

재난조사 활용을 위한 MPR기반 무선통신 전송 성능 평가

김성삼, 신동윤*, 노현주
국립재난안전연구원 재난원인조사실

Transmission Performance Evaluation of MPR-based Wireless Communication System Applying for Disaster Investigation

Seong Sam Kim, Dong Yoon Shin*, Hyun Ju, Noh
Division of Disaster Scientific Investigation, National Disaster Management Research Institute

요약 무선통신 네트워크의 끊임없는 접속 기술은 네트워크 사용자에게 서비스 지속성을 담보할 수 있으므로, 네트워크 서비스가 단절되는 상황을 극복해야 하는 재난 상황에서는 반드시 필요하다. MPR(Multiple Path Router)은 복수 통신망을 이용한 고성능 데이터 전송과 가상 사설망(VPN) 기반의 무선 IP 네트워크에서의 네트워크 보안을 제공함으로써 특히 네트워크 장애가 발생할 수 있는 재난사고 환경에서 네트워크 안정성과 운용성을 향상시킬 수 있는 기술이다. 본 논문에서는 재난사고 현장조사에서 무선통신망 운용성능을 개선하기 위하여 MPR기반의 무선통신망 프로토타입을 제안하였으며, 실제 기존의 단일 무선통신망 체계와의 다양한 데이터 전송성능에 대한 비교실험을 수행하였다. 성능평가 실험은 기존/신규 무선통신체계에서의 데이터 패킷 송·수신 성능과 신규 MPR의 전송 능력을 파악하기 위해 기존/신규 단일 라우터 환경에서의 UDP 전송성능을 주요 시간대(오전/오후/야간)별로 측정한 후 평가하였다. 이 실험을 통하여 기존 단일 무선통신 체계에 비해 약 2배 이상의 송수신 성능이 개선됨을 확인할 수 있었으며, 제한한 프로토타입 시스템을 활용하여 재난사고 현장조사시 보다 신속하고 효율적으로 현장 자료 공유와 전파가 가능할 것으로 판단된다.

Abstract Seamless wireless communication network access technology enables users to guarantee service continuity. Hence, it is necessary for disaster situations in which network service may be interrupted. The Multi-path router is a technology to improve network stability and strengthen field operability, particularly in a disaster environment where network failure can occur by providing high-performance data transmission using multi-communication networks and network security by VPN-based wireless IP. In this paper, a prototype system for an MPR-based wireless communication network was proposed to improve the operation performance for disaster field investigation applications. A comparative experiment was performed on various data transmission performances with the existing single wireless communication network. In addition, another experiment was conducted by measuring the data packet transmission and receiving performance in the existing/new wireless communication system first and then assessing the UDP transmission performance in a single router environment to understand the transmission capability of the new MPR. The experimental results showed that the sending and receiving performance was improved by approximately double that of the existing single wireless communication system. The proposed prototype system is expected to allow users to share and disseminate collected on-site data more quickly and efficiently during a disaster site investigation.

Keywords : Disaster Field Investigation, Wireless Communication, Multiple Path Router, Transmission Performance, Collected On-site Data Sharing

본 논문은 국립재난안전연구원의 연구과제(주요 2018-05-01)로 수행되었음.

*Corresponding Author : Dong Yoon Shin(National Disaster Management Research Institute)

email: sdy718@korea.kr

Received December 28, 2020

Revised February 4, 2021

Accepted March 5, 2021

Published March 31, 2021

1. 서론

최근 급진적인 난개발과 도시화, 전세계적인 기후변화로 인적·사회적 영향을 미치는 재난 유형이 점차 다양해지고, 재난으로 인한 피해 규모나 빈도도 증가하고 있다.

국가적인 대형 자연·사회재난이 발생하면 재난 원인에 대한 과학적인 조사와 정확한 원인 규명, 신속한 재난피해 규모 파악과 피해복구 계획 수립 등 향후 유사재난 재발 방지를 위한 다양한 노력들이 수반된다. 또한, 재난 대응 단계에서는 체계적인 재난관리시스템의 구축·운영을 통해 적시적인 재난 상황 파악과 현장상황에 대한 실시간 공유를 통해 시의성있게 재난 의사결정을 지원하도록 하고 있다[1-3]. 이러한 대규모 자연·사회재난 상황에서는 핵심 기반시설의 파손이나 붕괴로 인해 통신 서비스가 제한될 수 있기 때문에 기존의 통신망 장애시 비상 체제로 신속하게 전환할 수 있는 국가 재난안전통신망 구축이 필요하다.

