

JCCI 2020

제30회 통신정보 합동학술대회

THE 30th JOINT CONFERENCE ON COMMUNICATIONS AND INFORMATION

2020년 5월 13일(수) ~ 15일(금)

PROCEEDINGS

|주 죄| 한국통신학회, 대한전자공학회, 한국정보과학회,
한국정보보호학회, 한국정보처리학회

|주 관| 한국통신학회



PROGRAM

목 차

• JCCI 2020 운영위원회 및 학술위원회	4
• JCCI 2020 프로그램	5
• 온라인발표 세션.....	8

JCCI 2020 운영위원회 및 학술위원회

운영위원회

- 위 원 장 – 정성호(한국외대)
- 부 위원장 – 김성륜(연세대)
- 학술위원장 – 김재현(아주대)
- 총 무 – 남해운(한양대)
- 재 무 – 최준원(한양대)
- 출 판 – 김중현(고려대), 최선웅(국민대)
- 등 록 – 김수민(한국산업기술대), 신오순(숭실대)
- 흥 보 – 김상효(성균관대), 김홍석(서강대), 정방철(충남대), 김기형(아주대), 강신각(한국전자통신연구원)
- 섭 외 – 김준수(한국산업기술대), 조성래(중앙대), 채찬병(연세대), 심병효(서울대), 김동균(경북대)
- 특 별 – 김선우(한양대), 박현희(성서대), 손인수(동국대), 황승훈(동국대), 김동성(금오공대)
- 지역 협조 – 김석찬(부산대), 신원재(부산대), 고승우(한국해양대), 정연만(강릉원주대), 박용완(영남대), 이우용(한국전자통신연구원), 정연호(부경대)

학술위원회

- 위 원 장 – 김재현(아주대)
- 부 위원장 – 고정길(연세대), 곽정호(대구대), 김상효(성균관대학교), 박경준(DGIST), 박대영(인하대), 백상현(고려대), 신수용(금오공대), 이경재(한밭대), 이경한(UNIST), 이종호(숭실대), 이웅(KAIST), 오혁준(광운대), 정진곤(중앙대), 주창희(고려대), 채찬병(연세대), 최계원(성균관대학교), 최지웅(DGIST), 최준원(한양대), 최완(서울대), 이호원(한경대), 김윤희(경희대), 박현희 (성서대)

조정위원회

- 위 원 장 – 장영민
- 부 위원장 – 송홍엽

JCCI 2020 프로그램

첫째 날(5월 13일, 수요일)

세션 1A: 차량 통신네트워크 – 13:00~17:00

1	Internet of Vehicles을 위한 분산 그룹 위치 업데이트 방법 Min-Cheol Paik and Haneul Ko (Korea University, Korea (South))	p.9
2	차량 네트워크에서 연합 학습을 활용한 연구 분석 Hyeon Jae Jeong and Sangheon Pack (Korea University, Korea (South))	p.11
3	차량 안전 서비스를 위한 적응적인 비콘 주기 제어에 관한 연구 동향 Minok Kim and Sangheon Pack (Korea University, Korea (South))	p.12
4	V2X 통신 환경에서 군집주행을 기반으로 한 자원할당 기법 연구 Youbin Jeon and Sangheon Pack (Korea University, Korea (South))	p.13

JCCI 2020 프로그램

둘째 날(5월 14일, 목요일)

세션 2A: IT 융합기술 (국방/보안) – 09:00~12:00

1	국방 상호운용성을 고려한 비정형 전장 상황 온톨로지 실현 방안 연구 Eunyoung Cho (Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea (South))	p.14
2	A study on cyber information management for maritime cyber security compliance Seyoung Hwang (Hanwhasystems, Korea (South)); Jaeyeon Lee (Hanwha Systems, Korea (South)); Sukdae Yu (Hanwhasystems, Korea (South))	p.15
3	머신러닝을 적용한 네트워크 환경에서의 사이버 위협 탐지 시스템에 관한 연구 Sonyong Kim (Hanwha & Hanwha Systems, Korea (South)); Jonghwa Kim and Jaeyeon Lee (Hanwha Systems, Korea (South))	p.17
4	함정 전투체계 특성을 고려한 사이버방호 기술 연구 Suwon Lee (Hanwha, Korea (South)); Jaeyeon Lee (Hanwha Systems, Korea (South))	p.19

세션 2B: 통신시스템 – 13:00~17:00

1	트래픽 비용 최소화를 위한 예측기반 동적 네트워크 용량 할당 Hanbit Bae (Ulsan National Institute of Science and Technology, Korea (South)); Changhee Joo (Korea University, Korea (South))	p.21
2	비공유 병목 링크에서 MPTCP와 TCP간의 공평성 실험 Geon-Hwan Kim (Kyungpook National University, Korea (South)); Yeong-Jun Song (Kyungpook National University(KNU), Korea (South)); Changhoon Park and You-Ze Cho (Kyungpook National University, Korea (South))	p.23
3	MPTCP 환경에서의 단일 TCP 성능 보장을 위한 subflow blocking 기법 연구 Changhoon Park (Kyungpook National University, Korea (South)); Yeong-Jun Song (Kyungpook National University(KNU), Korea (South)); Geon-Hwan Kim and You-Ze Cho (Kyungpook National University, Korea (South))	p.25
4	2G/3G/4G 통신망 간 효율적인 연동을 위한 5G 통신기술 Mahn-suk Yoon (Gumi Electronics & Information Technology Research Institute, Korea (South)); Chang-Kyo Lee (Gumi Electronics and Information Technology Research Institute, Korea (South)); Sung-hun Lee (Kwangwoon University, Korea (South)); Wan-jin Ko (Gumi Electronics and Information Technology Research Institute, Korea (South))	p.27
5	Fast prototyping of adequate run-time irregular water waves based on the Voronoi diagram Sukjun Park (Kyungpook National University, Korea (South)); Nakhoon Baek (Kyungpook National University & Dassomey.com, Korea (South))	p.29

JCCI 2020 프로그램

셋째 날(5월 15일, 금요일)

세션 3A: IT 융합기술 (위성/전력/에너지) – 09:00~12:00

1	심층강화학습 기반 UDN 전력 할당 기법 Jihoon Moon (Seoul National University, Korea (South)); Hyunsoo Kim (Seoul National University & Institute of New Media and Communications, Korea (South)); Yongjun Ahn and Byonghyo Shim (Seoul National University, Korea (South))	p.31
2	구역형 집단에너지 마이크로그리드의 분산자원 안정화 특성지표 개발 Jong-Won Kim and Sewan Heo (Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea (South)); Wan-Ki Park (ETRI, Korea (South))	p.33
3	QEBA: A QoE–Energy–Balancing Algorithm for Gateway Placement in 5G Virtualized Mobile Networks Junhyeong Jeong, Yiwen Shen and Jaehoon Jeong (Sungkyunkwan University, Korea (South))	p.35
4	전광변조기를 이용하여 주파수 상향 변환된 레이다 신호 생성 Sungjun Yoo (Agency For Defense Development, Korea (South)); Minwoo Yi (Agency for Defense Development, Korea (South)); Youngseok Bae and Jeongbin Nam (Agency For Defense Development, Korea (South)); Jinwoo Shin (Agency for Defense Development, Korea (South))	p.37

온라인발표 세션

Internet of Vehicles 을 위한 분산 그룹 위치 업데이트 방법

백민철, 고한얼

고려대학교 컴퓨터정보학과

Distributed Group Location Update scheme for Internet of Vehicles

Min-Cheol Paik, Haneul Ko

Korea University

{fall123123,heko}@korea.ac.kr

요약

최근 Internet of Vehicle 에 부착된 IoT 장치의 증가는 여러가지 문제를 야기하고 있다. 특히, 장치의 빈번한 위치 업데이트로 인한 위치 관리 서버의 오버헤드, IoT 장치의 에너지 고갈과 같은 다양한 문제들이 계속해서 발생하고 있다. 본 논문은 지리적으로 가까운 거리에 위치한 IoT 장치가 분산된 방식으로 위치 업데이트를 수행하는 방법을 제안한다. 구체적으로 제안 방법은 stochastic game 모델을 이용하여 위치 업데이트를 수행하여 IoT 장치의 에너지 소모를 일정 수준 이하로 유지함과 동시에 해당 장치의 위치 정확도를 최대화한다.

I. 서론

최근 Internet of Vehicle 에 부착된 IoT 장치의 증가로 인해 여러가지 문제가 발생하고 있다. 본 논문에서는 찾은 위치 업데이트가 발생하였을 때, 위치 관리 서버의 오버헤드가 증가하고 IoT 장치의 에너지가 고갈되는 문제를 해결하고자 한다. 이 문제를 해결하기 위한 해결책 중 하나는 가까운 위치의 IoT 장치들이 클러스터를 형성하고, 해당 클러스터 그룹의 헤더를 선출하는 IoT 장치 클러스터링이다[2]. 이 방법은 클러스터 헤더만 위치 업데이트를 진행해 불필요한 위치 업데이트를 줄이는 것에는 효과적이지만, 클러스터 형성과 그룹의 헤더를 선출하는 과정에서의 많은 오버헤드를 발생시킬 우려가 있다.

본 논문에서는 Internet of Vehicle 에 부착된 IoT 장치에서 분산된 방식으로 위치 업데이트를 수행하는 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 위치가 변화할 경우 서로 가까이 위치한 IoT 장치가 분산된 방식으로 위치 업데이트 여부를 결정한다. 위치 정보의 정확성을 위해, 어느 정도 중복된 위치 업데이트가 허용되어야 하지만, 지나친 중복 업데이트는 IoT 장치의 효율을 저하시키고, 과다하게 에너지를 소모하게 된다. 따라서 본 논문은 위치 업데이트의 중복과 위치 정보의 정확도 사이의 최적점을 찾기 위해 stochastic game 모델을 위치 업데이트 여부를 최적화한다. 이를 통해 개별 IoT 장치의 에너지 소모를 일정 수준 이하로 유지함과 동시에 해당 장치의 위치 정확도를 최대화할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II. 본론에서는 시

스템 모델과 동작과정을 설명하고, III. stochastic game 에서는 모델링을 수행하였다. 마지막 IV. 결론에서는 해당 연구의 의의를 정리하고 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 본론

그림 1 은 이 논문의 시스템 모델을 보여준다. 구체적으로 여러 개의 IoT 장치가 부착된 이동체를 고려한다. 각각의 IoT 장치는 외부 에너지원으로부터 에너지를 채취하여 배터리를 충전할 수 있다고 가정한다. 또한 각각의 장치는 이동성을 가지고 있기 때문에 장치의 위치가 변경될 시 위치 관리 서버로 자신의 위치를 업데이트한다. 그러나 각각의 장치가 개별적으로 위치 업데이트를 수행할 경우 위치 관리 서버의 오버헤드가 증가할 수 있다. 또한 위치 업데이트는 일반적으로 많은 에너지를 소모하기 때문에 에너지 하베스팅이 가능한 장치라도 빈번한 위치 업데이트를 수행하게 되면 에너지 고갈 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 그룹 이동성 관리(Group mobility management)개념을 소개한다. 구체적으로 IoT 장치의 위치가 변경될 경우 개별 장치에서 분산된 방식으로 위치 업데이트 수행 여부를 결정한다. 위치 정보의 정확성을 위해서는 어느 정도 중복된 업데이트가 허용되어야 하지만, 지나친 중복은 장치의 에너지 효율을 저하시킨다. 따라서 IoT 장치는 같은 그룹에 속한 이웃 IoT 장치의 행동을 고려하여 위치 업데이트 수행 여부를 결정해야 한다. 위치 정확도와 에너지 소비 사이의 최

적점을 구하기 위해, III장에서 stochastic game 모델링을 수행한다. IoT 장치는 위치 업데이트를 결정하면 그룹, 위치, 업데이트 시간 등을 포함한 메시지를 위치 관리 서버에 전송한다. 위치 관리 서버는 그림 1에서와 같이 해당 메시지의 정보를 바탕으로 자신의 정보를 업데이트한다.

III. Stochastic game

최적의 성능을 가진 분산형 위치 업데이트를 실행하기 위해 stochastic game 모델링을 진행한다. IoT 장치는 게임 모델의 플레이어 i 로 사용된다. 게임 모델은 N 개의 플레이어로 구성되며, 각각의 플레이어는 1) local state space; 2) local action space; 3) reward function; 4) constraint function로 정의된다. 플레이어 i 의 Local state space는 S_i 로 표기하며 (1)의 식으로 정의된다.

$$S_i = L_i \times U_i \times E_i \quad (1)$$

여기서 L_i 와 U_i 는 각각 장치 i 의 현재 위치와 서버에 등록되어 있는 위치를 나타낸다. E_i 는 장치 i 의 에너지를 나타낸다. A_i 는 플레이어 i 의 local action space를 나타낸다. $A_i = 0$ 일 경우 플레이어는 업데이트를 수행하지 않는다는 의미이다. 반면 $A_i = 1$ 인 경우는 업데이트를 수행한다는 의미이다. Reward function은 위치 정확도를 의미하고 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$r(S_i, A_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } L_i = U_i \\ \lambda_{-i}, & \text{if } L_i \neq U_i \end{cases} \quad (2)$$

위 식은 Local state space가 S_i 인 플레이어가 action A_i 를 취했을 때, $L_i = U_i$ 라면 위치 정확도는 1, $L_i \neq U_i$ 라면 다른 플레이어가 λ_{-i} 의 확률로 업데이트 수행을 의미한다. Constraint function은 아래 식으로 표현할 수 있다.

$$c(S_i, A_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } A_i = 1 \\ 0, & \text{if } A_i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

위 식은 에너지 소비를 나타내며 $A_i = 1$ 인 경우 단위 에너지를 1 만큼 소비하고, $A_i = 0$ 인 경우 에너지 소비가 없음을 의미한다. 위의 두 식을 통해 $\phi(S_i, A_i)$ 가 S_i 에서 A_i 로 행동할 확률을 나타낼 때, 에너지 소비와 위치 정확도 사이의 최적점을 찾는 식은 아래와 같이 정리된다.

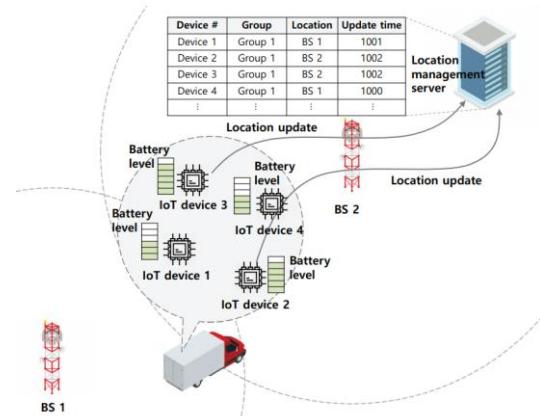


그림 1. System model.

$$\max \sum_S \sum_A \phi(S_i, A_i) r(S_i, A_i) \quad (4)$$

$$\text{s.t. } \sum_S \sum_A \phi(S_i, A_i) r(S_i, A_i) \leq \theta_E \quad (5)$$

위의 (4)번 식을 통해 위치 정확도를 최대화함과 동시에 (5)번 식을 통해 에너지 소비를 일정 수준(즉, θ_E) 미만으로 유지하는 것을 의미한다.

IV. 결론

IoT 장치 수의 증가로 위치 관리 서버의 오버헤드 발생, IoT 장치의 에너지 고갈 등, 여러 문제가 계속해서 발생하고 있다. 위 두 가지 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 stochastic game 모델을 수식화하고, 해당 식을 통해 위치 정확도와 에너지 소비 사이의 최적점을 찾는 방법을 소개했다. 향후 연구로는 제안한 수식을 최적화하여 풀어내는 알고리즘을 제안할 것이다. 이후 제안하는 알고리즘을 바탕으로 수식을 푸는 과정을 통해 본 논문에서 제시한 방법의 성능을 입증할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2019년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: 2019R1C1C1004352)

참고문헌

- [1] S. Sharma and X. Wang, "Towards Massive Machine Type Communications in Ultra-Dense Cellular IoT Networks: Current Issues and Machine Learning-Assisted Solutions," IEEE Communications Surveys & Tutorials (CST), to appear.
- [2] X. Duan, X. Wang, Y. Liu, and K. Zheng, "SDN Enabled Dual Cluster Head Selection and Adaptive Clustering in 5G-VANET," in Proc. IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall) 2017, Mar. 2017.
- [3] H. Ko and S. Pack, "Neighbor-Aware Energy-Efficient Monitoring System for Energy Harvesting Internet of Things," IEEE Internet of Things Journal (IoT-J), vol. 6, no. 3, pp. 5745-5752, Jun. 2019.

차량 네트워크에서 연합 학습을 활용한 연구 분석

정현재^o, 백상현

고려대학교 전기전자공학과

{qeqe, shpack}@korea.ac.kr

1. 서론

전세계적으로 AI 어플리케이션의 수와 데이터가 급증함에 따라 이를 활용한 분산 학습 기술이 주목받고 있다. 특히 차량에서는 다양한 센서(e.g., 카메라, 온/습도 센서, GPS)에서 방대한 양의 데이터가 발생하며 이를 활용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중 대표적으로 분산 학습의 일종인 연합 학습 구조를 차량 네트워크에 적용한 연구가 있다. 연합 학습 (Federated Learning)이란 차량과 같은 모바일 디바이스가 생성한 데이터를 중앙 서버에게 보내지 않고 디바이스가 자체적으로 학습하고 가중치만 중앙 서버에게 보내는 방식이다 [1]. 중앙 서버는 초기 모델을 디바이스에게 전달하고, 각 디바이스가 학습 후에 생성한 가중치를 모두 합쳐 글로벌 모델을 만들어 이를 다시 디바이스에게 보내는 과정을 반복한다. 전체 학습 과정에서 차량 데이터가 이동하지 않고 가중치만 전달되므로 중앙 서버로 데이터를 보내는 방식에 비해 네트워크 오버헤드가 적고 정보의 익명성이 보장된다는 장점이 있어 최근 주목을 받고 있다. 본 논문에서는 차량 네트워크에서 연합 학습을 활용한 연구에 대하여 알아본다.

2. 연합 학습을 활용한 차량 네트워크 연구

Intelligent Connected Vehicles (ICV)가 증가함에 따라 Vehicle Edge Computing (VEC)을 통해 차량의 AI 어플리케이션을 활용한 기술이 큰 관심을 받고 있다. 이와 관련하여 VEC에 연합 학습을 적용하고 차량 네트워크의 엣지인 차량에서 카메라 이미지를 분류하는 연구가 진행되었다 [2]. [2]는 그림 1과 같이 차량이 저장된 카메라 데이터를 학습하고 이에 대한 가중치를 중앙 서버에 전달하는 기본적인 연합 학습 구조를 사용하였다. 가중치 합산 계산을 하는 중앙 서버는 정확한 글로벌 모델 생성을 위해 차량들의 학습 참여를 유도하는 알고리즘을 사용하게 된다. 전체 학습 과정을 진행하기에 앞서 중앙 서버는 연합 학습에 참여할 차량을 선택하는 과정을 거쳐야 한다. 하지만 차량이 데이터를 외부로 유출하지 않아 중앙 서버가 차량의 계산 능력과 데이터 양 등의 정보를 알 수 없어 학습 참여에 적합한 차량인지 판단하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 중앙 서버는 학습에 참여하는 차량에게 레벨링 된 인센티브를 주는 방식으로 차량의 학습 참여를 유도한다. 인센티브를 받은 차량은 자신의 컴퓨팅 능력, 이미지 정보에 맞는 인센티브를 선택하고 이를 중앙 서버에게 알린다. 따라서 중앙 서버가 차량 정보를 받을 수 있으므로 레벨이 맞는 차량을

선택하고 학습에 참여하도록 하는 방법을 사용한다.

