사처, 2019, “인공지능 기술·활용·인재 현황과 시사점”.

가정용 스마트 측정기기의 데이터를 활용한 근감소증 진단을 위한 알고리즘 설계

*이윤주, **원윤재

한국전자기술연구원

*topgun@keti.re.kr, **yjwon21@keti.re.kr

Algorithm design for diagnosing sarcopenia Using data from smart home appliances

*Lee Yun Ju, **Won Yun Jae

Korea Electronics Technology Institutes

요 약

근감소증은 나이가 증가함에 따라 동반되는 근육의 양과 근력의 감소, 신체활동 능력의 저하로 정의되고, 그 결과로 다양한 동반 질환과 사망을 유발하는 질환이다. 본 논문에서는 가정에서도 쉽게 근감소증의 예방과 조기 진단이 가능하도록 근육량과 근력의 저하를 감지할 수 있는 가정용 스마트 측정기기를 연동한 데이터 수집 및 서비스 플랫폼을 제안하고, 근감소증 예방과 진단에 도움을 줄 수 있는 진단 예측 알고리즘을 제안한다.

I. 서 론

근감소증(sarcopenia)은 연령 증가에 따른 근육량 감소와 신체적 기능 감소가 동반되는 노인성 근육 질환이다. 최근 WHO(World health organization, 2016)에서 새롭게 질병으로 분류되며(Cao & Morley, 2016), 근감소증 관련 다양한 연구가 이루어지고 있다(Beckwée et al., 2019)[1].

근감소증의 진행은 근력이 약화되어 보행이나 일상생활의 장애가 발생하고, 당뇨병, 심혈관 질환, 인지 장애 등의 2차 질환에 취약해지며, 낙상 및 골절 등 균형 장애를 발생시킨다. 또한, 근감소증과 그에 수반되는 근력의 저하는 신체 장애 뿐만 아니라 사망의 위험이 1.61배 증가했다는 연구 결과도 있다[2].

근감소증을 판단하는 기준은 단순히 근육량으로 근육의 기능을 정의하기에 부족하다는 의견이 대두되며[3], 최근에는 근감소증을 근육량의 감소 외에 근육 기능의 저하(근력 또는 수행기능)가 동반된 경우로 정의하고 있다[4]. 근감소증은 노인들 뿐만 아니라 일반 성인들의 신체적 수행력의 제한을 야기해 낙상, 골절, 쇠약, 대사질환, 사망 등의 위험성을 증가시키며, 유병률이 60세 이상 성인에서 남자는 7%, 여자는 10%에 이른다[5].

본 논문에서는 가정에서도 쉽게 근감소증의 예방과 조기 진단이 가능하도록 근육량과 근력의 저하를 감지할 수 있는 가정용 스마트 측정기기를 연동한 데이터 수집 및 예측 서비스를 제안한다.

II. 본론

근감소증을 진단하는 기준은 여러 단체마다 다른 기준을 제시하고 있으며, 대표적으로 European Working Group on Sarcopenia in Older People(EWGSOP, 2010년), International working group on sarcopenia(2011년), Asian Working Group for Sarcopenia(AWGS, 2014년)의 진단기준을 사용하고 있다. 이 세 단체는 공통적으로 근감소증의 진

단기준으로 ‘근육량’, ‘근력’ 및 ‘신체활동 수행능력’을 제시하고 있다.

근육량을 측정하는 방법으로 현재 가장 정확한 방법은 자기 공명 영상(magnetic resonance imaging, MRI)이나 단층촬영법(computed tomography, CT)이다. 하지만, 방사선 노출 및 비용 때문에 연구용으로만 추천된다. 임상적으로 유용하게 쓸 수 있는 근육량 측정으로는 인체측정법(anthropometry), 이중 에너지 X선 흡수 계측법(dual energy x-ray absorptiometry, DXA) 그리고 신체전기저항 분석법(bioelectric impedance analysis, BIA)이 있다.