행정안전부 국립재난안전연구원(NDMI : National Disaster Management research Institute, 이하 NDMI)에서는 재난사고 현장의 신속하고 적시적인 상황 판단과 현장정보 공유, 반복적인 재난사고에 대한 과학적인 원인 규명과 재발 방지, 자연재해로 인한 대규모 피해 현황과 피해 규모 파악 등 국가 재난사고의 선제적인 대응 지원을 위해 재난조사 특수차량, 드론 등을 연계한 재난사고조사시스템을 개발하여 재난사고 현장조사에 활용하고 있다[4-9]. 재난조사 특수차량과 연결된 가상 사설망(VPN, Virtual Personnel Network)과 상용 LTE 통신망을 이용하여 재난현장에서 수집·분석된 조사 자료와 정보를 연구원과 공유할 수 있도록 인프라를 구축·운영하고 있다. 그러나, 재난 현장에서 단일 LTE 통신망을 이용하는 현재 통신 환경에서 고해상 영상이나 분석 자료 등 수집 데이터가 증가하게 되면 데이터 전송 성능에 비해 통신 속도가 현저하게 떨어지고, 라우터 재부팅시 네트워크 연결이 지연되는 문제점이 발생하여 효율적으로 현장자료를 공유하기 위한 네트워크 성능 개선이 필요하게 되었다[10].

따라서, 본 논문에서는 재난사고 현장조사에서 운용성능을 개선하기 위하여 복수통신망(Multiple Path Router, 이하 MPR) 기반의 무선통신 프로토타입을 제안하고, 기존의 단일 무선통신망을 이용한 재난사고 현장조사 체계와의 전송성능 비교 분석을 통해 재난조사 활용 가능성을 평가하고자 한다.

2. 재난안전통신망의 기술적 고찰

2.1 국가 재난안전통신망 구축현황

「재난 및 안전관리기본법」 상의 재난안전통신망은 재난관리 책임기관이나 긴급 대응기관이 재난관리나 재난 현장 지휘 업무에 통합적으로 활용하기 위해 구축·운영하는 통신망으로, 평상시에는 치안 및 안전관리 용도로, 각종 재난 발생시에는 상황전파, 구급·구조 및 사고대응, 수습, 복구 등 재난관리를 효율적으로 수행하고자 재난 유관기관들이 공동으로 활용할 수 있는 국가 기반시설 통신망이다. 국가 재난안전통신망은 국민의 생명과 안전, 재산보호 등의 공적 업무를 위한 통신 시스템으로, 일반 유무선 통신 기능과 함께 직접·그룹 통신과 같은 특수기능이 필요하다. 특히, 재난상황에서 신속하고 신뢰할 수 있는 서비스 제공을 위해 통신망의 생존성, 재난 대응성, 보안성, 상호 운용성, 운영 효율성 등이 보장되어야 한다 [11].

재난안전통신망 기술에는 디지털 주파수 공용통신인 TRS(Trunked Radio System), 전문 업무용 무선 통신 규격인 테트라(TETRA, Terrestrial Trunked Radio) 방식을 비롯하여 Wibro, VHF(Very High Frequency), UHF(Ultra High Frequency), iDEN(integrated Digital Enhanced Network)와 같은 무선망 방식이 주로 채택되고 있다. 2014년 미래창조과학부는 국가 재난안전통신망 기술방식을 공공안전-LTE(Long Term Evolution) 방식으로 채택하였다[12]. 행정안전부는 2018년부터 전국을 중부, 남부, 수도권 등 3개 권역으로 나눠 경찰·소방·지자체가 공동 사용할 수 있는 PS-LTE (Public Safety-Long Term Evolution) 기반의 전용망을 단계별로 구축하고 있다. 서울·대구·제주 센터간 3원화, 장비 용량성 확보, 주요 통신노드와 전용회선의 이중화 전용망이 구축되며, 지역별 설치기준, 통신 커버리지, 통화 폭주 등을 고려한 고정기지국의 배치와 재난 현장, 긴급 통화 용량의 확대가 필요한 적시적소에 이동기지국을 설치하여 신속한 재난 상황파악과 효과적으로 재난에 대응하도록 추진하고 있다[13].