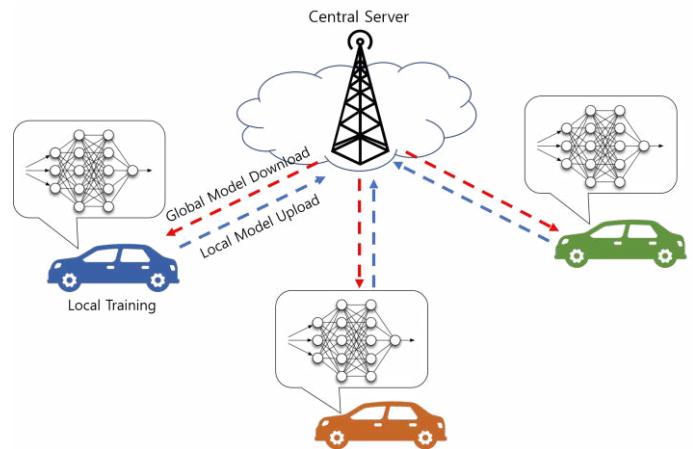


그림 1. VEC에서의 연합 학습 구조

3. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 연합 학습과 이를 활용한 차량 네트워크 연구에 대하여 분석하였다. 차량 데이터를 연합 학습함으로써 생성한 학습 모델을 VEC 등의 차량 네트워크 구조에 활용될 수 있고 더 나아가 5G, URLLC 등의 환경에도 적극적으로 적용될 수 있다. 하지만 앞서 분석한 연구는 차량의 제한된 배터리와 높은 이동성 및 무선 통신으로 인한 비교적 불안정한 네트워크 등의 요소는 고려하지 않았기 때문에 이를 보완하는 연구가 필요하다. 따라서 향후에는 차량의 특성에 적합한 연합 학습 적용방안에 대한 연구를 수행할 예정이다.

4. 참고 문헌

- [1] N. H. Tran, W. Bao, A. Zomaya, M. N. H. Nguyen and C. S. Hong, "Federated Learning over Wireless Networks: Optimization Model Design and Analysis," in Proc. IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM) 2019, Paris, France, April 2019.
- [2] D. Ye, R. Yu, M. Pan and Z. Han, "Federated Learning in Vehicular Edge Computing: A Selective Model Aggregation Approach," IEEE Access, vol. 8, pp. 23920-23935, January 2020.

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(중견과제)의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. 2020R1A2C3006786)

차량 안전 서비스를 위한 적응적인 비콘 주기 제어에 관한 연구 동향

김민옥[°], 백상현
고려대학교 전기전자공학부
^{{minokim, shpack}@korea.ac.kr}

1. 서론

Cooperative-Intelligent Transport Systems(C-ITS)는 차량이 주행 중 다른 차량 또는 교통 인프라와 정보를 교환하여 운전자에게 주변 교통상황 및 사고 위험 정보를 실시간으로 제공하는 시스템이다. 이를 이용하여 여러가지 차량 안전 서비스가 제시되었는데, 그 중 차량간 통신을 통해 제공되는 추돌경고 등의 안전 서비스는 차량이 자신의 위치, 속도 등의 정보를 일정 주기로 브로드캐스팅하여 주변 차량들에게 알람으로써 가능하게 된다. 이때 일정 주기로 전송하는 메시지를 비콘이라고 하며, 비콘의 주기가 짧을수록 정보의 실시간성이 높아져 주변 차량에서 더욱 빠르고 정확하게 위험을 인지할 수 있다. 그러나, 차량이 밀집된 구간에서 비콘 주기를 고정적으로 짧게 유지한다면 통신 채널의 혼잡을 야기할 수 있고 이는 안전 서비스의 성능을 저하시킬 수 있다. 본 논문에서는 차량 안전 서비스를 위한 적응적인 비콘 주기 제어에 관한 연구 동향에 대해 알아보겠다.

2. 비콘의 적응적 주기 컨트롤

차량이 밀집된 구간에서의 차량 안전 서비스의 성능 저하를 방지하기 위해 통신 채널의 혼잡은 감소시키되 차량의 주변 환경 인식 성능은 유지할 수 있도록 비콘 주기를 적응적으로 결정하기 위해서는 먼저 차량간 통신 환경인 Vehicular Ad-hoc Network (VANET)의 특성이 고려되어야 한다. VANET은 크게 세 가지의 특성을 갖고 있으며 그 특성은 다음과 같다. 첫째, 다른 모바일 네트워크에 비해 운전자의 안전과 밀접하게 연관되므로 높은 패킷 전달률 및 낮은 전송 지연이 요구된다. 둘째, 차량의 높은 이동성으로 네트워크 토플로지 및 차량의 주행 상태가 빠르게 변화한다. 셋째, 네트워크 및 차량들의 정보를 중앙 집중적으로 관리하는 데에 어려움이 있다. 이러한 VANET의 특성은 효율적인 비콘 주기 제어를 위해 필수적으로 고려되어야 한다. 다음의 연구들은 VANET의 특성과 차량의 동역학적 특성을 종합적으로 고려하여 비콘의 주기를 적응적으로 제어하는 분산적인 알고리즘을 제안하였다.

관련 연구 [1]에서는 주변 차량의 이동성 예측을 통해 비콘 주기를 제어한다. 각 차량은 주변 상황을 인지하기 위하여 짧은 주기의 비콘을 이용하는 대신에 주변 차량의 이동 상태를 예측하고 예측 오차 또는 비콘 비전송 시간이 기준 값을 초과할 때에만 비콘을 전송하는 방법을 통해 혼잡을 제어하였다.

[2]에서는 위치 정확도를 기반으로 비콘 주기를 제어한다. 다이내믹스가 작은 차량일수록 비콘이 전송되는 주기 또는 지연시간 동안 변화하는 차량의 위치 변화량이 감소하여 위치 정확도가 증가한다. 이에 따라 위치 정확도가 높을수록 비콘 주기를 길게 설정함으로써 혼잡을 제어하였다.

한편, [3]에서는 차량의 후단 충돌 모델에서 위험 계수를 정의하고 이에 따라 비콘 주기를 결정한다. 위험 계수는 이웃한 차량들의 속도와 브레이크 능력, 차간 거리에 따라 결정되며 위험 계수가 큰 차량일수록 우선적으로 짧은 비콘 주기를 할당하는 방법을 통해 혼잡을 제어하였다.

3. 결론

본 논문에서는 차량간 통신을 통한 차량 안전 서비스를 위해 비콘의 주기를 적응적으로 제어하는 연구들의 동향에 대해 알아보았다. VANET의 특성과 함께 주변 차량의 이동성, 차량의 위치 정확도, 충돌 위험 계수와 같이 차량의 동역학적 특성을 고려한 연구들이 진행되었다. 향후 연구에는 이러한 차량의 동역학적 특성에 차량의 센서를 추가적으로 고려하여 차량 안전 서비스를 위한 보다 효율적인 적응적 비콘 주기 제어 방안을 연구할 예정이다.

4. 참고 문헌

- [1] Fei Li, and Chuanhe Huang, “A Mobility Prediction Based Beacon Rate Adaptation Scheme in VANETs,” in *Proc. IEEE Symposium on Computers and Communications*, Natal, Brazil, June 2018.
- [2] Sandy Bolufé, Cesar A. Azurdia-Meza, Sandra Céspedes, Samuel Montejano-Sánchez, Richard Demo Souza, and Evelio M. G. Fernandez, “POSACC: Position-Accuracy Based Adaptive Beaconing Algorithm for Cooperative Vehicular Safety Systems,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 15484-15501, January 2020.
- [3] Feng Lyu, Nan Cheng, Hongzi Zhu, Haibo Zhou, Wenchao Xu, Minglu Li, and Xuemin Shen, “Towards Rear-End Collision Avoidance: Adaptive Beaconing for Connected Vehicles,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, to appear.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 (전략과제)의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1E1A1A01073742).

V2X 통신 환경에서 군집주행을 기반으로 한 자원할당 기법 연구

Youbin Jeon^o, Sangheon Pack

School of Electrical Engineering, Korea University

{youbinee^o, shpack}@korea.ac.kr

1. 서론

최근 급격한 차량의 증가는 도로 교통 혼잡을 발생시켜 교통 안전, 연료 소비 및 환경 오염에 대한 문제를 발생시키고 있다. 이에 따라 차량을 군집형태로 그룹화한 군집주행이 효율적인 도로 교통 관리 전략으로 떠오르고 있다 [1]. 또한 군집주행은 ultra-reliable low latency communication(URLLC)를 요구하는 5G에서도 매우 중요하다 [2]. 군집주행은 이동성이 있는 차량 여러 대를 그룹화하여 통신을 주고받기 때문에 비교적 짧은 시간 내에 협동적으로 통신이 이루어진다. 본 논문에서는 군집주행을 기반으로 차량들이 협동적으로 통신하는 V2V 통신에서의 자원할당과 군집주행 차량들이 Road Side Unit(RSU), Base Station(BS)와 같은 인프라 시설과 통신하는 V2I 통신의 자원 할당 기법에 대한 연구를 소개하고 분석한다.

2. 군집주행을 기반으로 한 자원할당 연구

군집주행에서 차량들의 통신 및 인포테인먼트 서비스를 제공하기 위해서는 다음과 같은 필수적인 문제를 고려해야 한다. 두 가지 고려해야 할 점은 (1) V2V 통신: 군집간 및 군집 내에서 메시지를 효율적으로 전송하는 방법 (2) V2I 통신: 군집차량과 RSU 또는 BS 간의 통신 성능을 향상시키는 방법이다. 또한 군집차량들의 V2V 통신은 군집차량끼리 통신하는 inter-platoon 통신과 한 군집 내 차량끼리 통신하는 intra-platoon 통신으로 구분한다.

논문 [3]는 효율적인 차량 제어 정보 공유를 위해 차량들이 군집을 형성하고, 군집주행을 통해 차량들의 오버헤드를 줄이고 군집 차량들의 안정성 향상과 할당된 자원의 활용도를 향상을 목표로 한다. 또한 시분할 기반의 자원 할당 방식을 통해 군집 내에서 효율적으로 자원을 할당하고 최적화한다. 시분할 기반의 intra-platoon 자원 할당 방식을 제안하여 빠른 전송을 보장할 뿐만 아니라 inter-platoon 에도 최소 속도가 보장된 자원 할당 방식을 제안한다.

논문 [4]는 군집차량에서 주기적으로 교환하는 cooperative awareness messages (CAM) 전송 메시지 및 제어 정보에 대해 LTE V2V 네트워크의 무선 자원 할당을 최적화한다. 또한 추정 오류를 최소화하면서 신뢰성을 보장하고, 오류 기반 스케줄링 기준을 제시해 이를 그래프 매칭을 사용하여 무선 자원 할당 방식을 도출한다. 그리고 휴리스틱 경사 하강 기법에 의해 추적 오차를 최소화하여 군집주행의 V2V 통신의 안정성을 도출한다.

논문 [5]에서는 협동적으로 이동하는 군집주행에서 차량들이 다차선에서 협동적으로 통신하는 시나리오이다. 즉, BS 와 각 군집 차량들의 자원할당을 고려한 2 단계 자원 배분 전략을 제안한다. BS에서 자원할당을 위해 branch and bound 알고리즘을 사용하고, 군집의 크기, 신호세기, 군집 내 자원 할당의 최적화를 위해 분산된 동적 프로그래밍 기반의 서브 채널 할당 및 신호세기 제어 알고리즘을 설계한다.

3. 결론

본 논문에서는 V2X 통신 환경에서 군집주행을 기반으로 한 자원할당 기법에 대한 연구를 알아보았다. 구체적으로 군집간 및 군집 내의 V2V 통신과 군집 차량들과 RSU 등의 인프라 시설과의 V2I 통신으로 구분하여 자원할당 연구를 분석하였다. 향후에는 군집차량들을 통해 저지연 통신으로 다양한 인포테인먼트 정보 및 컨텐츠들을 전송 및 저장하는 연구를 진행할 예정이다.

4. 참고 문헌

- [1] P. Wang, B. Di, H. Zhang, K. Bian, and L. Song, “Platoon Cooperation in Cellular V2X Networks for 5G and Beyond,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 18, no. 8, pp. 3919–3932, Aug. 2019.
- [2] Study on Enhancement of 3GPP Support for 5G V2X services, document 3GPP TR 22.886, Dec. 2018.
- [3] R. Wang., J. Wu and J. Yan, “Resource Allocation for D2D-Enabled Communications in Vehicle Platooning,” *IEEE Access* 6, 50526–50537, Sept. 2018
- [4] J. Mei, K. Zheng, L. Zhao, L. Lei, and X. Wang, “Joint Radio Resource Allocation and Control for Vehicle Platooning in LTE-V2V Network,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 67, no. 12, pp. 12218–12230, Dec. 2018.
- [5] P. Wang, B. Di, H. Shang, K. Bian, and L. Song, “Joint Platoon Formation and Resource Allocation for Connected Vehicles by Cellular V2X Communication,” in *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Shanghai, China, May. 2019.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(전략과제)의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1E1A1A01073742)

국방 상호운용성을 고려한 비정형 전장 상황 온톨로지 실현 방안 연구

조은영(Eunyoung Cho), 이창은, 이소연, 박상준

한국전자통신연구원 지능화융합연구소 국방·안전 ICT 연구단 국방 ICT 융합연구실

{eycho, celee, sylee, sangjoon}@etri.re.kr

1. 서론

다양하고 방대한 국방 정보는 표준 아키텍처 및 메타 정보 등의 정의에 의해서 지속적인 상호운용성을 제공할 수 있도록 유지되고 있다. 미래 국방은 인공지능을 포함하여 적합한 ICT 융합 기술에 의해 효율성을 제공할 수 있는데 군 의사 결정을 지원하기 위한 전장 상황의 비정형 데이터를 기반으로 한 지식베이스 온톨로지 기술도 매우 유용한 분야이다. 본 논문에서는 국방 온톨로지 분야의 동향을 살펴보고 비정형 전장 상황 온톨로지를 실현하기 위한 요건과 시스템 구조, 향후 연구 방향을 논의한다.

2. 국방 온톨로지 관련 연구 동향

현재 우리 군의 국방 온톨로지가 표준으로 제정되지는 않았지만 이 기술의 적용에 대한 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 국방 상호운용성 증진, 온톨로지 기반의 전술지휘 정보 체계, 국방 아키텍처 메타모델 표준화 연구와 최근의 국방 인공지능 실증 기획 연구까지 이루어지고 있어 이제는 표준의 정리와 정착이 요구되는 단계라고 할 수 있다[1-4]. 이러한 노력과 함께 하위 온톨로지가 적용되는 구체적인 연구들이 진행되고 있어 표준 제정 이전에 혹은 동시에 진행되는 연구 결과의 활용성을 높일 수 있는 방안을 고려하는 것이 필요하다. 가령 작전 계획 수립에 있어 기본적인 5W1H 육하원칙과 그 정보의 변경 반영이 기민한 지식베이스를 목표로 하여 임무, 적 정보, 부대와 병사와 건강도 정보, 도로지형, 시간 축 분석 등이 자국 작전 또는 연합군 작전에서도 막힘없이 사용될 수 있어야 한다. 또한 작전에 따라 기준에는 실외 공간의 위치 정보만 주로 고려되었다면 현재의 발달된 위치기반서비스 기술로 실내 전장에서 적용되는 정밀한 상황인자가 가능하다.

3. 상호운용성 표준기반 전장상황 온톨로지

군 의사결정에 가장 유용한 정보 제공 사항은 전장 현장 상태를 시공간 요소와 함께 적시에 제공하여 직간접적으로 참모의 의사 결정에 기여하는 것이 최선의 목표라고 할 수 있다. 이에 비정형 전장 상황의 지식베이스 구축에 기반한 지속적 상호운용성을 위한 구조를 제안한다.

이 구조의 특징은 시스템 구축에 있어 입출력 자동화와 연동 시스템으로의 역 개선 관계를 정의하여 지속성과 상호운용성 보장을 고려하였다. 또한 국방 상호운용표준과 특히 메타데이터 정의 반영으로 국군 및 연합 작전에 있어 상황 추론에 생산적이고 효율적으로 적용할 수 있도록 고려하였다. 아직 최상

위 시스템 수준의 표준이 확정되지 않은 상태에서 특정 문제를 해결하는 다양한 연구가 시도되고 있고 국방 온톨로지 표준이 진행되는 상황에서 정의되는 특정 지식베이스의 추후 연동과 상호운용성 문제는 가령 온톨로지 별 상위 Thing 정의 간 관계성으로 접근할 수 있도록 고려하였다. 군의 사건 중심관계성 정의로 군 요구사항이 반영되고 이는 전장 상황 COA(Course of Action) 절차에 연동하도록 도모할 수 있다. 온톨로지 기술의 정보 시각화는 지식베이스의 관계성 표현만이 아니라 특히 의미 있게 사용된 예측의 설명 가능한 추론을 함께 조회 표시하여 의사 결정에 실질적인 도움이 되도록 반영하도록 한다.



그림 1. 표준 기반의 전장상황 온톨로지 시스템 구조

* 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 미래국방혁신기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임[과제명: 멀티에이전트 기반 전투원과 지휘관의 인지증강을 위한 전장 상황인지 기술, 과제번호: 2019M3F6A1105967].

4. 참고 문헌

- [1] 국방상호운용성포털시스템 자료실, 국방정보화 표준 최신 목록, <http://dita.mnd.go.kr/IDIPS/Main.do> 2019.11
- [2] 아주대학교 장위국방연구소, 국방 아키텍처 메타모델 표준화, 2017.
- [3] 정찬기, “미래전 수행을 위한 국방아키텍처 구축 및 발전 방안,” 『미래전을 대비한 국방정보 체계 발전 방안』 안보연구시리즈. 제 4 권 2 호, p.112, 2016.
- [4] 유동희 외, 국방온톨로지 기반의 지능형 육군 전술 지휘 정보 체계, Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol. 18, No. 3, 2013.