인체측정법은 종아리, 팔뚝, 허벅지 둘레의 근육크기를 측정하는 것으로 가정에서 손쉽게 접근할 수 있는 방법이지만, 추정 오류의 가능성이 있다. DXA는 지방, 골 미네랄 그리고 체지방을 X선을 이용하여 구분한 후 측정하는 방법이다. 방사능 조사량이 아주 적으므로 안전하게 사용할 수 있는 방법이나, 기계가 크고 고정되어 있는 것이 단점이다. 따라서 대규모 연구나 장소가 한정된 곳에서는 BIA를 사용할 수 있다. BIA는 체지방의 일정 부분이 총 체액이라는 가정하에 수학적식을 적용하여 획득한 근육량이므로 오차 범위가 넓은 단점은 있으나, 지방과 체지방량을 측정할 수 있고, 비용이 저렴하며 외상 환자에서도 사용할 수 있어서 가정용 체성분 측정기기를 활용해 쉽고 간단하게 진단하기 좋은 방법이다.

근력을 평가하는 방법으로 EWGSOP(European Working Group on Sarcopenia in Older Persons)와 AWGS(Asian Working Group for Sarcopenia)에서는 악력을 공통적으로 제시하고 있으며, 근감소증 진단의 중요한 요소이다. 손과 아래팔의 등척성 수축력(isometric strength)을 힘 측정계(dynamometer)로 측정하거나 다리 힘과 회전력의 복합 등속 운동력 측정 방법 등 여러 근력을 측정하는 방법이 있다. 신체의 한 부위의 근력은 다른 부위의 근력과 밀접한 연관이 있어서 손의 힘 측정기로 측정된 악력은 하지 근력을 측정 대용할 수 있고 다리 근력과 비슷하게 예후를

예측한다. 이에 가정용 스마트 측정기기를 활용해 손쉽게 약력을 진단할 수 있다.

근감소증의 진단에는 표준화된 신체기능평가 방법이 이용되고 있는데, 신체활동 수행능력의 값은 근육량과 연관이 있고, Short physical performance battery(SPPB)와 보행 속도 측정, 400 m 보행 검사, 6분 보행 검사 등이 가장 널리 사용되는 신체활동 수행능력 평가 방법이다. 여러 측정 방법 중 최근에는 SPPB와 보행속도 측정이 권장되고 있다.

SPPB는 다기관 연구에서 고안된 측정법으로 기준에 알려진 신체기능 평가 방법들 중 객관적인 기능평가 세 가지, 즉 보행 속도, 의자에서 일어나기, 균형 등의 항목을 묶어서 만든 평가 항목으로[6] European Working Group에서는 8점 미만을 근감소증으로 제시하고 있다. 보행속도 측정은 평소 때의 속도로 걸어서 4 m 또는 6 m를 몇 초 만에 걸어나오는지 평가하는데 European Working Group에서는 4 m의 경우는 < 0.8 m/s, 6 m의 경우 < 1 m/s일 때 근감소증으로 제시되고 있다.

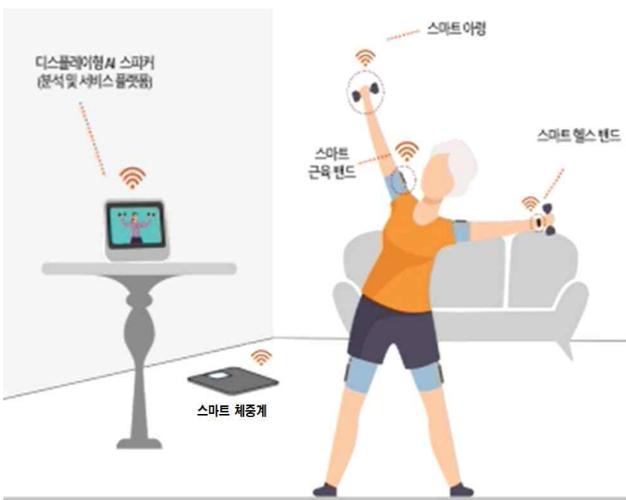


그림 1. 가정용 스마트 기기를 활용한 근감소 데이터 수집

위 그림 1과 같이 가정용 스마트 기기를 활용한 근감소 데이터의 근육량은 스마트 체중계를 사용하여 인바디 검사 즉, 체성분 검사로 측정할 수 있고, 근력은 스마트 아령이나 스마트 헬스밴드와 근육 밴드로 약력을 평가하여 측정하고, 신체활동 수행능력은 가정이나 근거리에서 걸으며 손쉽게 측정할 수 있는 보행 속도로 수집한다.

근육량과 근력을 이용한 EWSOP와 AWGS 진단 알고리즘과 절단값을 활용하여 근감소증을 진단하는 기준은 다음과 같다.