2.2 복수통신망의 무선 안정화 기술

2.2.1 복수통신망의 정의

통신 서비스와 같은 사회기반시설의 정상적인 가동이 어려운 재난현장 상황에서는 안정된 무선통신망 확보를 위한 다양한 방안들이 모색되고 있다. 가령, 테트라,

Wibro, VHF, UHF, iDEN과 같은 무선망 방식을 혼용하거나 LTE-WiFi 간의 결합, 소프트웨어기반의 WAN(Wide Area Network) 제어·관리 기술 등이 적용되고 있다. 또한, 센서 네트워크 내에서 효율적인 브로드캐스팅을 위해 간섭을 최소화하도록 다점 릴레이 방식(Multi-Point Relay)으로 채널을 할당하는 방법도 제안되었다[14].

이와 같이 MPR 기술은 복수의 네트워크, 즉, WiFi, 3G, LTE 등의 이종 네트워크 구성이 가능한 라우터를 채택하여 무선통신망 서비스의 안정화를 확보하는 기술로, 복수 네트워크를 이용하여 고성능 데이터 전송과 가상사설망 기반의 강력한 무선 IP 네트워크 보안과 자료 전송 안정성, 데이터 전송 성능을 개선할 수 있다.

2.2.2 MPR의 데이터 전송 방식

MPR에서는 복수의 네트워크 링크(link) 중 가장 좋은 전송 품질의 링크는 활성화(active link)하고, 나머지 품질이 낮은 링크들은 대기 링크(standby link)로 구분하여 데이터 전송 부하를 분산하는 특성이 있다. MPR의 전송 방식은 크게 2가지 모드로 구분된다. 첫째, 링크 가용성에 따른 handover(HO) 모드로, 가장 좋은 전송 품질이 예측되는 단일 네트워크 링크를 활용하여 데이터를 전송한다. 단일 네트워크 링크 상에서 동작(데이터 전송 중) 중이면, 다른 네트워크 링크들은 데이터를 전송하지 않고 예비 링크로 대기한다.

둘째, 링크 품질에 따른 Load balancing(LB) 모드로, 이 때 각 네트워크 링크는 측정된 링크의 품질 지수에 따라 패킷 단위로 데이터를 나누어 전송하는 방식이다. MPR 방식은 HO 모드와 LB 모드를 모두 적용할 수 있으나, 본 연구에서는 weighted round robin 방식으로 3개의 LTE 네트워크를 통해 패킷을 전송하는 LB 모드를 채택하였다. 데이터 패킷은 가상의 터널링 인터페이스로 전달되고, weighted round robin 방식으로 3개의 물리

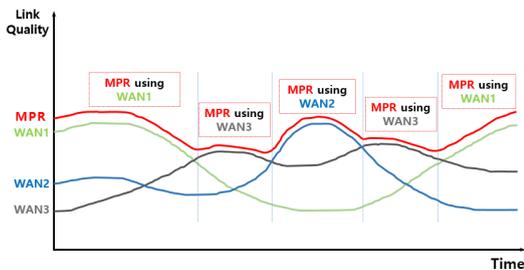


Fig. 1. Network transmission performance at optimal link mode

적 인터페이스(SKT, KT, LG U+)의 링크 품질 가중치에 따라 순차적으로 선택하여 가중치에 따른 패킷량을 전송하는 방식이다. Fig. 1과 같이 LB 모드에서 최적 품질의 링크를 선택함으로써 데이터 전송 성능을 향상하고자 하였다[9].