해상 사이버보안 인증을 위한 사이버 정보 관리에 관한 연구

황세영° · 이재연 · 유석대

한화시스템 C4I·사이버팀

A Study on Cyber Information Management for Maritime Cyber Security Compliance

Seyoung Hwang · Jaeyeon Lee · Sukdae Yu

C4I·Cyber Team

Hanwha Systems

seyoung2511.hwang, jaeyeon46.lee, sukdea.yu@hanwha.com

요약

디지털화, ICT(Information & Communication Technology) 융합, 자동화 및 네트워크 기반시스템 의존도 증가에 따라 해사산업의 사이버 위험 관리가 이슈가 되고 있으며, 사이버 공격의 위험성도 커지고 있다. 국제 해운사회에서는 선박의 사이버보안 문제를 주요 의제로 삼아 논의를 본격화 하여 가이드라인을 발표하였다. 국내에서도 TTA 및 한국선급 등에서 선박에 대한 사이버보안 관리에 관한 지침을 제시하였고, 각국 선급에서도 가이드라인을 발표하고 사이버보안 인증 제도를 시행하고 있다. 본 논문에서는 해상 사이버보안 시스템 인증을 위해 레벨별 요구하는 항목을 알아보고, 사이버 정보 관리 방안을 제시하고자 한다.

1. 서론

4 차 산업혁명의 기술 변화로 선박에 다양하고 진보적인 컴퓨터 시스템과 IT 장치들이 도입되고 의존성이 높아지고 있다. 이에 따라 사이버 공격의 위험성도 커지고 있으며, IMO, BIMCO, ICS 등 국제 해운사회에서는 선박의 사이버보안 문제를 주요 의제로 삼아 논의를 본격화 하여 가이드라인을 발표하였다. 마침내 IMO는 2016년 제 98 차 MCS 회의를 통해 ‘각 회원국들은 2021년 1월 1일 이후 사이버 리스크 관리를 이행’하도록 결의서를 채택하였다.

국내에서도 TTA의 선박 사이버 보안 관리 지침을 통해 해사 분야의 사이버 보안 관련 접근 방법과 선상에서의 사이버 시스템 보안 유지 절차 및 조치에 대한 지침을 제공하여 안전하고 신뢰성 있는 보안 기능을 제공하도록 권고하였다. KR(Korean Register, 한국선급)은 선박에 적용하기 위한 해상 사이버보안 시스템 지침을 개발하여 인증 서비스를 제공하고 있으며, 본 지침은 IMO 가이드 라인과 ISO 27001, TMSA3 등 국제표준을 반영하여 개발되었기 때문에 시스템 인증을 획득 할 경우 국제기준을 충족했다고 인정 받을 수 있다.

본 논문에서는 IMO의 MCS.428(98) 결의안에 따라 2021년부터 사이버보안 리스크 관리 요구가 커질 것으로 예상되는 만큼 선제적 대응을 위해 KR 해상 사이버보안 시스템 지침 항목에 대해 분석하고, 사이버 정보 관리 방안을 개발하여 해상 사이버 보호시스템 개발을 위한 연구를 하고자 한다.

2. 해상 사이버보안 시스템 인증 항목 및 사이버 정보 관리 방안

사이버보안 시스템 준수를 위해 DNV-GL(노르웨이), BV(프랑스), LR(영국), ABS(미국), KR 등 각국 선급에서는 IT(Information Technology)와 OT (Operation technology)에 대한 요구 및 조직 절차를 규정하여 선급부호를 부여하고 있다. 본 논문에서는 사이버보안 체계 구축을 희망하는 회사 또는 선박관리자를 위해 KR 해상 사이버보안 시스템 지침에 대해 분석하고, 요건을 만족하기 위한 사이버 정보 관리 방안에 대해 제시한다.

2.1 한국선급 해상 사이버보안 시스템 인증

KR은 해운기업과 선박에 특화한 사이버 보안 인증 기준을 설계하였으며, 협조선을 대상으로 한 ‘사이버 보안 시스템 인증 지침 CS1, CS2, CS3’과 신조선을 대상으로 한 ‘CS-Ready 인증지침’, 선박용 물건을 대상으로 한 ‘형식승인 인증 지침’을 개발하여 운영 중이다.

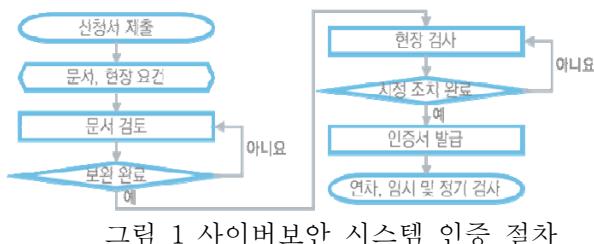
해상 사이버보안 시스템 인증 CS1, CS2, CS3는 각 레벨별 통제항목이 상이하며, 각각 선급부호를 부여하고 있다. CS1은 기본적인 사이버보안 관리 시스템을 갖춘 선박이며, CS2는 강화된 사이버보안 관리 시스템을 갖춘 선박, CS3는 고도의 사이버보안 관리 시스템을 갖춘 선박을 말한다.

사이버보안 시스템 인증을 받기 위한 절차로 한국선급에 검사 신청을 하여야 하며, 이후 문서검토가 진행된다. 문서 검토가 완료 된 이후 현장검사를 실시하여 본 지침의 요건을 만족하는지 확인한다.

CS1의 문서검토는 ‘사이버보안 조직도 및 보안인력 직무기술서’ 등 24개의 문서를 검토하는 것으로 선주는 해당 자료를 제출하여야 한다. CS2는 CS1 항목에 추가하여 ‘사이버보안 지침 및 매뉴얼’ 등 6

개 항목이 추가된 30 개 문서를 검토하며, CS3 는 CS2 항목에 ‘사이버보안 심사 정책 및 계획’등 3 개 항목이 추가된 33 개 문서를 검토한다.

현장검사는 수집된 선박의 사이버보안 관련 정보를 바탕으로 선박 내 IT 또는 OT 시스템과 자산들에 대하여 해당 요건을 만족하는지 검사하는 것이다. CS 1은 ‘사이버보안 이슈 공지내역’ 등 20 개 항목에 대해 현장검사를 실시한다. CS2는 CS1 항목에 추가하여 ‘변경관리 기록’ 등 6 개 항목이 추가된 26 개 항목에 대해 현장검사를 실시한다. CS3는 CS2 항목에 추가하여 ‘전문 사이버보안 교육 결과’ 등 4 개 항목이 추가된 30 개 항목에 대하여 현장검사를 실시한다.



2.2 사이버 정보 관리 방안

해상 사이버보안 시스템 인증 CS1 은 선박의 요건으로 보안 정책, 보안 교육, 리스크 관리, 자산 관리, 접근통제 등 18 개 검사영역 81 개의 세부 통제항목을 두고있다. 이를 충족하기 위한 사이버 정보 관리방안은 다음 6 가지로 제안한다.

첫째, 문서관리를 통해 선원들에게 사이버보안 위협, 사례 등 외부 환경요인의 변화에 대해 공유하며, 정책 기준을 수립해야 한다. 또한 승선자, 하선자, 실무자 및 외부자에 대해서 교육을 계획하고 이행한 후 결과 보고 및 평가에 이르는 과정이 이뤄졌는지 확인해야한다. 이를 위해 체계적이고 추적 가능한 문서관리 시스템을 활용하도록 한다.

두번째, 리스크 관리를 위해 선박 내 모든 자산을 분류하고, 자산에 대한 리스크 평가를 수립한다. 자산에 대해 기밀성(Confidentiality), 무결성(Integrity), 가용성(Availability)의 중요도를 수치화하여 자산의 중요도(Criticality)를 결정하고, 수준별 우선순위를 설정하여 개선 조치를 취해야 한다. 또한 자산별 책임자를 지정하여 책임에 따른 관리의 권한을 명확히 정의한다. 사이버 자산에 대한 위협 식별 및 취약성 진단을 위해 자산 수집 agent 또는 취약성 진단 SW 를 활용하여 자산의 실시간 리스크 관리 및 조치를 수행한다.

세번째, 시스템 접근통제를 위해 권한의 기준을 설정하고 권한에 따라 접근 할 수 있는 통제 권한을 부여 해야한다. 사용자 계정에 따라 보안 기능을 설정하여 책임을 명확히 하고 기밀성을 유지하여야 한다. 또한, 접근 기록을 보유하여 주기적으로 검토할 수 있어야 한다.

네번째, 물리적보안을 위해 제한구역 및 통제구역으로 구분하고, CCTV 또는 경비, 출입증 등 출입통

제 적용 방안에 대해 강구한다. 해당 구역 내 출입 관리대장을 비치하여 출입 인가자 리스트를 관리하여야 한다.

다섯번째, 데이터 보안을 위해 중요 데이터는 별도의 백업 공간에 안전하게 보관하여야 한다. 데이터 파기 시 폐기 이력을 관리하고 삭제 정책에 따라 데이터를 삭제할 수 있는 알고리즘을 활용하여 완전히 삭제 할 수 있어야 한다.

여섯번째, 네트워크 관리를 위해 IT 와 OT 는 상호 분리 운영 되어야 하며, 네트워크 경로를 파악할 수 있도록 직관적이며 도식화된 네트워크 흐름도을 보유한다. 리스크 발생시 네트워크 흐름도에 시각화하여 위협이 발생할 수 있는 상황을 사전에 예측하고, 빠른 상황 판단과 이에 따른 용이한 대응 조치를 할 수 있도록 지원해야 한다. 네트워크 장비의 보안 관련 기능을 활성화 하고, 네트워크 패킷 중 ARP 프로토콜을 분석하여 특정 IP 의 MAC Address 가 변경되었을 경우 비인가장비로 탐지하여 알람 발생하는 등의 비인가 접근을 차단해야 한다. 또한 화이트 리스트 기반의 비인가 트래픽 탐지 정보를 제공하여 지속적 관리를 해야한다.

해상 사이버보안 시스템 인증 CS2 와 CS3 를 만족하기 위해 고려되어야 할 항목은 시스템의 이상 징후에 대해 탐지하는 기능, 침해 사고에 대응하기 위한 모의훈련 또는 침투테스트를 수행하여 대응 역량 강화, 선박과 유관된 법률, 표준, 가이드 등의 변화를 지속적으로 모니터링 하여 정책을 반영하는 것으로, 더 강화된 사이버보안 관리 시스템을 갖추어야 한다.

3. 결론

본 논문에서는 2021 년부터 수행되는 사이버보안 리스크 관리의 IMO 결의안에 대응하기 위해 선박의 해상 사이버보안 인증 항목을 분석 및 연구하였다. 이를 충족하기 위한 요건으로 문서관리 시스템을 통한 문서관리, 자산 평가 및 취약점 진단을 통한 리스크 관리, 접근통제, 물리적 통제, 데이터 보안, 네트워크 관리의 6 가지 사이버 정보 관리 방안을 연구하였다.

향후 연구과제로서는 해상 사이버보안 인증 CS2, CS3 를 위한 인증 항목을 상세히 분석하고, 이를 만족하기위한 절차 및 방안에 대해 연구하고자 한다.

4. 참고 문헌

- [1] 강남선, “선박 사이버 보안에 대한 기술적 분석,” 한국마린엔지니어링학회지, 제 42 권, 제 6 호, pp. 463-471, 2018 년 7 월.
- [2] 한국선급, “해상 사이버보안 시스템 지침”, 2019. 3. 1.
- [3] The Guidelines on Cyber Security onboard Ships, BIMCO, pp. 1-32, February, 2016.
- [4] 한국정보통신기술협회, “선박 사이버보안 관리지침(기술보고서)”, 2017. 11. 1.

머신러닝을 적용한 네트워크 환경에서의 사이버 위협 탐지 시스템에 관한 연구

김선영 · 김종화 · 이재연

한화시스템(주) C4I·사이버팀

A Study on Cyber Threat Detection System Using Machine Learning in Network Environment

Sonyong Kim · Jonghwa Kim · Jaeyeon Lee

Hanwha Systems C4I·Cyber Team

sonyong.kim@hanwha.com · jonghwa3.kim@hanwha.com · jaeyeon46.lee@hanwha.com

요약

네트워크 중심전(NCW) 환경에서 군의 무기체계는 IP 패킷 중심의 네트워크로 구성되어 있어, 사이버 보안에 취약할 수 있는 여러 접점을 가진다. 그러나 무기체계 운용성을 고려하여 사이버 보안장비나 관련 소프트웨어 설치가 어려운 현황이다. 본 논문은 운용중인 체계 장비에 별도로 소프트웨어를 설치하지 않고 네트워크 패킷 수집을 통해 이상탐지를 분석하여 사이버 위협을 탐지하는 시스템을 연구한다.

1. 서론

네트워크 중심전(NCW) 환경에서 군의 무기체계는 IP 패킷 중심의 네트워크로 구성되어 있어, 사이버 보안에 취약할 수 있는 여러 접점을 가진다. 그러나 무기체계 운용성을 고려하여 사이버 보안장비나 관련 소프트웨어 설치가 어려운 현황이다. 본 논문은 운용중인 체계 장비에 별도로 소프트웨어를 설치하지 않고 네트워크 패킷 수집을 통해 이상탐지를 분석하여 사이버 위협을 탐지하는 시스템을 연구한다. 이상탐지 알고리즘 분석 시 KDD Cup 1999라는 공개된 데이터셋과 비교분석을 통해 무기체계에 최적화된 이상탐지 알고리즘을 개발하고자 한다.

2. 머신러닝 관련 연구 및 알고리즘

2.1 KDD Cup 1999 데이터셋

KDD(Knowledge Discovery in Databases)에서 1999년에 개최한 Data Mining Tools Competition에 사용된 데이터셋으로, 네트워크 침입 또는 공격에 대한 탐지기를 만들기 위해 사용되었다. DARPA 데이터 기반인 본 데이터는 TCP 연결 정보, 로그인 실패 등 고급 속성 정보들을 보유한다. 테스트 데이터로는 DoS, Buffer Overflow 등 20개의 사이버 공격들을 포함한다.

2.2 군집(Clustering) 분석

비지도 학습(Unsupervised Learning) 방법으로 군집의 수나 속성, 즉 Label이 사전에 알려져 있지 않을

때 주로 사용하는 분석 방법이다. 데이터 간의 유사도를 정의하고 그 유사도에 가까운 것부터 순서대로 합쳐가며 군집을 형성하는 방법이다.

2.3 분류(Classification) 분석

지도 학습(Supervised Learning) 방법으로 각 개체별 그룹의 Label이 사전에 알려져 있을 때 주로 사용하는 분석 방법이다. 기준에 존재하는 데이터의 카테고리 관계를 파악하고, 새롭게 판측된 데이터의 카테고리를 스스로 판별하는 과정으로 데이터를 분석한다.

2.4 Isolation Forest(IF) 알고리즘

회귀트리 기반으로 데이터를 고립시켜 정상 및 비정상을 판단한다. 개체가 고립되는 노드까지의 depth로 이상유무를 판단하는 기법으로 루트 노드와 가까운 depth를 가지면 비정상, 트리의 말단노드에 가까운 depth를 가지면 정상으로 판단한다.

2.5 Local Outlier Factor(LOF) 알고리즘

밀도기반의 이상치 탐지 방식으로 다차원 공간에서의 이상치는 그렇지 않은 개체들이 갖는 주변 밀도에 의해 주변 밀도가 극히 낮다는 성질을 이용하여 이상여부를 판단한다.

2.6 One-Class SVM(OCSVM) 알고리즘

데이터들의 영역을 추출하여 최적의 서포트 벡터를 표현해 영역 밖의 데이터들은 이상치로 판단한다.

2.7 Elliptic Envelope(EE) 알고리즘
다변량 가우시안 분포로 데이터의 공분산을 추정해서 분포에 fit 시키고 벗어나는 데이터들을 구별한다.

2.8 Standard Scaler(SS)
Scikit-learn에서 제공하는 스케일링 클래스로 입력 데이터에 성형 변환을 적용하여 평균이 0과 표준편차가 1이 되도록 전처리 하는 과정이다.

2.9 Principle Component Analysis(PCA)
주로 차원축소를 위해 사용되는 기법으로, 데이터의 분산으로 최대한 보존하면서 고차원 공간의 표본들을 저차원 공간으로 변환하는 기법이다.

3. 연구 방법

3.1 데이터 수집

무기체계 네트워크 내 스위치의 SPAN Port 또는 TAP 장비를 통하여 체계 내에서 유통되는 네트워크 패킷을 미러링하고 Zeek라는 오픈소스 툴의 로그를 이용하여 네트워크 패킷의 일부 특성(Src/Dst IP, Src/Dst Port, Protocol 등)을 추출한 메타데이터를 확보한다. 동일한 방식으로 무기체계 내에서 일반적인 상황에서 발생하지 않는 FTP, SSH 등의 데이터를 임의로 발생시켜 비정상 데이터에 해당하는 메타데이터를 확보한다.

3.2 머신러닝을 이용한 학습

수집된 데이터를 관계형 데이터베이스(RDBMS)에 저장하고 Scikit-learn 머신러닝 라이브러리에서 제공하는 IF, LOF, OCSVM, EE 등의 다양한 머신러닝 알고리즘을 적용하여 학습 데이터를 모델링한 후 생성된 모델링 데이터를 파일 형태로 저장한다.

3.3 머신러닝을 이용한 이상탐지

저장된 모델링 파일을 불러와서 다시 IF, LOF, OCSVM 및 EE 알고리즘을 시험 데이터에 적용하여 이상탐지를 수행한다. 머신러닝 알고리즘을 적용하기 전, Standard Scaler 또는 2D PCA의 전처리를 적용할 수 있는데 본 논문에서는 총 4 가지 프로세스들(머신러닝 알고리즘만 적용, SS 적용, 2D PCA 적용, SS 및 2D PCA 적용)을 통해 탐지 결과를 분석한다.

3.4 이상탐지 프로세스 정확도 분석

이상탐지 프로세스를 적용하여 최종적으로 시험 데이터의 예측 결과를 출력하고, 해당 결과를 실제 시험 데이터에 대한 이상유무와 비교해 알고리즘 및 프로세스별 정확도를 측정한다.

3.5 이상탐지 결과 비교분석

무기체계 네트워크 환경의 데이터와 KDD Cup 1999 데이터를 같은 방법으로 분석한 후, 그 결과를 비교 분석한다.