- 근력(약력)이 정상이면서 근육량이 정상 수준이면 정상
- 근력(약력)이 저하가 되었더라도 근육량이 정상 수준이면 정상
- 근력(약력)과 더불어 근육량이 낮으면 근감소증으로 진단

본 논문에서는 가정용 스마트 체중계, 스마트 아령, 스마트 헬스밴드와 근육 밴드를 활용하여 병원을 방문하지 않고 평소에 간단한 운동과 측정으로 근감소 데이터를 수집하고 분석하는 서비스 플랫폼을 구성하고, 근감소증 예방과 진단 예측에 도움을 줄 수 있는 가정용 근감소증 진단 예측 알고리즘을 설계한다.

근감소증의 임상적 진단기준(cuff-off)은 각 나라마다 차이를 보이지만, 일반적으로 근육량, 근력 및 신체수행력 측면에서 기준치를 보고하고 있다. 특히, 우리나라는 자체적으로 확립된 진단기준은 아직 설정되어 있지 않고, 외국의 진단기준을 사용하고 있다.

본 논문에서도 EWSOP와 AWGS 진단 알고리즘에서 제안하는 연령 65세 이상, 보행 속도 0.8m/s 기준을 따르며, 자체 개발한 스마트 체중계와 스마트 헬스 밴드로 측정된 값을 이용하여 아시아 기준 근육량(남 7kg, 여 5.7kg/m²)과 약력(남 26kg, 여 18kg 이하) 절단값에 맞춰 근감소증 진단을 예측한다.

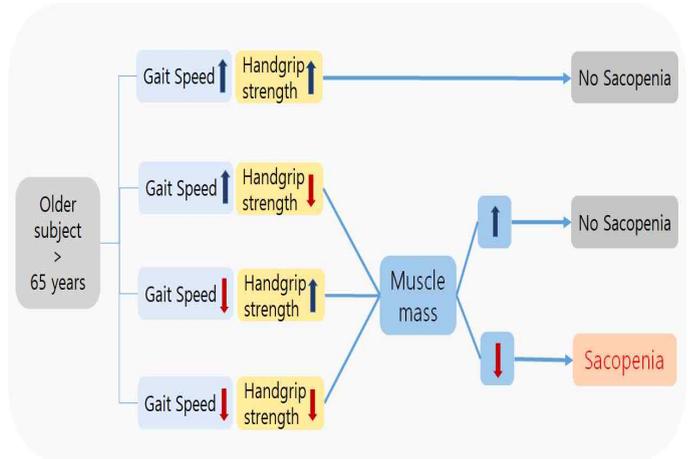


그림 2. 가정용 근감소증 진단 예측 알고리즘

III. 결론

근육량의 감소가 있고 근력 또는 신체기능의 저하 둘 중 하나 더 있으면 근감소증으로 진단한다고 제시되는 등 여러 연구에서 다양한 진단 기준이 제시되고 있지만 아직은 세계적으로 표준화된 근감소증의 진단 기준이 없다. 이렇게 근감소증에 대하여 명확하지 않은 부분이 많지만 우리나라는 물론 미국과 유럽의 여러 역학 연구를 통해 근감소증이 건강에 미치는 영향은 매우 명확하다. 따라서 근감소증의 예방과 진단을 위한 우리나라의 진단 가이드라인이 필요하며, 활발한 연구가 이뤄져야 하겠다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20008842)

참고 문헌

- [1] 공성아. 근감소 진단 기준에 따른 근력 저하 여성 노인의 심폐기능과 보행능력 및 낙상 위험도 비교 분석. 코칭능력개발지, 22(2), 81-89.
- [2] Szulc P, Munoz F, Marchand F, Chapurlat R, Delmas PD. Rapid loss of appendicular skeletal muscle mass is associated with higher all-cause mortality in older men: the prospective MINOS study. Am J Clin Nutr 2010;91:1227-36.
- [3] 문연실, 한설희, 근감소증의 진단과 신경학적 견해, 대한신경과학회지, 제35권 제4호 부록, 2017
- [4] 공성아, 성순창, 김현수, 근감소증 진단 지표의 효용성에 관한 연구, 대한신경과학회지, 운동학 학술지, 제18권 제4호, 2016.
- [5] Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. J Am Geriatr Soc 2002;50:889-896.
- [6] Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. N Engl J Med 1995;332:556-61.