2.2.3 네트워크 링크간 전송품질 측정

MPR의 네트워크 링크간의 전송 품질은 흔히 ping 응답시간이라 불리는 RTT(Round Trip Time), 기지국과의 무선 신호세기(RSSI), 기지국 유형 등 3가지 기준으로 평가한다. 이 중 RTT가 링크간 데이터 전송 품질에 가장 큰 영향을 주는 요소로 알려져 있다. 이 요소들의 성능을 측정하여 각 네트워크 링크별 실제 데이터 전송 예측 실험을 수행하고 있다. 본 논문에서는 RTT 요소를 활용한 링크 품질 측정 모델을 기반으로 모바일 라우터와 모바일 게이트웨이간의 데이터 전송 성능을 측정함으로써 개발된 프로토타입의 무선통신 품질을 평가하였다.

3. MPR기반 무선통신 프로토타입 개발

3.1 기존 무선통신 환경 분석과 문제점

기존의 국립재난안전연구원의 재난현장 무선통신 체계는 단일 LTE-VPN망을 이용하여 재난현장의 조사차량량과 연구원의 상황실, 원내 관련 시스템들의 통신체계를 연결하고 있다. 재난 현장과의 재난정보 공유체계는 조사차량과 연구원간 VPN 내의 각 통신노드들을 LAN 방식의 단일 무선통신망 라우터를 통해 서버/클라이언트 형태로 구축되어 있다. 조사차량에 LTE-VPN 라우터와 연구원 원내에 VPN 라우터를 설치하고, 조사차량별 임무

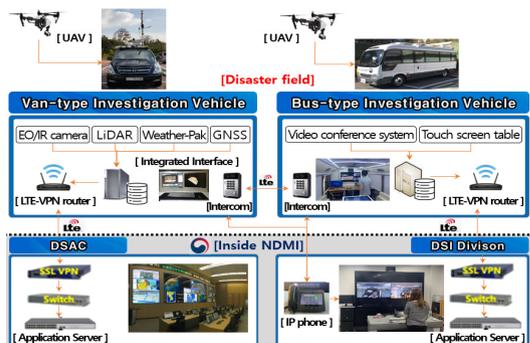


Fig. 2. Existed disaster investigation sharing system at NDMI

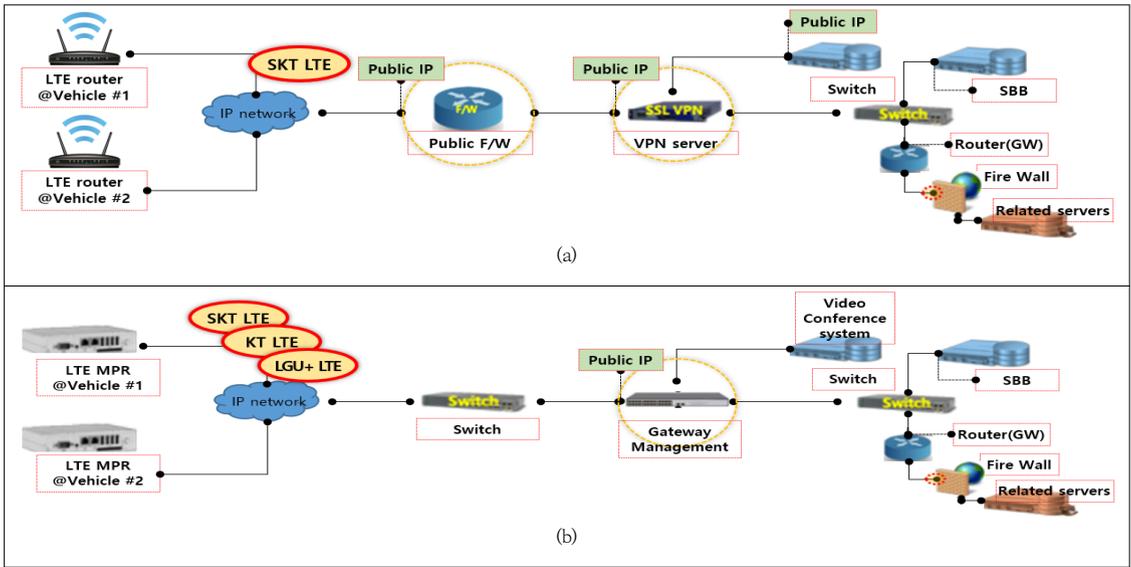


Fig. 3. Conceptual comparison of wireless communication for data sharing : (a) Existed a LTE router-based network, (b) MPR-based network proposed in this study

와 운용 특성을 고려하여 특수 조사차량은 연구원내 스마트상황관리시스템과, 다목적조사차량은 연구원내 재난 원인조사실의 화상회의시스템과 연결되어 있다(Fig. 2, Fig. 3(a))[10].