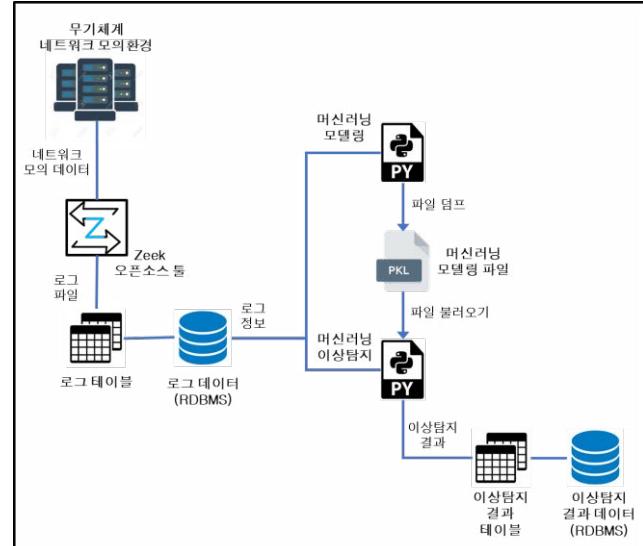


그림 1. 네트워크 이상탐지 시스템 아키텍처

4. 결론

본 논문에서는 머신러닝을 적용한 이상탐지 알고리즘을 이용하여 네트워크 환경에서의 이상탐지를 위한 시스템을 제안하였다. 일반적인 네트워크 환경에 대한 시험을 위해 KDD Cup 1999 데이터셋을 사용하고, 무기체계 환경에 대한 시험을 위해서는 향후 유사 데이터를 모의하여 활용할 계획이다. 또한, 향후 연구에서는 일반적인 네트워크 환경과 무기체계 네트워크 환경에서 이상탐지 알고리즘의 정확도를 측정하여, 그 결과를 비교분석함으로써 무기체계에 가장 적합한 알고리즘을 도출할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] Kahraman Kostas, "Anomaly Detection in Networks Using Machine Learning," School of Computer Science and Electronic Engineering, University of Essex, Aug. 2018.
- [2] An Trung Tran, "Network Anomaly Detection," Seminar Innovative Internet Technologies and Mobile Communications, Department of Informatics, Technical University of Munich, pp.55-61, Sept. 2017.
- [3] Markus Ring, Sarah Wunderlich, Deniz Scheuring, Dieter Landes, and Andreas Hotho, "A Survey of Network-based Intrusion Detection Data Sets." Computers & Security, vol.86, pp.147-167, 2019.
- [4] D. K. Bhattacharyya and J. K. Kalita. Network anomaly detection: A machine learning perspective. CRC Press, 2013.
- [5] M. H. Bhuyan, D. K. Bhattacharyya, and J. K. Kalita. Network anomaly detection: Methods, Systems and Tools. IEEE communications Surveys & Tutorials, 16(1):303–336, 2014.

함정 전투체계 특성을 고려한 사이버방호 기술 연구

이수원[°], 이재연, 유석대

한화시스템

Study on cyber protection technology for the naval combat system

Suwon Lee[°], Jaeyeon Lee, Sukdea Yu

Hanwha System

suwon.lee@hanwha.com, jaeyeon46.lee@hanwha.com, sukdea.yu@hanwha.com

요 약

예전의 함정 전투체계는 육상에서 운용되는 무기체계와 달리 제한된 해상통신 환경에서 운용되었기 때문에 육상의 무기체계보다는 상대적으로 낮은 정보보호 수준이 요구되었다. 하지만 함정 전투체계와 연동하는 체계가 많아지고 함정 전투체계 내의 통신환경이 복잡해짐에 따라 요구되는 정보보호 수준도 높아졌다. 또한 선박을 대상으로 하는 다양한 사이버공격이 발생하는 추세에 따라 일반 선박에 대해서도 사이버보안 요구 수준이 높아지고 있다. 이에 따라 국제 해사기구(IMO)는 정보보안 의무사항을 선박안전관리 지침에 포함하는 등 제도적으로도 선박에 대한 보안을 강화하고 있으며, 미해군에서도 함정에 탑재되는 장비와 소프트웨어에 대해서 사이버방호에 기능을 의무화 하고 있다. 본 논문에서는 해외에의 사이버방호 체계에 대해 분석하고 함정 전투체계에서 필요한 보호방안에 대해 연구하였다.

1. 서론

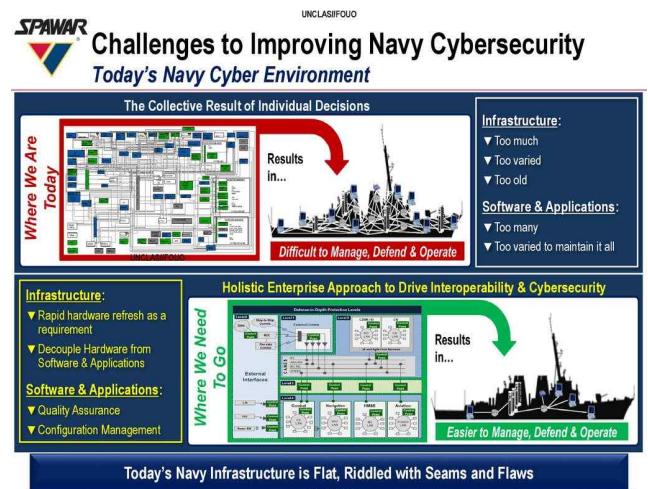
최근 선박에 대한 사이버공격이 발전함에 따라 세계적으로 선박 운용에 대해 보안적 요소가 강화되고 있다. 국제해사기구(IMO)에서도 사이버보안 리스크관리에 대한 요구를 강화하는 MSC.428(98) 결의안을 채택하였으며, 2021년 1월부터 정보보안 의무사항을 미준수한 선박을 강제로 정지할 수 있는 조항을 선박안전관리 지침에 포함하였다[1]. 함정용 전투체계는 육상에서 운용되는 무기체계와 달리 제한된 해상통신 환경에서 운용되는 특성으로 인해 기존 함정 전투체계에서 사이버방호 요구 수준이 높은 편은 아니었다. 하지만 함정 내에서 외부와 연동하는 체계가 많아지고 함정 내 통신체계가 복잡해짐에 따라 사이버공격에 노출되는 요소가 많아졌다. 이에 따라 함정 전투체계에 대해서도 높은 수준의 정보보호 및 사이버방호에 대한 요구사항이 많아지고 있다. 이는 국내에만 국한되는 것이 아니라 국외에서도 함정에 대한 사이버방호 요소가 요구되어 있으며 이에 대한 많은 기술이 연구되고 있다. 본 논문에서는 해외 함정에 대한 사이버방호 기술을 분석하고 추후 국내에서 개발되는 함정에 대한 사이버방호 기술에 대해 제시한다.

2. 국외 사이버방호 기술 분석

2.1 미국

이전의 사이버방호 관련기술은 주로 침입차단 기

능에 중점을 두었으나 최근에는 침입차단 기술로만 국한하는 것이 아니라, 침입발생 시 신속한 문제 해결을 할 수 있는 기술로 개발 및 적용하고 있다. 그림1은 사이버공격 기술이 발전함에 따라 100% 침입차단이 불가함을 인식하고 침입 발생 시 신속한 문제해결을 통해 임무 연속성 유지할 수 개념이 반영되어 있는 미해군의 사이버 탄력성 전략(cyber resilience strategy)을 설명하는 그림이다.



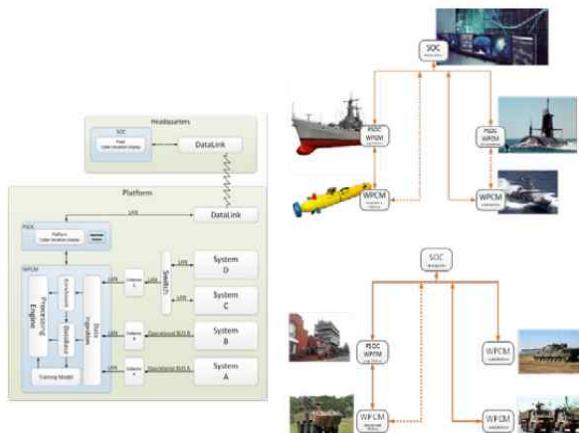
[그림 1] 미해군 사이버 탄력성 전략[2]

미해군에서는 이러한 사이버 방호전략으로 사이버 위협 탐지/제어를 수행하고 문제 발생시 대응책을

마련할 수 있도록 사이버방호체계를 구축하고 있다. 이를 위해 상황인식 기능과 구성 장비 및 소프트웨어 개발시 공통표준 사용을 의무화 하고 있다. 또한 탄력성을 고려한 시스템 및 네트워크를 설계하여 적용하고 있다. 또한 미해군은 유연한 개방형 아키텍처를 적용하여 주요 C4I 네트워크를 통합하는 사이버보안 솔루션형태로 개발하고 있으며, 무기 시스템과 주 용용 프로그램에 연결하여 지휘통제 및 업무 정보를 공유 할 수 있도록 하고 있다. 또한 제한적인 저장공간을 고려하여 클라우드로 내부 데이터의 업로드하는 방식도 고려하고 있다.

2.2 이스라엘

이스라엘의 IAI ELTA사는 해군 플랫폼을 위한 전시 사이버 모니터링 시스템을 개발하였다. 함정 정보보호 체계로서 방화벽, 백신, 네트워크장치, 센서의 이벤트를 취합하여 함정 무기체계 및 부체계의 이상여부를 계층적 보고하는 기능을 개발하였다.



[그림2] SOC 구조[3]

이 시스템의 주요 구성은 크게 3가지로 구성된다. 첫 번째로 WPCM(Warfare Platform Cyber Monitoring)은 해군 플랫폼에 내장된 모니터링 및 경고 알림에 대한 시스템이며, 두 번째로 PSOC (Platform SOC)는 WPCM에 대한 사용자 인터페이스를 제공한다. 마지막으로 SOC (Security Operations Center)는 각 함의 사이버 상태를 나타내는 함대 레벨의 관제센터이다. 각 기능에 대해 설명하면 WPCM은 주요 장비를 수집하는 기능이 탑재된다. 또한 방화벽 및 백신등과 같은 보안장비에 대한 정보 수집, 라우터, 서버, 스위치 등의 기타 IT 장비에서 정보 수집, 모니터링을 위한 각종 로그 정보 등을 수집하여 응용계층의 이상행위를 탐지한다. 탐지된 정보는 PSOC, POC로 전달하는 기능이 있다. PSOC는 앞서 설명한 바와 같이 플랫폼의 사이버 상황을 형성하고 가시화하여 사용자에 대한 사용자 인터페이스를 제공한다. 또한 지휘부의 SOC와 통신하는 기능을 제공한다.

3. 함정 전투체계 사이버방호 방안

본 논문에서는 국외의 함정에 대한 사이버방호

기술을 분석한 결과를 바탕으로 국내의 함정에도 적용할 방안을 제시한다. 첫째로 기존 함정체계의 특성에 따라 설치 운영하지 않았던 사이버방호 장비를 설치 운영하여야 하며, 이러한 보호장비를 통한 관제체계가 마련되어야 한다. 과거에는 임무 수행에 영향을 줄 수 있다는 사유로 추가적인 정보보호관련 장비 및 소프트웨어의 탑재가 제한적이였다. 하지만 최근에는 함정 전투체계를 구성하는 장비가 고성능화 되고 설계 및 개발 단계에서 정보보호 관련 장비 및 소프트웨어가 반영하여 설계되어야 한다. 사이버 공격 및 장비에 대한 이상을 탐지하기 위해서는 장비 및 네트워크 정보의 수집 없이는 이상탐지 및 사이버공격 징후 파악 등이 거의 불가능하기 때문이다. 둘째로는 수집된 정보를 통합관리하여 사이버상황을 인식할 수 있도록 사용자에게 효율적으로 제공할 수 있어야 한다. 미해군의 사이버방호 전략의 일부분이기도 한 상황인식은 구성장비로부터 수집된 정보를 사용자에게 정확하고 신속하게 정보를 전달하는가에 달려 있다. 마지막으로 사이버 위협에 노출되었을 때의 대응 방안 및 문제 발생 시 복구할 수 있는 대책을 고려하여 개발을 해야한다.

4. 결론

본 논문에서는 국외 해군 사이버방호 기술에 대해 분석을 통해 우리나라 해군 전투체계에 적용 시 필요한 기능들에 대해 설명하였다. 종전의 함정 무기체계는 자원의 부족 및 임무 수행에 영향을 미치는 정보보호 장비의 추가설치 제약으로 인해 사이버방호에 취약한 점이 있었으나 추후 개발되는 함정 무기체계는 사이버방호를 위한 장비의 구성 및 정보보호 방안, 사이버 공격으로 인해 발생되는 장애에 대한 복구 방안이 설계되어 반영 되어야 한다. 향후 연구과제로서는 함정 전투체계에서 사이버공격으로 인해 발생되는 장애에 대한 복구방안에 대해 연구할 예정이다.

4. 참고문헌

- [1] ISM-cyber security, Shipownersclub, pp. 1. Aug. 2017 [Internet] https://www.shipownersclub.com/media/2017/08/ISM-Cyber-security_0817.pdf, Accessed June 9, 2017.
- [2] Navy Cybersecurity Engineering 17 October 2017
- [3] Observatory-Israel_5th_Edition-January-2019
- [4] Anne Moschner, CMA Shipping 2015: DNV GL addresses cybersecurity risks, 2015. [Internet]. Available: <http://www.safety4sea.com/cyber-security-threats-and-risks/>, Accessed August 14, 2017.
- [5] Monthly Maritime Korea, New Challenge for Global Shipping ‘Cyber Security’, 2015. [Internet]. <http://m.monthlymaritimekorea.com/news/article-View.html?idxno=17008>, Accessed August 14, 2017.

트래픽 비용 최소화를 위한 예측기반 동적 네트워크 용량 할당

배파뜻한빛°

주창희°°

울산과학기술원 컴퓨터공학과°

고려대학교 컴퓨터학과°°

Prediction-based Dynamic Capacity Allocation for Traffic Cost Minimization

Hanbit, Bae°

Changhee, Joo°°

Department of Computer Science and Engineering°

Dept. of Computer Science and Engineering°°

UNIST

Korea University

hanbitbae@unist.ac.kr

changhee@korea.ac.kr

요약

최근 네트워크 가시화 기술의 고도화로 네트워크 자원을 동적 할당하는 기술이 주목받고 있다. 이러한 기술은 네트워크 사용량에 대한 정밀한 예측이 필요하나, 사용자의 이동성, 채널의 시변화 등의 이유로 정확한 예측이 어렵다. 본 연구에서는 딥러닝 기법을 활용하여 네트워크 사용량을 예측하고, 비대칭적인 네트워크 비용 구조에 최적화된 자원할당 방법을 개발한다.

1. 개요

많은 분야에 걸쳐 통신기술 관련 연구가 진행되고 있으며, 근래에는 특히 인공지능 기술이 부각되어 이를 통한 기준 통신기술 연구와의 융합을 통해 새로운 방향의 연구들이 진행되고 있다. 본 연구는 네트워크 비용을 최소화하는 기법을 인공지능 기반 트래픽 예측을 통하여 구현하고자 한다.

기존의 네트워크 비용은 기업과 인터넷 공급자와의 계약을 통해 상한 네트워크를 설정하고 이 설정된 네트워크 트래픽을 상시 상한 네트워크로 적용하는 방법으로 구현된다. 최근에는 소프트웨어 정의 네트워크(Software Defined Network) 등 네트워크 할당량을 변화할 수 있는 기술이 제공되어 [1], 이를 활용함으로써 실시간으로 자원할당이 가능해졌다.

실시간으로 필요한 자원을 적절히 할당하기 위해서는 네트워크 트래픽의 정확한 예측이 필요하다. 네트워크 시계열 예측은 일반적으로 회귀 함수를 통한 방법과 [2][3], 인공지능 특히 딥러닝을 이용한 방법 [4]이 대표적이다. 데이터 샘플이 비 정규화되었을 때 딥러닝이 우수한 성능을 가진 것 [4]으로 알려졌으므로, 본 연구에서는 딥러닝 기법을 활용하여 네트워크 사용량을 예측한다.

실제 네트워크 트래픽은 예측량에 대비하여 초과하거나 미달할 수 있다. 초과와 미달에 대해 비대칭적인 비용 구조를 고려하여, 예측의 정확성에 따라 최적의 네트워크 할당량을 조절하는 알고리즘을 개발한다.

* 본 연구는 고려대학교 특별연구비에 의하여 수행되었음.

2. 문제 정의

인터넷 공급자는 네트워크 용량을 가변적으로 제공한다고 가정한다 [5]. 계약기간은 고정된 시간(예: 15 분) 단위로 이루어지며, 계약된 기간동안 기업이 할당 요청한 트래픽보다 실제 트래픽이 더 많은 경우, 인터넷 공급자는 초과 트래픽을 수용하되 할증비용을 적용한다.

서비스를 구입하는 기업에서는 인터넷 연결 비용을 최소화를 하기 위하여, 매 계약기간 동안 네트워크 트래픽을 예측하여 필요한 네트워크 용량을 실시간으로 요청한다. 현재의 계약기간 t 에 대하여, 예측된 트래픽을 Y_t , 실 트래픽 양을 X_t , (예측된 트래픽을 기반으로) 할당된 네트워크 용량을 C_t (어떤 함수 f 에 대해 $C_t = f(Y_t)$ 로 표현), 초과 할증비용을 p 라고 하자. 네트워크의 비용 구조는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{cost}(X_t, Y_t) = \begin{cases} C_t, & \text{if } X_t \leq C_t, \\ C_t + p(X_t - C_t), & \text{if } X_t > C_t. \end{cases} \quad (1)$$

네트워크 비용 최소화 문제는 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$\underset{C_t=f(Y_t)}{\text{minimize}} \sum_t \text{cost}(X_t, C_t).$$

3. 구현

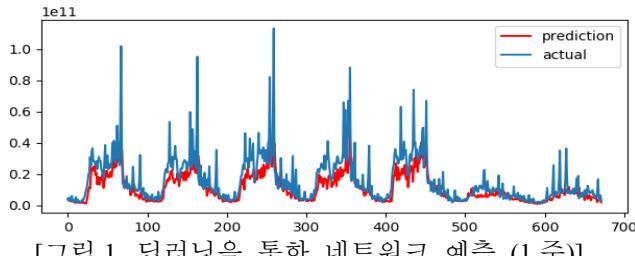
먼저 딥러닝을 통하여 시계열 네트워크 트래픽을 예측방법을 설명한다. 연구에 사용한 데이터셋은 한 기업의 인터넷 방화벽에서 수집한 네트워크 트래픽이다. 방화벽을 이용하여 트래픽 수집할 경우 대부

분의 기업에 적용되어 있어서 네트워크 인프라 변경이 필요 없는 것 등 적용하기에 편리하며, 특히 네트워크 트래픽 외에 세션의 수 등 유용한 정보가 많다.

딥러닝 적용에 있어서는 적합한 구조 선택과 매개변수 조정이 반드시 필요하다. 본 논문에서 사용하는 딥러닝 방법은 일반적인 층 구성을 위한 다층 퍼셉트론(Multilayer Perceptron)을 적용한다. 과적합 또는 과소적합을 피하고자 딥러닝 매개변수를 아래와 같이 최적화하였다.

- 활성화 함수 : ReLU, $g(u) = \max(0, u)$
- 표본크기 : 15 분간격의 네트워크 사용량
- 입력크기 : 96 샘플
- 드롭아웃 비율 : 0.2
- 학습세대(Epoch) : 250
- 학습배치의 크기 : 32
- 은닉층(Hidden layer) : 480(node) × 3(layer)

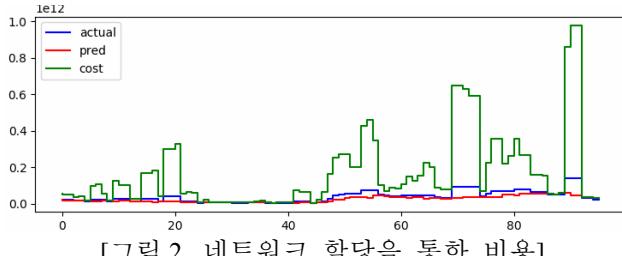
이를 바탕으로 네트워크 예측을 진행하였고, 네트워크 트래픽 예측량은 다음과 같다.



[그림 1. 딥러닝을 통한 네트워크 예측 (1 주)]

예측성능을 측정하는 트래픽 예측 실패율(PFR) $\text{prediction failure rate}(PFR) = \frac{\sum |Y_t - X_t|}{\sum X_t} \times 100$ 에 있어서, 개발된 딥러닝 기법은 약 30.8%의 PFR을 보였다.

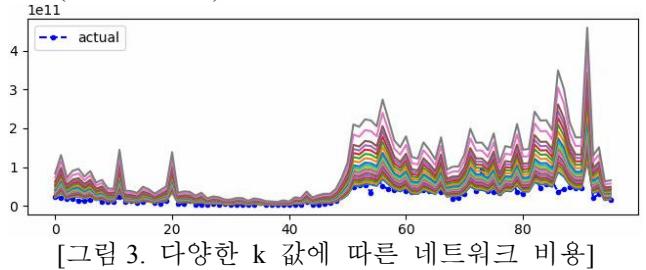
예측한 딥러닝 트래픽은 식(1)의 할증비용(p)의 변화에 따라 네트워크 비용이 크게 변경될 수 있다. 본 연구에서는 $p=10$ 을 사용하였으며, 딥러닝 네트워크 예측량만큼의 네트워크 용량을 요청한 경우 네트워크 비용은 아래 그림 2 와 같이 측정되었다. 이러한 결과는 높은(~70%) 수준의 딥러닝 정확도에도 불구하고 네트워크 비용은 이상적인 네트워크 비용보다 수배의 비용이 추가로 발생할 수 있음을 보여준다.



요청하는 네트워크 용량을 예측량보다 크게 하여 비용을 절감할 수 있다.

$$C_t = Y_t \left(1 + \frac{k}{10}\right) \quad (2)$$

식(2)는 예측량($0.1k \times Y_t$) 만큼을 추가로 요청하는 단순한 기법이다. 다양한 k 값을 적용함으로 실현한 결과 최적의 k 값은 1.6에서 최소비용을 얻을 수 있었다.(그림 3 참조)



[그림 3. 다양한 k 값에 따른 네트워크 비용]

식(2)에 기반한 추가 용량 요청방안과의 성능 비교를 위하여, 미래 네트워크 사용량에 대한 정보를 기반으로 실제 네트워크 사용량과 정확히 일치하는 이상적 할당이 가능한 기법(이상적 할당)을 가정하였다. 그 밖에 딥러닝을 이용한 예측량 만큼 요청하는 할당(딥러닝 할당)과 계약기간 중 최대치의 트래픽을 기준하여 상한값을 설정하는 기준방식(정적 네트워크 할당)을 비교하였다. 이러한 네가지 방법에 테스트 데이터셋을 적용하여, 네트워크 비용 평균값을 구한 결과를 표 1에 정리하였다.

이상적 할당	식(2)	딥러닝 할당	정적 할당
4.91	7.68	12.36	13.9

[표 1. 네트워크 할당량 비교]

본 연구를 통하여 예측기반의 네트워크 용량 동적 할당을 사용한 네트워크 비용 최소화 문제를 간략히 살펴보았다. 딥러닝 기법을 이용하여 약 70% 정확도를 가지는 트래픽 예측을 하였고, 비대칭 네트워크 비용 구조와 결합하여, 최적의 네트워크 용량을 요청할 수 있는 알고리즘을 개발을 통해 약 45%의 비용을 절감하는 효과를 얻을 수 있었다.

4. 참고 문헌

- [1] Warren B. Powell, Patrick Jaillet and Arnedeo Odoni, “Stochastic and Dynamic Networks and Routing”, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol 8, pp 141-295, 1995
- [2] D. Morato, J. Aracil, L.A. Diez, M. Izal and E. Magana, “On linear prediction of Internet traffic for packet and burst switching networks” ICCCN, 2001.
- [3] Aimin Sang, San-qi Li, “A predictability analysis of network traffic” Computer Networks, ELSEVIER, Volume 39, Issues 4, pp.329–345, July 2002.
- [4] Paulo Cortez, Miguel Rio, Miguel Rocha, and Pedro Sousa, “Internet Traffic Forecasting using Neural Networks”, International Joint Conference on Neural Networks, pp.2635-2642. Vancouver, Canada, 2006
- [5] Luca Chiaravaglio, Marco Mellia, and Fabio Neri, “Minimizing ISP Network Energy Cost: Formulation and Solutions”, IEEE/ACM Transactions On Networking, Vol. 20, No. 2, April 2012

비공유 병목 링크에서 MPTCP 와 TCP 간의 공평성 실험

김건환, 송영준, 박창훈, 조유제

경북대학교 전자공학부

Fairness experiment between MPTCP and TCP in a non-shared bottleneck link

Geon-Hwan Kim^o, Yeong-Jun Song, Chang-Hoon Park, and You-Ze Cho

School of Electronics Engineering

Kyungpook National University

kgh76@ee.knu.ac.kr, {syj5385, pch4495, yzcho}@knu.ac.kr

요약

본 논문에서는 MPTCP 의 두 서브플로우가 서로 다른 병목 링크를 지나며 단일 TCP 플로우와 공존할 때 네트워크 특성에 따른 inter-protocol 및 intra-protocol 공평성을 확인하였다. 본 실험은 크게 혼잡제어에 따른 공평성 비교와 서로 특성이 다른 병목 링크를 지날 때의 공평성 비교로 구분된다. 애뮬레이션 실험을 통해 이기종 네트워크에서는 큰 처리량 불균형이 발생할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

TCP 는 종단 간 하나의 연결을 맺은 후 데이터를 송수신 한다. TCP 연결을 통해 오직 하나의 경로만을 사용한다면 최근의 스마트폰이 가진 다수의 네트워크 인터페이스를 동시에 사용하지 못하게 된다.

Multipath TCP (MPTCP)는 사용 가능한 인터페이스를 동시에 사용하여 데이터 처리량을 높이고 네트워크 오류에 대해 유연하게 대처할 수 있다는 장점을 갖는다. 하지만, MPTCP 의 설계 및 배치를 위해서는 아래의 고려사항들이 충족되어야 한다 [1].

- 공평성: MPTCP 연결 내의 다수의 서브플로우가 단일 TCP 플로우와 공동의 병목 링크를 공유할 때, MPTCP 연결의 총 처리량은 단일 TCP 의 처리량과 동일해야 한다.
- 성능향상: MPTCP 연결의 총 처리량은 MPTCP 연결이 사용하고 있는 경로 중에 최상의 경로를 단일 TCP 가 사용할 때의 처리량보다는 높아야 한다.
- 효율성: MPTCP 는 다수의 경로 중에서 최상의 경로를 선호해야 하고, 혼잡이 덜한 경로를 통해 더 많은 데이터를 전달해야 한다.

위의 고려사항 중 공평성은 현재 인터넷의 대부분이 TCP 연결을 사용하기 때문에 기본적으로 보장되어야 한다. 혼잡제어 알고리즘 및 다양한 경로 특성에 따른 MPTCP 와 단일 TCP 간의 공평성을 확인하기 위해, 앞선 연구에서는 공유 병목 링크에 대한 실험을 수행하였다 [2].

이전 연구에 이어, 본 논문에서는 비공유 병목 링크를 지나는 MPTCP 가 단일 TCP 와 공존하는 상황에 대한 실험을 수행하였다.

2. 본론

MPTCP 연결의 두 서브플로우가 서로 다른 병목 링크를 지나며 단일 TCP 플로우와 공존하는 상황에서의 공평성을 확인하기 위해, Mininet 애뮬레이터 [3]를 이용하여 가상 실험 환경을 구성하였다.

시나리오는 크게 두 개의 병목 링크가 동일한 특성을 갖는 동종 네트워크 실험과 하나의 병목 링크가 더 긴 RTT 를 갖는 이기종 네트워크 실험으로 구분된다. 네트워크 파라미터는 표 1 과 같다.

애뮬레이션은 Linux MPTCP v0.89 [4]에서 수행되었으며 실험에서 사용된 혼잡제어는 Linux MPTCP 및 TCP 의 기본 알고리즘인 LIA [5]와 CUBIC [6]이다.

표 1. 실험에 따른 네트워크 환경

시나리오	병목 링크	RTT	대역폭	버퍼 크기
동종 네트워크	Bottleneck 1	20ms	20Mbps	1BDP
	Bottleneck 2			
이기종 네트워크	Bottleneck 1	20ms	20Mbps	1BDP
	Bottleneck 2			

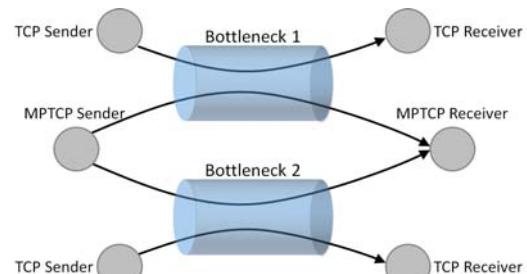


그림 1. 비공유 동종 병목 링크 실험 구성

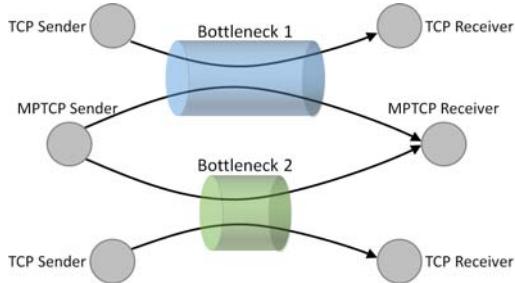


그림 2. 비공유 이기종 병목 링크 실험 구성

2.1 Intra-protocol 공평성 실험

첫 번째 실험은 MPTCP 와 TCP 의 혼잡제어가 LIA 알고리즘으로 동일한 상황에서 수행하였다. 그림 1 은 MPTCP 의 두 서브플로우가 동일한 특성을 갖는 서로 다른 병목 링크를 지날 때, 그림 2 는 MPTCP 의 두 서브플로우가 서로 다른 특성을 갖는 병목 링크를 지날 때의 모습을 도식화 한 것이다.

Intra-protocol 실험에서 MPTCP 의 각 서브플로우는 동종 네트워크를 가지는 경우에 단일 TCP 플로우보다 낮은 처리량을 가졌고, MPTCP 의 합계 처리량은 두 단일 TCP 플로우의 처리량 합보다 약 0.7 배 낮았다 (그림 3, homogeneous).

하지만, 이기종 네트워크 실험에서는 MPTCP 의 서브플로우 1 (SF1)과 서브플로우 2 (SF2)의 대역폭 점유량에서 차이가 발생했고 RTT 가 짧은 링크의 SF1 은 단일 TCP 를 압도한 반면, SF2 는 단일 TCP 의 절반 정도에 해당하는 대역폭을 차지했다.

2.2 Inter-protocol 공평성 실험

그림 4 는 LIA 를 사용하는 MPTCP 플로우와 CUBIC TCP 플로우 간의 공평성 실험 결과를 나타낸다. 동종 네트워크의 처리량 비는 intra-protocol 실험보다 조금 더 높은 공평성과 낮은 편차를 보였다.

MPTCP 서브플로우가 리눅스의 기본 혼잡제어인 CUBIC 알고리즘을 사용하는 단일 TCP 플로우와 이기종 네트워크에서 공존할 때, 심각한 처리량 불균형이 발생했다. SF1 과 SF2 모두 단일 TCP 플로우보다 1.5 배 많은 대역폭을 차지하며 단일 TCP 를 크게 억제했다.

3. 결론

본 논문에서는 공동 병목 링크를 공유하는 MPTCP 와 TCP 의 혼잡제어 간 공평성 문제를 다룬 앞선 연구에 이어, MPTCP 의 두 서브플로우가 서로 다른 병목 링크를 지나며 단일 TCP 플로우와 공존 할 때 혼잡제어에 따른 inter-protocol 및 intra-protocol 공평성을 확인하였다. 동종 네트워크에서는 단일 TCP 가 다소 우세한 모습을 보였지만, 이기종 네트워크 환경에서는 큰 처리량 불균형이 발생했다.

4. Acknowledgment

This research was supported by Next Generation Information Computing Development Program through the

National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (No. NRF-2017M3C4A7083676) and by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. NRF-2018R1A6A1A03025109) and by National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2019R1A2C1006249).

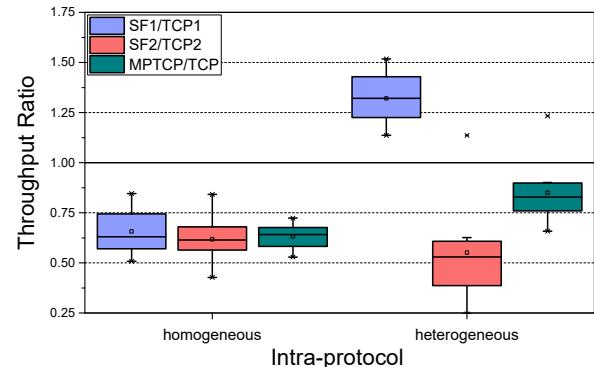


그림 3. MPTCP with LIA vs. TCP with LIA

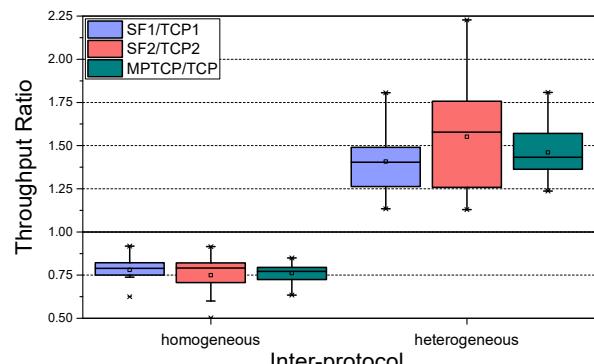


그림 4. MPTCP with LIA vs. TCP with CUBIC

5. 참고 문헌

- [1] D. Wischik, C. Raiciu, A. Greenhalgh, and M. Handley, “Design, Implementation and Evaluation of Congestion Control for Multipath TCP,” in NSDI, vol. 11, pp. 1–8, 2011.
- [2] 김건환, 김정근, 송영준, 박창훈, 조유제, “공동 병목 링크를 공유하는 MPTCP 와 TCP 의 혼잡제어 간 공평성 문제,” 한국통신학회 동계종합학술 발표회, 2020년 2월.
- [3] B. Lantz, B. Heller, and N. McKeown, “A Network in a Laptop: Rapid Prototyping for Software-Defined Networks,” in Proc. ACM SIGCOMM Workshop Hot Topics Netw., 2010.
- [4] MPTCP v0.89 Release. Available: <https://multipath-tcp.org/pmwiki.php/Main/Release89>
- [5] C. Raiciu, D. Wischik, and M. Handley, “Practical Congestion Control for Multipath Transport Protocols,” 2019.
- [6] R. Khalili, N. Gast, M. Popovic, and J.-Y. Le Boudec, “Mptcp is not pareto-optimal: Performance issues and a possible solution,” IEEE/ACM Transactions on Networking (ToN), vol. 21, pp. 1651–1665, 2013.

MPTCP 환경에서의 단일 TCP 성능 보장을 위한 subflow blocking

기법 연구

박창훈[°], 송영준, 김건환, 조유제

경북대학교 전자공학부

Subflow Blocking Algorithm for Guaranteeing Single TCP Performance in MPTCP

Chang-Hoon Park[°], Yeong-Jun Song, Geon-Hwan Kim, and You-Ze Cho

School of Electronics Engineering

Kyungpook National University

{pch4495, syj5385}@knu.ac.kr, {kgh76, yzcho}@ee.knu.ac.kr

요약

MPTCP 리눅스 커널의 minRTT 스케줄러는 서브플로우의 특성이 크게 다를 경우 단일 TCP만을 사용하는 것보다도 데이터 처리량이 떨어지는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해, 지연시간 혹은 대역폭의 차이가 있는 다양한 환경에서도 최소한 단일 TCP 만큼의 성능을 보장하는 방안을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 서브플로우 특성이 상이한 환경에서 기존 MPTCP 스케줄러보다 성능이 개선됨을 확인하였다.

1. 서 론

MPTCP의 성능에 영향을 주는 대표적인 요소 중 하나는 MPTCP의 스케줄러로, 스케줄러는 데이터를 어느 경로로 얼마나 패킷을 분배할지를 판단한다. MPTCP는 특성이 비슷한 다중 경로를 사용할 때, 기존의 단일 TCP보다 뛰어난 성능을 얻을 수 있다.

하지만 각 서브플로우의 특성이 상이한 경우 Out-of-Order 현상으로 인해 수신 측의 버퍼에 패킷이 쌓이게 되고, 버퍼가 가득 차게 되면 상대적으로 우수한 서브플로우의 데이터 전송이 중단되는 HoL blocking 문제가 발생한다[1]. 이는 MPTCP의 성능 감소로 이어지며, 각 서브플로우의 특성이 크게 다른 경우에는 단일 TCP만을 사용하는 것보다도 성능이 떨어질 수 있다.

이를 해결하기 위해, 느린 경로에 페널티를 부여하여 패킷 양을 줄이는 방안[2], 상황에 따라 느린 서브플로우를 차단하고 우수한 서브플로우를 사용하는 방안[3] 등이 제안되었다. 하지만 제안된 방안들은 HoL blocking 문제를 완전히 해결하지 못하거나, 대역폭, 패킷 손실률 등 여러 특성이 상이한 경우 올바르게 동작하지 않는다는 문제점이 존재한다.

본 논문에서는 다양한 환경에서도 최소한 단일 TCP 만큼의 성능을 보장하기 위해 네트워크 환경에 따라 서브플로우의 차단 여부를 결정하는 방안을 제안한다.

2. 본 론

A. 제안 알고리즘

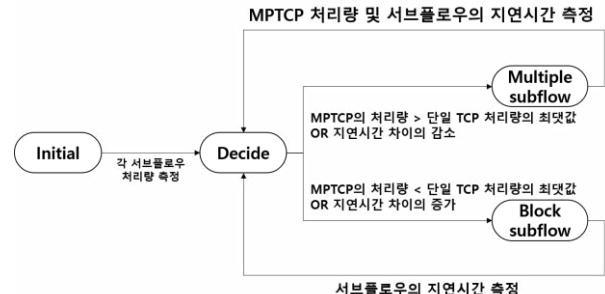


그림 1. 제안 알고리즘의 state machine

그림 1은 제안한 알고리즘의 동작과정을 state machine으로 나타내었으며, 각 단계에 대한 설명은 다음과 같다.