그러나, 재난 현장에서 단일 LTE 통신망을 이용하는 통신 환경에서 고해상 영상이나 대용량 분석 자료 등 현장 수집 데이터의 전송 양이 폭증하면 무선 대역폭에 부하가 걸려 통신 속도가 현저하게 떨어지는 문제가 발생하고 있다. 또한, 통신 음영지역이나 기지국과 연결이 끊어지는 경우, 라우터가 새로 부팅되면서 수 분동안 무선 통신 접속이 지연되기도 한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 단일 LTE 무선통신망의 한계를 극복하기 위해 하나의 무선통신망이 단절되더라도 차선의 무선망이 가용한 MPR기반의 무선통신망 프로토타입을 제안하였다.

3.2 프로토타입 시스템 구성과 기능

재난조사 무선통신 프로토타입은 크게 국립재난안전연구원 내부 전산실에 설치되는 게이트웨이(gateway) 관리시스템과 각 조사차량 내에 탑재되는 모바일 라우터(mobile router)로 구성된다(Fig. 3(b), Fig. 4).

3.2.1 게이트웨이 관리시스템

게이트웨이 관리시스템은 재난현장에서 운용중인 조사차량과 연결된 인터넷망을 통해 화상회의시스템간 영

상 통화나 영상 아카이빙 서버로 데이터를 전송할 때 복수 LTE망을 통해 게이트웨이 시스템에서 데이터 패킷을 수신받아서 순차적으로 이를 저장한 후 최종 목적지 시스템(화상회의나 자료 아카이빙 서버)으로 전달한다(Fig. 4-(a), (c)). 아울러, 모바일 IP 지원을 위한 L3 터널링 기능을 통해 데이터 패킷 전송시 네트워크 보안과 VPN 구성이 가능하도록 지원하며, 모바일 라우터에 수집·저장된 데이터 패킷 분석도 가능하다. 추후, 추가적인 현장 조사 차량의 운용으로 차량과 연구원간의 데이터 트래픽이 급증하게 되면 컴퓨터 메모리와 같은 HW 증설도 검토할 필요가 있다.



Fig. 4. Development of pilot system : (a) Gateway management system (b) MPR (c) VPN/data archiving server (d) Multi-path mobile router connected with 3 data sharing modems mounted on the special investigation vehicle

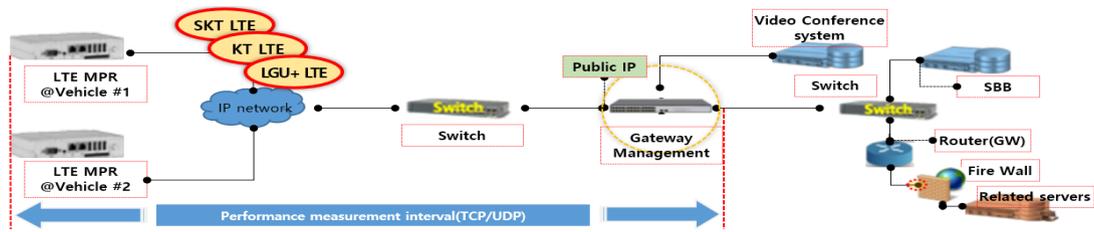


Fig. 5. Communication link interval for measuring wireless communication performance

3.2.2 모바일 MPR

현장에서 운용되는 조사차량 내부에 탑재되는 모바일 라우터(Fig.4-(b),(d))는 산업용 PC 형태(Table 1), 복수의 LTE 무선망(SKT, KT, LG U+)과 연동되어 재난현장에서 이동하는 무선 AP 역할을 수행한다. 본 연구에서는 복수의 LTE 무선망 연동을 위해 3개 LTE 모뎀이 탑재된 모바일 라우터와 신규 VPN 서버, 연동가능한 게이트웨이 관리시스템을 구축하였다. MPR기반 무선통신 프로토타입은 3개의 LTE 무선망을 동시에 사용하므로 단일 LTE 무선망에 비해 상대적으로 끊임없이 데이터를 송수신하는 통신환경을 제공함으로써 현장의 데이터 전송 성능을 개선할 수 있다.