- Initial:
 - 각 서브플로우를 단일 TCP로 사용했을 때의 처리량을 측정.
- Decide:
 - MPTCP의 처리량 및 각 서브플로우의 지연시간을 측정.
 - MPTCP의 처리량과 각 서브플로우의 단일 TCP 처리량 최댓값을 비교, MPTCP의 처리량이 더 높다면 Multiple subflow로 작동.
 - 그렇지 않다면 성능이 낮은 서브플로우를 차단, 상대적으로 우수한 서브플로우만을 사용하는 Block subflow 단계로 진입.
- Multiple subflow
 - MPTCP로 동작하며, Decide 단계로 되돌아감.
- Block subflow
 - MPTCP로 동작하며, Decide 단계로 되돌아감.

- 새롭게 측정된 MPTCP의 처리량이 단일 TCP 처리량의 최댓값보다 낮다면 Decide 단계를 거쳐 Block subflow 단계로 분기.
- Block subflow:
 - 성능이 낮은 서브플로우를 차단, 성능이 우수한 서브플로우만을 사용.
 - 이후 Decide 단계로 되돌아가 각 서브플로우의 지연시간을 측정. 지연시간의 차이가 기준보다 감소할 경우 Decide 단계를 거쳐 Multiple subflow 단계로 분기.

B. 실험 환경

MPTCP 스케줄러의 성능을 비교하기 위해 Mininet 에뮬레이터를 사용하였다. 실험환경은 MPTCP 서버와 클라이언트를 2 개의 서브플로우를 통해 연결하였으며, 각 서브플로우의 대역폭 및 지연시간은 실험에 따라 다르게 설정하였다. 제안한 알고리즘의 성능 비교를 위해 리눅스 커널에 기본적으로 설치되어 있는 minRTT 스케줄러와 Round-Robin 스케줄러를 함께 평가하였다[4].

C. 실험 결과

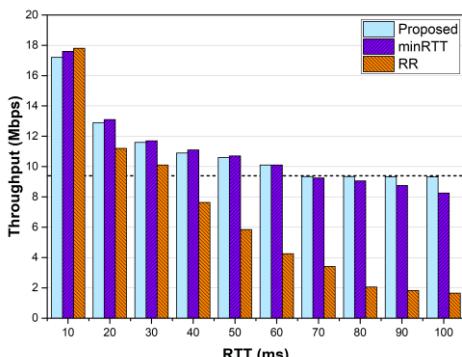


그림 2. 지연시간 변화에 따른 스케줄러 성능

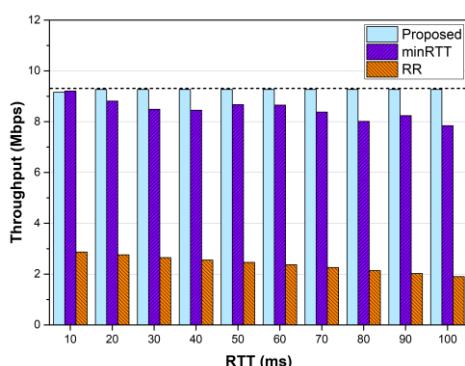


그림 2 는 서브플로우 1의 대역폭 및 지연시간은 10Mbps 와 10ms 로 설정하고 서브플로우 2의 대역폭은 10Mbps, 지연시간은 10ms 에서 100ms 까지 변화를 주었을 때 성능을 비교한 그래프이다. minRTT 스케줄러는 짧은 지연시간을 가진 서브플로우부터 차례대로 혼잡 원도우를 채워 나가며 Round-Robin

스케줄러는 사용가능한 모든 서브플로우에 번갈아 데이터를 할당하기 때문에, HoL blocking 문제가 발생하여 지연시간의 차이가 증가함에 따라 성능이 감소한다. minRTT 스케줄러의 경우에는 지연시간이 약 6~7 배, Round-Robin 스케줄러는 4 배 정도 차이를 가질 때부터는 단일 TCP 보다도 성능이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 두 경로의 지연시간 차이가 커지면 느린 경로를 차단하고 우수한 경로만을 사용하기 때문에 항상 단일 TCP 만큼의 성능을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

그림 3 은 서브플로우 2의 대역폭을 1Mbps 로 변경하고, 지연시간을 10ms 에서 100ms 까지 변화를 주었을 때 성능을 비교한 그래프이다. minRTT 스케줄러와 Round-Robin 스케줄러는 대역폭과 지연시간의 차이로 인해 총 데이터 처리량이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 제안한 알고리즘의 경우 지연시간과 처리량을 기반으로 서브플로우를 차단하기 때문에 대역폭과 지연시간이 함께 차이나는 환경에서도 단일 TCP 만큼의 성능을 보장한다.

3. 결 론

본 논문에서는 각 서브플로우의 특성이 크게 상이한 경우 단일 TCP 보다도 성능이 떨어지는 문제를 해결하기 위해 개선방안을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 각 서브플로우의 처리량 및 지연시간을 측정하고, 서브플로우의 차단 여부를 결정함으로써 최소한 단일 TCP 만큼의 성능을 보장할 수 있음을 에뮬레이션 실험을 통해 확인하였다.

4. Acknowledgement

This research was supported by Next Generation Information Computing Development Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (No. NRF-2017M3C4A7083676) and by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. NRF-2018R1A6A1A03025109) and by National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2019R1A2C1006249).

5. 참고 문헌

- [1] M. Scharf, and S. Kiesel, “Head-of-line Blocking in TCP and CTP: Analysis and Measurements,” IEEE GLOBECOM, pp. 1-5, 2006.
- [2] S. H. Baidya, and R. Prakash, “Improving the performance of multipath TCP over heterogeneous paths using slow path adaptation,” IEEE ICC, pp. 3222-3227, 2014.
- [3] 김민섭, 이재용, 김병철, “이종 망에서의 지연경보 경로차단 스케줄러를 이용한 MPTCP 성능 개선방안,” 전자공학회논문지, pp. 28-37, 2017.
- [4] C. Paasch and S. Barre, “MultiPath – Linux Kernel implementation”, (<http://www.multipath-tcp.org>)

2G/3G/4G 통신망 간 효율적인 연동을 위한 5G 통신기술

윤만석° 이창교° 이성훈° 고완진°

구미전자정보기술원

An Efficient 5G Redirection Scheme Interoperated with Legacy Networks(2G/3G/4G)

Mahnsuk Yoon° ChangKyo Lee° SungHun Lee ° Wanjin Ko°

Gumi Electronics & Information Technology Research Institute°

yms@geri.re.kr ecg999@geri.re.kr leesh@geri.re.kr kwj@geri.re.kr

요약

5G는 4G 통신과 비교하여 데이터 전송속도, 통신지연시간, 단말 연결성 등 월등한 성능차이로 5G 기기 및 IoT, 네트워크 인프라 확산에 선봉적인 보급 및 확산을 주도하고 있다. 다만, 초기 5G 인프라 보급·확산에 따른 5G의 좁은 커버리지로 인한 기존 통신 인프라(2G/3G/4G)와 연동한 적절한 통신망 운영 기법이 필요한 실정이다. 이동통신사들은 도심 중심의 5G망 보급 정책에 따라 도시외곽지역에서는 5G 서비스 및 신호반경이 미치지 않은 실정이며, 특히 미국, 중국, 캐나다 등 국토면적이 넓은 나라의 경우 5G 인프라의 전국 커버리지 보급 이전 기존 통신 인프라와 적절하고 효율적인 활용으로 통신 서비스 만족도 제고할 수 있는 방안이 필요하다. 본 논문에서는 5G 통신망과 기존통신망(2G/3G/4G) 연동을 위한 효율적인 단말의 이동성을 지원하는 기법을 제안하고 글로벌 이동통신사의 5G망과 기존 네트워크망을 효율적으로 운영하기 위한 시나리오를 제안한다.

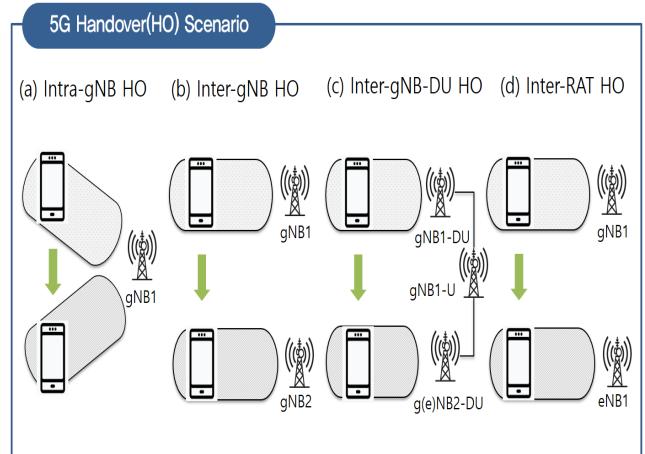
1. 서론

5G 표준화 관련 3GPP Release 15, 16 연구에서 5G의 이동성은 5G Inter gNB 핸드오버와 5G Intra RAN 핸드오버에 초점이 맞춰 연구가 이뤄지고 있으며, 이 방식에서는 5G 단말의 5G-5G, 5G-4G 간 이동성 및 서비스 연속성을 위한 핸드오버 기술에 대한 표준화가 이뤄지고 있다. 통신망을 운영하는 이동통신사 입장에서 기반 통신망과 5G 통신망의 적절한 활용한 운영으로 서비스 운영에 대한 원가 절감 및 가입자의 만족도 제고가 필요한 실정이다. 더군다나 미국, 중국, 캐나다 등과 같이 넓은 국토 면적을 보유한 국가일수록 단기간 5G 인프라 구축을 완료할 수 없는 국가의 이동통신사일수록 기존 통신망을 활용할 수 있는 방안에 대한 강구가 절실히다. 또한, 5G 전파도달이 미치지 않는 도심 외곽지의 경우 4G/3G/2G 통신망을 연계 활용할 필요성이 있다. 본 논문에서는 3GPP Release 16에서 정의하는 5G 핸드오버에 대한 분석을 진행하고 3GPP 기반의 기존 통신망(2G/3G/4G)과 연동을 위한 기법 및 시나리오를 제안하고자 한다.

2. 관련연구

3GPP 표준에서 제시하는 핸드오버 방식은 네트

워크 구성에 따라 다양한 시나리오가 제시될 수 있다 [그림 1]. 또한 5G 통신기술에서 Control Plane과 User Plane으로 나눠 Dual-Connectivity 제공함에 따라 기존 통신방식과 다르게 Main Node와 Secondary Node를 구성하여 핸드오버를 수행하여 5G의 좁은 커버리지 극복과 데이터 처리 성능을 극대화하였다. 하지만, 4G-5G 이동통신망에 한정하여 Dual-Connectivity가 제공됨에 따라 4G, 5G 통신 커버리지가 벗어나는 지역의 경우 서비스 제공에 한계에 직면할 수 있다.



[그림 1] 5G 핸드오버 시나리오

5G의 통신 커버리를 극복하고 기존 통신망(2G/3G/4G)을 활용한 단말의 부하를 효율적으로 분배하고 서비스 커버리지 확장을 위한 기법연구가 필요하다.

3. 제안하는 기법

제안하는 기법은 5G 통신망의 좁은 커버리지 영역과 부하 경감을 위해 5G 단말의 2G/3G/4G 간 효율적인 연동 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 3GPP Release 15 TS 38.331 기반의 Redirection을 2G/3G/4G로 대상 영역을 확장하여 단말이 상태천이를 통해 Idle Mode 혹은 서비스 종료 후 RRC Release Message를 수신했을 때 2G/3G/4G 망으로 적절하게 분배 또는 재배치할 수 있는 방식이다.

- 표준 기반 Redirection (3GPP Release 15 TS 38.331)

```
DirectedCarrierInfo ::= CHOICE {nr, eutra}
}*
DirectedCarrierInfo-EUTRA ::= SEQUENCE {eutraFrequency, cnType}
}*
```

- 제안방식의 Redirection

```
DirectedCarrierInfo ::= CHOICE {nr, eutra, utran, gsm}
}*
DirectedCarrierInfo-EUTRA ::= SEQUENCE {Frequency, cnType}
}*
```

- 제안기법의 동작

제안하는 방식은 5G 망의 주요 Criteria에 의해 트리거되며, Criteria는 (1) 망의 혼잡도, (2) 핸드오버 성공률 (3) 접속 단말 수 등에 의해 트리거 될 수 있다.

- (1) $N_{RRC\ Attempt} \text{ within } CT \geq CS_{Attempt\ threshold}$, or
 - (2) $HOF_{Rate} \text{ within } CT \geq CS_{HOF\ threshold}$, or
 - (3) $N_{UE\ Camp\ on} \text{ within } CT \geq CS_{UE\ Camp\ on\ threshold}$,
- Then Into Congestion State → Proposed Scheme ON*

망의 혼잡도는 (1) RRC Connection Attempt Message 수($N_{RRC\ Attempt}$) 동안 한계점에 다다르거나, (2) 핸드오버 실패율(HOF_{Rate})은 서빙셀이 네이버 셀로 핸드오버 실패율로 단말의 이동성을 고려하는 요소이다. (3) 접속 단말 수($N_{UE\ Camp\ on}$)는 서빙셀에 연결된 단말의 수로 서빙 셀의 망 부하도를 측정하는 요소이다. 제안기법은 3 가지 요건중 혼잡도 측정시간(CT) 동안 한가지 요건이라도 각 한계점($CS_{Attempt\ threshold}$, $CS_{HOF\ threshold}$, $CS_{UE\ Camp\ on\ threshold}$)을 충족시 동작하게 된다.

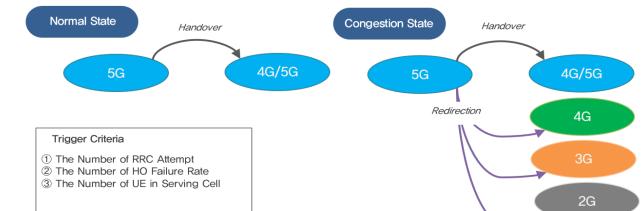
제안하는 기법은 본 트리거 조건에 따라 5G 망 내 단말을 기존망(2G/3G/4G)으로 Redirection하고 5G 망의 트래픽을 분배할 수 있다. 분배방식은 타겟 2G/3G/4G 간 Round Robin 방식으로 효율적으로 트리거하여 단말을 분배한다.

반대로 망의 혼잡도가 혼잡 완화요건을 만족시 망

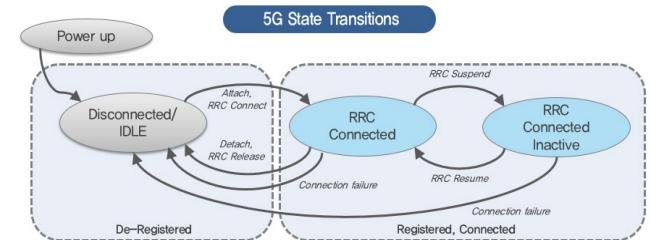
혼잡도 상태를 해제하게 된다.

- (1) $N_{RRC\ Attempt} \text{ within } RT < CS_{RRC\ relieve\ threshold}$, and
 - (2) $HOF_{Rate} \text{ within } RT < CS_{HOF\ relieve\ threshold}$, and
 - (3) $N_{UE\ Camp\ on} \text{ within } RT < CS_{UE\ Camp\ on\ relieve\ threshold}$,
- Then Into Normal State → Proposed Scheme OFF*

완화요건은 3 가지 요건이 혼잡완화 측정시간(RT) 동안 완화 한계점 모두를 충족시($CS_{RRC\ relieve\ threshold}$, $CS_{HOF\ relieve\ threshold}$, $CS_{UE\ Camp\ on\ relieve\ threshold}$) 해제 한다.



[그림 2] 제안기법의 운영 시나리오



[그림 3] RRC Release Message 트리거 시점

4. 결론

본 논문에서는 5G 단말의 기존 통신망(2G/3G/4G)간 효율적인 연동 기법에 대해 제안하였다. 향후 제안 방식의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션 환경을 구현하여 망 운영의 효율성을 증명하기 위한 연구를 진행할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2019-0-00068, 미세공정 화합물 반도체 기반 밀리미터파 대역 5G 부품기술 개발)

5. 참고 문헌

- [1] 3GPP TS 37.340, E-UTRA and NR; Multi-connectivity (Release 15).
- [2] 3GPP, TS 38.331, Radio Resource Control(RRC) Protocol specification(Release 15).
- [3] 3GPP, TR 23.799, “Study on Architecture for Next Generation”
- [4] M. Tayyab, X. Gelabert and R. Jantti, “A Survey on Handover Management: From LTE to NR”, IEEE Access 2019.

보로노이 다이어그램을 이용한 적절한 실시간 불규칙적인 물결 효과

박석준°

백낙훈°°

경북대학교 컴퓨터학부°

경북대학교 컴퓨터학부°°

Fast prototyping of adequate run-time irregular water waves based on the Voronoi diagram

Sukjun Park°

Nakhoon Baek°°

School of Computer Science and Engineering°

School of Computer Science and Engineering°°

Kyungpook National University

Kyungpook National University

pos02232@gmail.com

oceancru@gmail.com

요약

We introduce a real-time computation of irregular water waves purely based on the Voronoi diagram. While diverse water wave researches are focusing on simulating directional water waves, we concentrated on rendering irregular water waves and wavelets where propagation direction is irregular. We present a simple yet adequate wave approximation method with agile hashing-oriented neighbor searching and noise texture-based Voronoi diagram generation.

1. Introduction

Computing modest water waves have been and still is an active topic in the rendering field. Simulating ocean water [1] presents excellent realistic renderings of water waves via approximation algorithms including FFT (Fast Fourier Transform) and Gerstner wave algorithm, where it focuses on layering multiple waves to simulate realistic ocean animation.

While these traditional methods center on directional waves, our method focused on prototyping omnidirectional waves and wavelets, suiting for small ponds and lakes where wave direction isn't consistent. Our motivation was to prototype water waves in real-time environments, thus we aimed for a simple and fast approach; our implementation is solely based on the computation of the Voronoi diagram.

2. Implementation

Voronoi diagram is known as the simple yet effective geometric computation method dated since the 17th century [2]. It is a region divided by its closeness to the given set of points, or seeds in other words. For the implementation of the irregular water waves, we used the generated Voronoi diagram as is as the wave height. Figure 1 depicts the randomly generated Voronoi diagram and its corresponding wave rendering result. Rendering for this paper is done through Shadertoy [3], a handy web

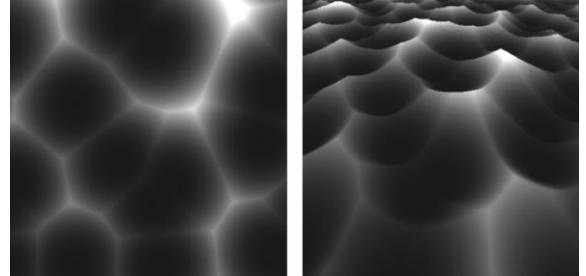


Figure 1. Left: Voronoi diagram with random seed.
Right: 3D Rendering of waves generated with left diagram.

-fragment shader tool based on WebGL.

Generating a Voronoi diagram efficiently is not as simple as its concept seems to be. A fair amount of papers including a sweep-line algorithm [4] and a convex polygon algorithm [5] focused on improving the performance of Voronoi diagram computation; generating it with random N seed positions takes estimated time complexity of $O(N \log(N))$ in ordinary cases.

Our implementation is based on a hashing-oriented neighbor searching scheme [6] for practical usage, defining equidistant grids with exactly one seed per each correspondingly. Figure 2 is a hash algorithm we used to compute the position of the seed per grid. Given the grid coordinate as the parameter, it calculates the randomized animation of Voronoi seed within the boundary of its parent grid. HASH_KEY is a sequence of four random floating numbers, and iTime is an elapsed time of the

```

const vec4 HASH_KEY = vec4(2.71, 81.21, 1195.113, 114.114);

vec2 hash(vec2 pos)
{
    pos = vec2(dot(pos, HASH_KEY.xy), dot(pos, HASH_KEY.zw));
    pos = vec2(dot(pos, HASH_KEY.xz), dot(pos, HASH_KEY.yw));
    pos = 0.5 + 0.45 * sin(iTime + HASH_KEY.w * sin(pos));
    return pos;
}

```

Figure 2. The implemented hash algorithm for each seed's position.

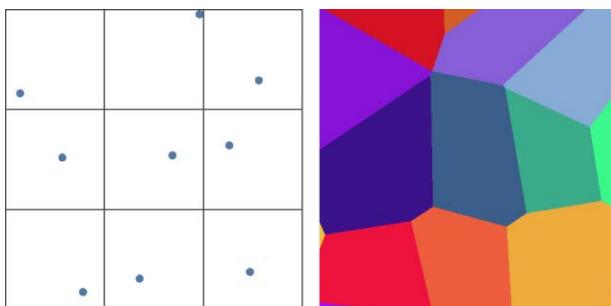


Figure 3. Simplified visualization of the work. Left: randomly plotted seeds per grid. Right: Voronoi diagram resulted from the left.

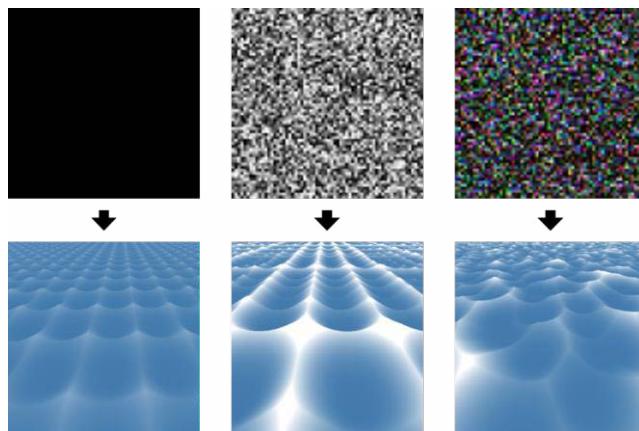


Figure 4. Voronoi waves generated with three different noise textures.

application.

Figure 3 is the result of this method visualized. Since a single seed per grid is guaranteed, we only check seeds from the surrounding grids when we compute pixels inside the middle one, nine in total. With this method, we were able to achieve $O(1)$ time complexity for generating the Voronoi diagram.

This uniform grid method also has the benefit of utilizing noise images as its base; each pixel in the noise texture holds the RGBA value that randomizes the position of seed for each grid, replacing the variable HASH_KEY mentioned above. Figure 4 shows the rendering result using three different textures, provided by Shadertoy. Textures are, starting from the left: blank image, single channeled random noise and 4 channeled random noise.

Lastly, we've blended two different Voronoi diagrams to generate the heightmap. The use of a single diagram produces noticeable abrupt wave height shifting when

animated. For mitigation, we prepared two Voronoi diagrams generated by two distinct noise images and interpolated them by time.

3. Conclusion

We were able to achieve practical rendering of irregular water waves via simple Voronoi diagram algorithm operation. We computed random noise based Voronoi diagrams within constant time, enabling moderate run-time water wave rendering operation in ease.

4. Acknowledgement

This work has supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (Grand No.NRF-2019R1I1A3A01061310). This research was also supported by the BK21 Plus project (SW Human Resource Development Program for Supporting Smart Life) funded by the Ministry of Education, School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University, Korea (21A20131600005).

5. References

- [1] J. Tessendorf, *Simulating ocean water*, Simulating nature: realistic and interactive techniques. SIGGRAPH 1.2: 5, 2001.
- [2] F. Aurenhammer and R. Klein, *Voronoi diagrams*, Handbook of computational geometry 5.10, pp.201-290, 2000.
- [3] P. Jeremias and I. Quilez, *Shadertoy: Learn to create everything in a fragment shader.*, SIGGRAPH Asia 2014 Courses, pp.1-15, 2014
- [4] S. Fortune, *A sweepline algorithm for Voronoi diagrams*, Algorithmica 2. 1-4, pp.153, 1987
- [5] A. Aggarwal, et al., *A linear-time algorithm for computing the Voronoi diagram of a convex polygon.*, Discrete & Computational Geometry 4.6, pp.591-604, 1989
- [6] C. C. Chang and T. C. Wu, *A hashing-oriented nearest neighbor searching scheme*, Pattern Recognition Letters 14.8, pp.625-630, 1993

심층강화학습 기반 UDN 전력 할당 기법

문지훈[°] 김현수 안용준 심병효^{°°}

서울대학교 전기정보공학부

Deep Reinforcement Learning based Power Allocation in Ultra-Dense Network

Jihoon Moon[°] Hyunsoo Kim Yongjun Ahn Byonghyo Shim^{°°}

Dept. of Electrical and Computer Engineering[°] Dept. of Electronics Engineering^{°°}

Seoul National University

{jhmoon, hskim, yjahn, bshim}@islab.snu.ac.kr

요약

본 논문에서는 최근 들어나는 데이터 전송 속도를 높이기 위해 도입한 고밀도 네트워크 환경에서 전력 할당 방식에 대해 논의한다. 높은 계산량과 복잡도를 줄이기 위해 심층강화학습을 활용해 고밀도 네트워크의 전력 할당 문제를 효율적으로 해결하고자 한다. 제안하는 기법은 Deep Q-Network를 활용해 네트워크의 합 속도를 최대화할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 보여준다.

1. 서론

본 논문에서는 최근 들어나는 데이터 전송 속도를 높이기 위해 도입한 고밀도 네트워크 환경에서 전력 할당 방식에 대해 논의한다. 하지만 Cloud Radio Access Network에서 고밀도 네트워크에서 전력 할당 문제를 해결하는 과정은 높은 계산량과 복잡도로 인해 최적화가 어렵다. 심층강화학습은 최근 몇 년동안 많은 무선통신 상황에 적용되어 왔다[1]. 따라서 본 연구에서는 C-RAN에서 심층강화학습을 활용해 고밀도 네트워크의 전력 할당 문제를 효율적으로 해결하고자 한다.

2. 본론

고밀도 네트워크 기지국 M 개와 K 명의 사용자가 있는 환경을 가정한다. 모든 기지국들은 중앙 처리 장치에 연결되어 있어 각 채널 정보를 전달하고 전력 할당 방식을 전달받는다. 기지국 번호를 $m \in \{1, 2, \dots, M\}$ 으로, 사용자 번호를 $k \in \{1, 2, \dots, K\}$ 으로 정한다. 일반적인 셀룰러 네트워크와 다르게 기지국 여러 개가 동시에 협력적으로 각 사용자에게 데이터를 전송할 수 있다고 가정한다. 기지국 m 와 사용자 k 사이의 채널 $h_{m,k}$ 는 다음과 같이 정의한다 [2].

$$h_{m,k} = PL_{m,k} * 10^{z_{m,k}(\frac{\sigma}{10})},$$

$$PL_{m,k} = 140.7 + 36.7 * \log_{10}\left(\frac{d_{m,k}}{1000}\right). \quad [dB]$$

이때, 각 사용자 별 데이터 수신 속도는 다음과 같다.

$$R_k = \log_2\left(1 + \frac{\sum_{m=1}^M \rho_{m,k} h_{m,k}}{\sum_{m=1}^M \sum_{j \neq k}^K \rho_{m,j} h_{m,j} + \sigma_n^2}\right).$$

여기서 $\rho_{m,k}$ 는 기지국 m 이 k 에게 전송하는 전력이다. 기지국 당 최대 전력은 P_{max} 로 제한되어 있다. 기지국 m 과 연결된 사용자의 집합을 U_m 이라 하면,

$$\sum_{k \in U_m} \rho_{m,k} \leq P_{max}$$

이다. 결론적으로, 풀어야 하는 문제는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P1: \max_{\{\rho_{m,k}\}} & \sum_{k=1}^K R_k, \\ \text{s. t. } & \sum_{k \in U_m} \rho_{m,k} \leq P_{max}. \end{aligned}$$

심층강화학습 위에 제시된 전력 할당 문제를 해결하기 위해 Deep Q-Network (DQN) 강화학습 기법을 적용한다 [3]. DQN은 특정 상태(state, s)와 행동(action, a), 보상(reward, r)를 토대로 심층 신경망 Q-Network를 학습시키는 방식이다. 상태를 채널 상태 정보(CSI)와 이전 전력 할당 상황, 행동을 현재의 전력 할당, 보상을 그에 따른 네트워크 합 속도(sum rate) 증가량으로 하면, 어떤 전력을 어느 사용자에게 할당했을 때 합 속도가 최대가 되는지를 학습할 수 있다. 위 값들을 메모리에 저장해 진행하면서 훈련 단계에서 일정 크기만큼 불러와 Q-Network 심층 신경망을 훈련시킨다. 이때 최적화해야 하는 값(loss)은

$$L = \left(r_t + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t) \right)^2$$

이다.

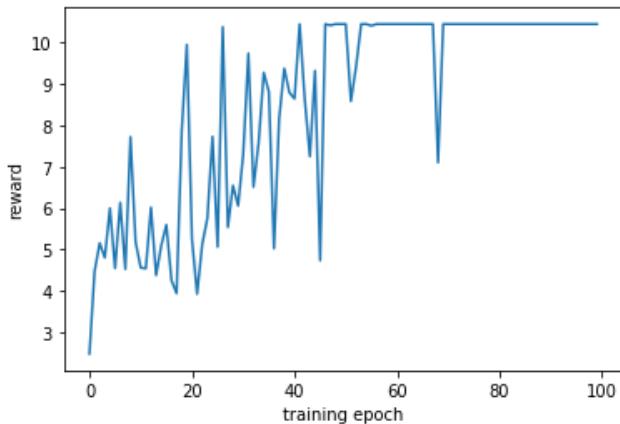


그림 1. Reward 변화 그래프

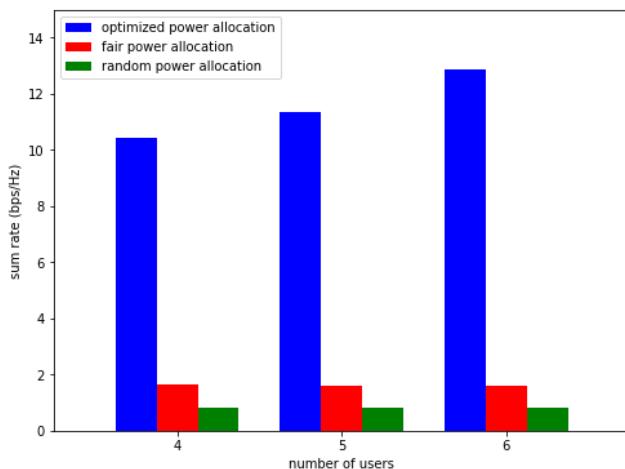


그림 2. 사용자 수에 따른 네트워크 합 속도 비교

시뮬레이션 결과는 그림 1, 2 와 같다. 그림 1을 통해 DQN을 훈련을 시킬수록 보상(네트워크 합 속도)이 늘어나는 것을 볼 수 있고, 그림 2를 통해 심층강화학습이 최적화한 전력 할당 방식이 다른 방식들을 넘어서는 것을 볼 수 있다.

3. 결론

UDN 환경에서 심층강화학습을 활용해 전력 할당을 최적화할 수 있는 것을 보았다. 한번 심층신경망이 훈련되고 나면 적용 시 계산량이 일반 최적화 알고리즘에 비해 작기 때문에 시간에 효율적으로 최적화할 수 있다. 이후 사용자가 많이 움직이는 상황이나 더 많은 사용자가 존재하는 환경에서 적용 해보는 것이 미래 과제이다.

ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음”
(IITP-2020-2017-0-01637)

4. 참고 문헌

- [1] O. Naparstek and K. Cohen, “Deep multi-user reinforcement learning for dynamic spectrum access in multichannel wireless networks,” in IEEE GLOBECOM 2017, pp. 1–7.
- [2] 3GPP TR 38.901 V16.0.0, “Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (Release 16),” Oct. 2019.
- [3] V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, A. A. Rusu, J. Veness, M. G. Bellemare, A. Graves, M. Riedmiller et al., “Human-level control through deep reinforcement learning,” Nature, vol. 518, no. 7540, p. 529, 2015.

구역형 집단에너지 마이크로그리드의 분산자원 안정화 특성지표 개발

김종원^o, 허세완, 박완기
한국전자통신연구원 IoT 연구본부

Development of Stability Indices for the Distributed Energy Resources in the Community Energy System-based Microgrids

Jong-Won Kim^o, Se-Wan Heo, Wan-Ki Park

Energy ICT Research Section, Electronics and Telecommunications Research Institute
jongwkim@etri.re.kr^o, sewany@etri.re.kr, wkpark@etri.re.kr

요약

구역형 집단에너지 마이크로그리드에 태양광발전시스템의 보급이 확대됨으로써, 간헐적 발전 특성을 갖는 태양광발전시스템이 구역형 집단에너지 마이크로그리드와 연계된 전력계통의 신뢰성과 안정성을 해소시키고 있다. 우리는 구역형 집단에너지 마이크로그리드와 연계된 전력계통의 안정화에 기여할 수 있는 구역형 집단에너지 마이크로그리드의 분산자원 안정화 특성지표를 개발할 필요가 있다. 본 논문은 우리가 개발한 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구성 방법을 기술하고, 분산자원 안정화 특성지표를 제시한다.

1. 서론

구역형 집단에너지 마이크로그리드는 에너지 소비 밀집 지역을 대상으로 열병합 발전 시설을 활용하여 일정 범위의 지역에 열과 전기를 공급하는 에너지 공급 사업자 시설에 신재생에너지 및 전기에너지저장장치(EES, Electric Energy Storage)를 포함한 다양한 분산자원을 추가 설치하는 계통연계형 마이크로그리드이다.

최근에 구역형 집단에너지 마이크로그리드에 태양광발전시스템의 보급이 확대됨으로써, 간헐적 발전 특성을 갖는 태양광발전시스템이 구역형 집단에너지 마이크로그리드와 연계된 전력계통의 신뢰성과 안정성을 해소시킬 수 있기 때문에, 우리는 태양광발전시스템이 구역형 집단에너지 마이크로그리드와 연계된 전력계통의 신뢰성과 안정성에 미치는 영향을 최소화하기 위하여, 전기에너지저장장치를 활용하여 태양광발전시스템의 간헐적 특성을 완화시키고, 발전 예측의 신뢰와 출력변동에 대한 대응능력을 확보할 수 있는 분산자원 안정화 특성지표를 개발한다 [1][2].

본 논문은 우리가 개발한 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구성 방법, 분산자원 안정화 특성지표를 제시한다.

2 장에서는 우리가 개발한 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구성 방법을 기술하고, 3 장에서 분산자원 안정화 특성지표를 제시하며, 마지막으로 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 태양광발전-전기에너지저장장치

연계시스템의 구성 방법

우리가 개발한 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구성 방법은 그림 1 과 같다. 그림 1에서 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템은 태양

광발전의 AC 발전과 에너지저장장치의 AC 출력이 병합되어 계통에 연결되는 구조이다.

스마트미터 SM3 는 태양광발전의 발전 전력과 전력량을 측정 및 수집하고, 스마트미터 SM2 는 태양광발전의 발전전력을 충전하거나 전력계통으로 방전하는 전기에너지저장장치의 충전 및 방전 전력과 전력량을 측정 및 수집한다. 스마트미터 SM1 은 태양광발전의 발전과 전기에너지저장장치의 출력의 합이 전력계통으로 출력되는 1 분단위 연계시스템 발전 전력과 5 분단위 연계시스템 발전 전력량을 측정 및 수집한다.

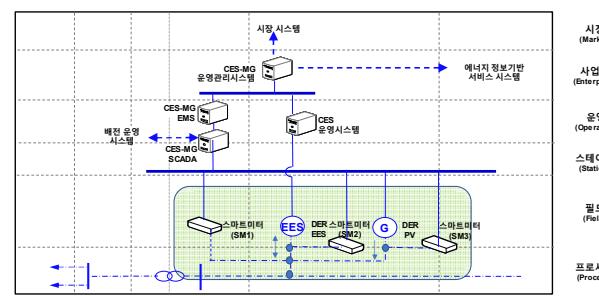


그림 1. 태양광발전-전기에너지저장장치
연계시스템의 구성 방법

3. 분산자원 안정화 특성지표

우리가 개발한 분산자원 안정화 특성지표는 분산자원 신뢰지표(DRI, Distributed energy resource Reliability Index)와 분산자원 변동지표(DVI, Distributed energy resource Variance Index)로 구성된다.

3.1 분산자원 신뢰지표

분산자원 신뢰지표는 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템 운영시 입찰한 발전량을 기준으로

실제 발전량이 유사하게 추종하는지를 나타내는 특성지표로서 이 표준에서는 입찰한 발전량과 실제 발전량을 5 분 단위로 비교하여 평균절대백분율오차(MAPE, Mean Absolute Percentage Error)를 통해 계산되는 값이며 다음 식(1)과 같다.

$$DRI_{MAPE} = \frac{100}{12} \sum_{i=1}^{12} \left| \frac{EO_{BID,i} - EO_{ACT,i}}{EO_{BID,i}} \right| \quad (1)$$

식(1)에서 DRI_{MAPE} 는 분산자원 신뢰지표이고, 예측 데이터와 실측 데이터의 절대 오차를 백분율로 나타내어 평균한 값인 평균절대백분율오차값으로 예측 데이터가 실제 데이터와 유사한 정도를 나타내는 방식이다. 1 시간 단위로 계산하는 값이며, 단위는 %이고, 값의 범위는 0 ~ 100 %이다.

PO_{BID} 는 입찰전력이고, EO_{BID} 는 입찰전력량이며, 5 분 단위의 변동형 파라미터이며, 단위는 kWh이며, 값의 범위는 0 이상이다. 그림 2에서 EO_{BID} 는 PO_{BID} 를 5 분 동안 누적한 값이다.

PO_{ACT} 는 연계시스템발전전력이고, EO_{ACT} 는 연계시스템발전전력량이며, 스마트미터(SM1)이 5 분 단위로 측정하고, 단위는 kWh이며, 값의 범위는 0 이상이다. 그림 2에서 EO_{ACT} 는 PO_{ACT} 를 5 분 동안 누적한 값으로서, DRI_{MAPE} 는 식(1)과 같이 매 시간 12 개의 EO_{BID} 와 EO_{ACT} 를 연산하여 합쳐서 평균을 낸다.