Table 1. Specifications of Gateway management device and Mobile router used in this study

Device	Description	
Gateway management system	CPU	4 core or more
	Memory	32GB DDR or more
	Storage	1TB or more
	Power	110~220V AC Power, 290W
	Endurance	Temperature: 10~30℃ Humidity: 5~95% non-condensing
	Size	4.3×43.5×38.2cm, 8.7kg
Multi-path mobile router	CPU	Intel Atom N2800, 1.86GHz
	Memory	2GB DDR onboard
	Storage	32GB
	Ethernet	2GB Ethernet
	Power	9~24V DC Power voltage
	Endurance	Temperature: 0~60℃ Humidity: 10~85% non-condensing
Size	3.2×10.8×16.1cm, 0.7kg	

4. 프로토타입 성능평가 실험 및 결과

4.1 무선통신 성능측정 구간 설정

구축된 프로토타입의 성능측정 구간은 차량 내 모바일 라우터와 연구원의 전산실 내에 구축한 모바일 게이트웨이

이 관리시스템 간으로, 이 구간의 데이터 송·수신 성능을 측정하였다. 이를 위해 게이트웨이 시스템에 데이터 트래픽 전송량 측정 툴 iperf를 설치하였으며, 모바일 라우터에서 UCP/TCP 트래픽 데이터를 모바일 게이트웨이로 전송하여 결과를 측정하였다. 현재 재난사고 조사차량의 운용 목적상, 발생하고 있는 데이터 전송 형태가 차량(현장)에서 연구원 내부로 업로드 형태임을 감안하여 이 구간의 업로드 데이터 전송 성능을 측정하였다(Fig. 5).

4.2 성능 측정 실험 방식

프로토타입 무선통신 성능 측정 실험은 크게 3가지 조건에서 진행했다. 기존/신규 무선통신체계에서의 데이터 패킷 송·수신 성능과 화상회의, 현장 영상자료의 주 프로토콜인 UDP 무선 전송과 복수 인터페이스를 활용하는 MPR의 전송 능력을 파악을 위해 기존/신규 단일 라우터 환경에서의 UDP 전송성능을 시간대(오전/오후/야간)별로 측정 후 평가하였다.

첫째, 기존의 SKT 단일 통신망과 SKT, KT, LG U+ 3사의 복수 통신망을 사용하여 특수차량 LTE 라우터에서 연구원내 서버까지의 UDP/TCP 트래픽 업로드 전송 성능을 iperf로 1초 간격으로 10회씩 실험 조건별로 총 5~10번 측정하였다. 측정 시간대는 12월 4일 14:00~18:00시, 19:00~20:00시와 12월 13일 11:00~12:20분으로, UDP의 경우 LTE 라우터에서의 송신 트래픽을 기준으로 측정하였다.

둘째, UDP는 데이터 패킷 송·수신을 보장하기 어렵기 때문에 UDP 데이터가 전송되는 동안의 미수신 패킷 비율(packet loss)을 측정하여 무선통신망 전송 성능을 평가하였다.

마지막으로 첫 번째와 동일한 실험환경에서 UDP 업로드 전송 성능을 측정하였으며, 연구원내 서버에서의 수신 트래픽을 기준으로 측정하였다. 이 때 측정 시간대는 12월 19일 11:00~12:20분으로 설정하였다.

4.3 무선통신 성능측정 실험결과

4.3.1 TCP/UDP 데이터 전송 성능평가

기존 단일망과 본 연구에서 제시한 복수 무선통신망 환경내에서 특수차량 LTE 라우터에서 연구원내 서버까지의 UDP와 TCP 트래픽 전송 성능에 관한 실험을 수행하였다. 기존의 단일 무선통신망(SKT)과 본 연구에서 제안한 MPR 기반의 프로토타입 시스템간의 전송 성능을 비교한 결과, MPR이 기존의 SKT 단일 무선통신망에 비해 약 2배 정도 전송 성능이 향상됨을 확인하였다(Table 2).

Table 2. Comparison results for data transmission performance between the existed router and proposed MPR

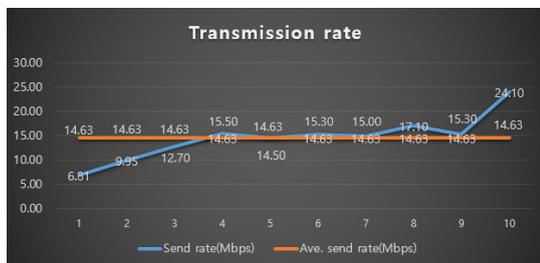
Case	Provider	Test time	Protocol	Num. of test	Aver. bandwidth (Mbps)
I	SKT	14:00-15:00	UDP	10 times	27.5
	SKT,KT,L GU+	15:00-16:00		10 times	61.8
II	SKT	16:00-17:00	TCP	10 times	14.6
	SKT,KT,L GU+	17:00-18:00		10 times	27.1
III	SKT	19:00-19:20	UDP	5 times	34.1
	SKT,KT,L GU+	19:20-19:40		5 times	74.4
IV	SKT	19:40-20:00	TCP	5 times	11.5
	SKT,KT,L GU+	20:00-20:20		5times	23.2

Fig. 6은 단일 무선통신 네트워크(SKT)와 MPR 기반의 프로토타입 시스템간의 10회에 걸쳐 실험(case II)한 TCP 데이터 평균 전송 성능 측정 결과로써, 기존 전송속도(14.6Mbps)보다 본 논문의 MPR 기반 무선통신망의 전송 속도(27.1Mbps)가 약 2배의 성능이 개선됨을 보여주고 있다.

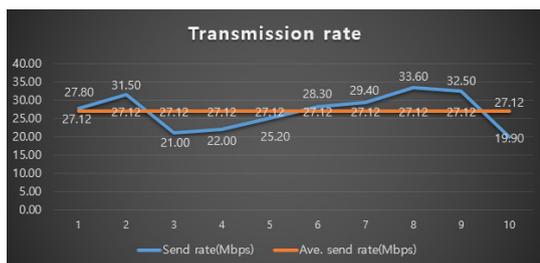
4.3.2 UDP 데이터 수신 성능 평가

연구원 조사차량에서 수집된 재난 현장의 영상 데이터는 주로 UDP 프로토콜로 연구원내 서버와 응용시스템으로 송수신된다. 따라서, 화상회의시스템과 같은 실시간 응용시스템에서 UDP 통신 데이터가 제대로 수신되지 않거나 패킷 수신율이 낮게 되면 영상 흐림이나 끊김, 노이즈 등 영상 품질이 떨어질 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 기존 LTE 라우터와 신규 MPR LTE 라우터간의 UDP 트래픽 송·수신 비율을 측정하여 UDP 전송 성능을 평가하였다(Table 3). UDP의 목표 전송 성능대비 실제 전송량을 업링크 조건에서 측정했을 때, 기존 단일 네트워크와 제안한 프로토타입 무선통신 환경에서 거의 동일한 성능을 보였다. 다만, 목표 노드에서의 패킷 수신율은 제안한 MPR LTE 라우터가 다소 우수한 성능을 보였다. 목표 성능이 2Mbps일 때 기존 라우터에서는 최종 도착 노드(destination)에서의 데이터 패킷 손실이 24%에 달했으나, 제안한 MPR LTE 라우터에서는 패킷 손실이 4.3%에 그쳤다. 그러나, 목표 전송 성능이 4Mbps 이상일 경우에는 최종 도착지점에서의 UDP 패킷 수신 성능이 두 환경 모두 약 50% 전후로 저하됨을 알 수 있었다. 아울러, 1개의 SKT 인터페이스 환경에서 기존 LTE 라우터와 MPR LTE 라우터의 LB 모드로 UDP 패킷을 전송했을 때 overhead가 크게 나타나지 않았다. 1개의 LTE 인터페이스에서 전송할 수 있는 패킷은 2Mbps 내외 정도로 복수의 인터페이스를 통해 LB 모드에서 데이터 패킷을 전송하는 방식이 타당함을 확인할 수 있다.