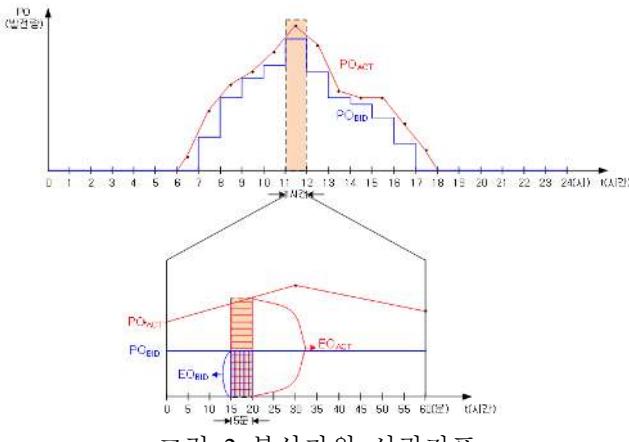


그림 2 분산자원 신뢰지표

3.2 분산자원 변동지표

분산자원 변동지표는 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템 운영시 태양광 발전의 설치용량을 기준으로 실제 발전량의 변화 정도를 나타내는 특성지표로서 이 표준에서는 실제 발전량의 변화를 1 분단위로 확인하여 평균절대백분율오차를 통해 계산되는 값이며 식(2)와 같다.

$$DVI_{MAPE} = \frac{100}{60} \sum_{i=1}^{60} \left| \frac{PO_{ACT,i} - PO_{ACT,i-1}}{PV_{CAP}} \right| \quad (2)$$

식(2)에서 DVI_{MAPE} 는 분산자원 변동지표이고, 1 시간 단위로 계산하는 값이며, 단위는 %이고, 값의 범위

는 0 ~ 100 %이다. 그럼 3에서 DVI_{MAPE} 는 식(2)와 같이 매 시간 60 개의 ($PO_{ACT,i} - PO_{ACT,i-1}$)를 PV_{CAP} 로 나누어서 합친후 평균을 낸다.

($PO_{ACT,i} - PO_{ACT,i-1}$)는 전력 계통으로 발전되는 분당 연계시스템 발전 전력의 변화량이고, 1 분 단위 변동형 파라미터이며, 단위는 kW이고, 값의 범위는 0 이상 또는 0 이하이다. 그럼 3에서 ($PO_{ACT,i} - PO_{ACT,i-1}$)는 현재의 PO_{ACT} 를 1 분 전의 PO_{ACT} 로 뺀 값이다.

PV_{CAP} 는 태양광발전 용량이고, 고정형 파라미터이며, 단위는 kW이고, 값의 범위는 0 이상이다.

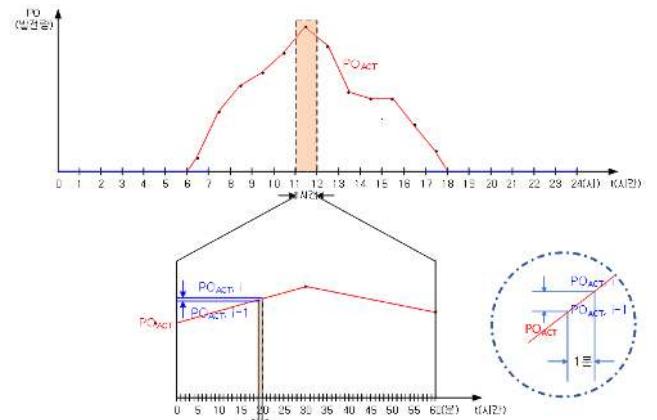


그림 3 분산자원 변동지표

4. 결론

본 논문은 우리가 개발한 태양광발전-전기에너지저장장치 연계시스템의 구성 방법을 기술하고, 분산자원 안정화 특성지표를 제시하였다. 본 논문에서 제시된 구역형 집단에너지 마이크로그리드의 분산자원 안정화 특성지표는 구역형 집단에너지 마이크로그리드와 연계된 전력계통의 안정화에 기여할 수 있다. 향후 연구 과제로는 구역형 집단에너지 마이크로그리드 실증운영시스템의 현장 적용에 대한 연구가 필요하다.

5. 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20191210301820)

6. 참고 문헌

- [1] Eamonn Lannoye, Damian Flynn, and Mark O'Malley, "Evaluation of Power System Flexibility," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 27, no. 2, pp.922-931, May 2012.
- [2] Junhyuk Kong and Jaesung Jung, "Development of Incentive Model for Photovoltaic Generators to Participate in a Day-ahead Electricity Market in South Korea," *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Asia*, pp.2898-2902, May 2019.

QEBA: 5세대 가상화 이동 네트워크에서의 게이트웨이 배치를 위한 QoE와 에너지 밸런싱 알고리즘

정준형[○], Yiwen (Chris) Shen^{○○}, 정재훈[○]

성균관대학교 소프트웨어학과[○], 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과^{○○}, 성균관대학교 소프트웨어학과[○]

QEBA: A QoE-Energy-Balancing Algorithm for Gateway Placement in 5G Virtualized Mobile Networks

Junhyeong Jeong[○], Yiwen (Chris) Shen^{○○}, Jaehoon (Paul) Jeong[○]

Dept. of Computer Science and Engineering[○], Dept. of Electrical and Computer Engineering^{○○}, Dept. of Computer Science and Engineering[○]

Sungkyunkwan University

Email: {gw4621, chrisshen, pauljeong}@skku.edu

Abstract

This paper proposes an algorithm that deploys virtual gateways in 5G mobile network systems to balance the Quality of Experience (QoE) of user equipment and the energy efficiency. This algorithm is called QoE-Energy-Balancing Algorithm (QEBA), and is evaluated in terms of round-trip time and energy usage, which is compared with an RTT-based algorithm and an energy saving algorithm.

1 Introduction

The development of Network Functions Virtualization (NFV) enabled the appearance of Virtualized Network Functions (VNFs) for various network services. In 5G mobile networks, VNFs can replace physical network devices used in the previous Long-Term Evolution (LTE) networks of the 3rd Generation Partnership Project (3GPP). VNFs of the user plane, including virtual gateways such as User Plane Function (UPF) [1], can be deployed to distributed edge clouds. Fig. 1 shows the structure of 3GPP 5G mobile networks to use virtual UPF (vUPF). A vUPF can be dynamically constructed and destroyed to adapt system performance. An algorithm that selects whether or not to deploy a virtual gateway for 5G mobile network systems can be applied to gain better efficiency. Previously, we proposed a random selection algorithm and a Voronoi-based selection algorithm for gateway selection in our previous research and evaluated these algorithms in terms of energy usage through simulation [2]. In this paper, we propose a new algorithm which considers both the Quality of Experience (QoE) of User Equipment (UE) and the energy usage of 5G mobile network systems, and evaluate it through intensive simulation.

2 Algorithms

Two algorithms for gateway selection are used as baselines for the comparison with the proposed algorithm. They are RTT-based algorithm and Energy saving algorithm.

2.1 RTT-based Algorithm

RTT-based algorithm is similar to the Voronoi-based selection algorithm in our previous work [2], but this RTT-based algorithm uses RTT from a Next Generation NodeB (gNB) to an edge cloud of the 5G mobile network systems. Once a packet is sent from a UE device to a gNB, the Euclidean distance between the UE and an edge cloud of the 5G mobile network systems may be insignificant in the End-

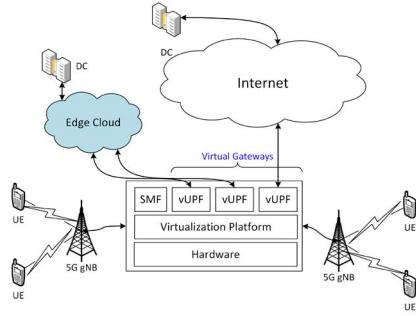


Figure 1: 5G Mobile Network Structure.

to-End (E2E) delay between the UE and the edge cloud. Instead, the delay between the gNB and the edge cloud of the 5G mobile network systems influences significantly the QoE of the UE. Thus, it is noted that the RTT from a gNB to an edge cloud of the 5G mobile network systems determines the QoE during the selection of a vUPF instance. RTT is measured by ping packets which are sent from a gNB and travel between the gNB and an edge cloud of the 5G mobile network systems. When a gNB serves a new UE, RTT-based algorithm selects an edge cloud of the 5G mobile network systems which has the shortest RTT from the gNB and establishes a GTP Tunnel from the UE to a gateway instance in the selected 5G mobile network systems.

2.2 Energy Saving Algorithm

An Energy Saving Algorithm (ESA) selects an edge cloud of the 5G mobile network systems whose energy usage would increase least when it accommodates another UE. After finding the edge cloud, ESA searches for the gateway instance in the 5G mobile network systems that will minimize the energy usage.

2.3 QoE-Energy-Balancing Algorithm (QEBA)

Our proposed algorithm is called QoE-Energy-Balancing Algorithm (QEBA), and has a threshold of the RTT between the gNB and an edge cloud of the 5G mobile network systems. Among edge clouds that have a shorter RTT than the

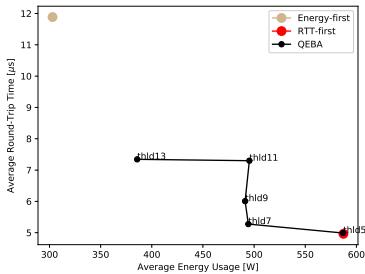


Figure 2: The Average RTT and Energy Usage of Algorithms.

threshold, QEBA selects the one with the least energy usage. If there is no edge cloud in 5G mobile network systems that satisfy the condition, QEBA increases the threshold by $0.5\mu s$ and tries to find a satisfying edge cloud. When it finds an edge cloud that satisfies the condition, it selects a gateway instance that increases the least energy usage from the 5G mobile network systems.

3 Performance Evaluation

3.1 Environment and Assumptions

Our simulation focuses on edge clouds and the placement of virtual gateway instances in the user plane. A vUPF represents a virtual gateways in the simulation. The specific amount of energy usage is based on an existing work [3]. OMNeT++ 5.5.1 [4] is used for the simulation in Ubuntu 18.04.3, where some of the tools are modified for the virtual network environment. In the simulation, there exist nine gNBs, six 5G mobile network systems that can create at most ten vUPF instances and serve a thousand UEs. For more reality, 30% of the UEs stay around the center of the map used in the simulation, and others (i.e., 70%) are scattered around the whole area. Among scattered UEs, 40% of them move with a speed pattern of a vehicle (i.e., a uniform random speed between 10m/s and 25m/s), and the other 30% move with the speed pattern of walking or running (i.e., a uniform random speed between 0m/s and 2m/s). The width and height of the area are 1000m, respectively, which make the area 1km².

3.2 Analysis on Simulation Results

There are several versions of the proposed algorithm according to the RTT threshold. The algorithm named *thld7* has the threshold of $7\mu s$, and *thld9* has the threshold of $9\mu s$, and so on. Fig. 2 shows the performance of the proposed algorithms when the number of UEs is one thousand. The proposed algorithms have a much shorter RTT than the ESA and have less energy usage than RTT-based algorithm. QEBA tends to have less RTT and more energy usage when the threshold becomes lower. Figs. 3(a) and 3(b) show the performance of *thld7* and *thld13* as the number of UEs increases. In Fig. 3(b), when the number of UEs is 200, the proposed algorithms show sudden increase in average energy usage. As shown in Fig. 3(a), this algorithm guarantees lower RTT than the threshold for every UE number. How-

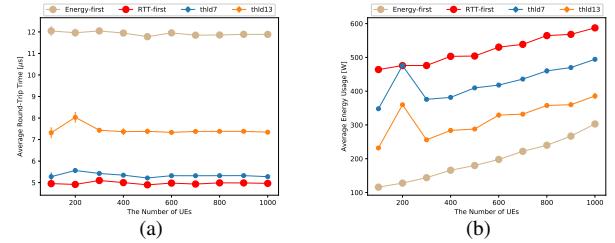


Figure 3: Impact of the Number of UEs. (a) The Number of UEs vs. Average RTT, (b) The Number of UEs vs. Average Energy Usage.

ever, as shown in Fig. 3(b), it does not guarantee linear increase in energy usage. QEBA selects a vUPF that will have lowest increase in energy usage whenever a connection request from a new UE arrives, but it cannot optimize the energy usage thoroughly. It is observed that RTTs of QEBA are lower than that of the threshold and its energy usage is better than the RTT-based algorithm's.

4 Conclusion

This paper proposes a QoE-Energy-Balancing Algorithm (QEBA) to select gateway instances for UEs in 5G environments regarding the balance between the energy usage of the service provider and the QoE of the UEs. It is shown that the proposed algorithm outperforms two baselines through simulation. By using a threshold for the RTT and considering the corresponding energy usage, the tradeoff between the QoE and the energy usage could be adjusted. As future work, we will try to make an algorithm which can minimize the total energy usage while considering the QoE of the UEs.

5 Acknowledgments

This work was supported by NRF grant (2017R1D1A1B03035885) and IITP grant (2019-2017-0-01633). Note that Jaehoon (Paul) Jeong is the corresponding author.

References

- [1] 3GPP. *System Architecture for the 5G System (5GS); Stage 2*. Technical Specification (TS) 23.501. Version 16.3.0. 3rd Generation Partnership Project (3GPP), Dec. 2019.
- [2] H.-S. Kim, S. Jeon, and J. P. Jeong. “Simulation of Virtual Gateway Placement with User QoE Enhancement for 5G Mobile Networks”. In: *Proceeding of KMMS Spring Conference*. Vol. 22. Korea Multimedia Society, May 2019.
- [3] R. Krishnan, T. Hinrichs, D. Krishnawamy, et al. “Policy-based Monitoring and Energy Management for NFV Data Centers”. In: *2015 International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet)*. Dec. 2015, pp. 10–17.
- [4] OMNeT++, Discrete Event Simulator. URL: <https://www.omnetpp.org>.

전광변조기를 이용하여 주파수 상향 변환된 레이다 신호 생성

Sungjun Yoo[°], Minwoo Yi[°], Youngseok Bae[°], Jeongbin Nam[°], Jinwoo Shin[°]

국방과학연구소 국방첨단기술연구원 양자물리기술부

sj_ryu@add.re.kr

1. 서론

최근 원격 감지 시스템의 성능에 대한 요구가 높아짐에 따라 기존 탐지 및 감시정찰로 제한되었던 레이다 시스템의 응용분야는 다기능 및 다중 대역 감시 등의 성능의 고도화에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 레이다를 포함한 전자소자를 이용한 시스템의 기술적 한계를 극복하기 위해 광자기반 마이크로파 기술(Microwave photonics)이 제안되었다. 제안된 광자기반 마이크로파 기술은 광대역, 전자파 장애(EMI)에 대한 내성, 낮은 손실 및 낮은 전파왜곡 및 높은 주파수 유연성 등의 장점을 가지고 있다 [1, 2].

본 논문에서는 광자기반 마이크로파 레이다 시스템에 사용되는 전광변조기를 이용한 레이다 신호 생성 기술을 제안한다. 제안된 신호 생성 기술을 이용하여 높은 주파수 유연성과 낮은 위상 잡음 특성을 갖는 전광변조기 기반의 레이다 시스템 설계가 가능함을 확인하였다.

2. 본론

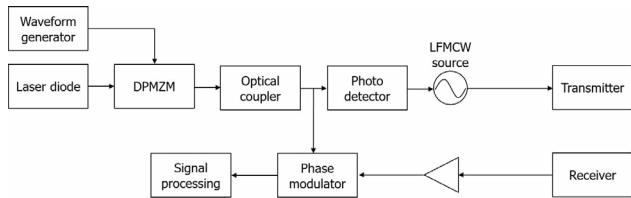


그림 1. 전광조기 기반 레이다 시스템

그림 1은 전광변조기 기반 레이다 시스템의 구성도를 보여준다. 제안된 시스템은 파형발생기와 레이저 소스를 이용하여 전광변조기 기반 RF 신호를 생성하며, 이를 DPMZM(dual-parallel Mach-Zehnder modulator)에 연결하여 최종적으로 기준신호를 원하는 주파수로 채배한다. 이와 같은 과정으로 생성된 LFMCW(linear frequency modulated continuous wave) 파형을 송신안테나에 인가하여 신호를 내보내며, 표적 물에 반사된 신호가 수신안테나로 들어오게 된다. 송신 및 수신된 신호를 비교하여 신호처리 과정을 거치게 되면 표적물의 위치 및 속도 등의 정보를 획득할 수 있다.

그림 2는 제안된 레이다 시스템의 성능을 확인하기 위한 실내 시험구성 및 생성된 신호파형을 보여준다. 생성된 신호파형의 x 축은 sampling 시간을 의미하며, y 축은 신호의 파형 레벨을 보여준다.

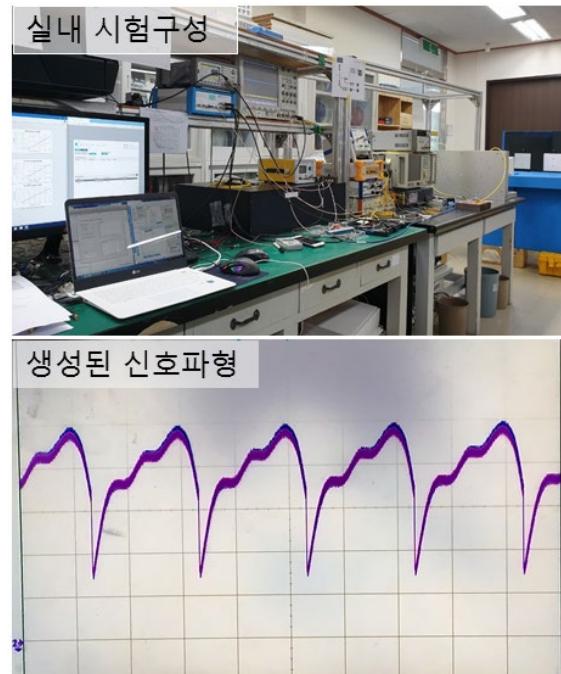


그림 2. 제안된 레이다 신호 파형 구현 사진

제안된 전광변조 기반의 레이다 시스템은 생성된 신호파형을 이용하여 표적물의 움직임에 따라 표적의 거리 정보를 획득하는 것을 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서는 전광변조기 기반 마이크로파 레이다 시스템에 사용 가능한 신호파형을 도출하였으며, 이를 이용하여 전광변조기 기반 레이다 시스템을 설계하여 실내 시험을 통해 성능을 확인하였다.

4. 참고 문헌

- [1] A. J. Seeds, "Microwave photonics," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 50, no. 3, pp. 877-887, Mar. 2002.
- [2] J. Yao, "Microwave photonics: Photonic generation of microwave and millimeter-wave signal," *Int. J. Microw. Opt. Tech.*, vol. 5, no. 1, pp. 16-21, Jan. 2010.



<http://jcci.kr>