한편, iperf에서 측정된 UDP 패킷 손실율(loss rate)은 미도달 패킷과 최종 노드로 수신된 비순차적인 패킷까지 포함된다. UDP의 전송 프로토콜 정책상, 패킷 송수신 신뢰성과 순차적인 패킷 전송을 보장하기 어렵고, 무선통신 네트워크 환경에서는 사용자가 제어하기 어려운 한계가 있다. 따라서 Table 3에서 UDP 패킷량 증가로 발생한 손실율을 줄이면서 전송 성능 향상 확보하기 위해, 무선 네트워크 품질 측정 모델을 개선하거나 패킷을 순차적으로 재편할 수 있도록 LB 스케줄링 정책을 개선하는 방안이 검토될 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 6. Results of TCP data transmission rate measurement in the case II : (a) Existed SKT LTE router (b) Proposed multi-path router

아울러, 제안된 MPR의 연결가능한 복수 인터페이스 중 하나로 행정안전부에서 구축중인 전용 PS-LTE를 직접 연계함으로써 UDP 패킷 전송 환경을 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Results of received data packet of UDP at final destination

Router type	Target bandwidth (Mbps)	Transmitted bandwidth (Mbps)	Packet loss rate (%)
Existed LTE router (SKT)	2	1.98	24
	4	3.96	49
	6	5.94	75
	8	7.92	77
	10	9.90	77
	12	11.9	82
	14	13.9	86
	16	15.8	88
	18	17.8	88
	20	19.8	89
	30	29.7	92
Proposed LTE router (SKT)	2	1.98	4.3
	4	3.96	5.4
	6	5.94	5.3
	8	7.92	7.4
	10	9.91	7.7
	12	11.9	7.7
	14	13.9	8.5
	16	15.9	9.0
	18	17.8	8.6
	20	19.8	9.1
	30	29.7	9.3

4.3.3 TCP/UDP 데이터 수신 성능평가

4.3.2절에서와 동일한 실험환경에서 기존의 단일 무선통신망(SKT)과 본 연구에서 제안한 복수 무선통신망기반의 프로토타입 시스템간의 데이터 수신 성능을 비교하였다. 데이터 수신 성능 측정은 연구원 서버에서의 수신 트래픽을 측정하여 평가하였다. 연구원내 데이터 패킷 수신을 비교실험 결과, 복수 무선통신망이 기존 단일 무선

Table 4. Comparison results for data receive performance at destination between the existed router and proposed MPR

Case	Provider	Test time	Protocol	Num. of test	Aver. bandwidth (Mbps)
V	SKT	11:00-11:20	UDP	5 times	1.72
	SKT,KT,L GU+	11:20-11:40		5 times	4.14
VI	SKT	11:40-12:00	TCP	5 times	1.98
	SKT,KT,L GU+	12:00-12:20		5 times	5.17

통신망에 비해 약 2배 이상의 데이터 수신 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다(Table 4).

Fig. 7은 단일 무선통신망(SKT)과 MPR 기반의 프로토타입 시스템 간의 UDP 데이터 전송 성능을 5회에 걸쳐 측정한 실험(case V) 결과로써, 기존 무선통신망의 전송 속도(1.72Mbps)보다 MPR 기반의 프로토타입 시스템의 UDP 전송 속도(4.14Mbps)가 2배 이상의 성능이 개선됨을 보여주고 있다.



(a)



(b)

Fig. 7. Results of UDP data transmission rate measurement in the case V : (a) Existed SKT LTE router (b) Proposed multi-path router

5. 결론

본 논문은 재난사고 현장조사를 위한 무선통신 운용성 개선에 위하여 MPR 기반의 무선통신망 프로토타입을 구축하고, 기존 단일망 체계와의 전송 성능 비교 분석을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 현재 화상회의 및 영상 데이터 형태의 UDP 패킷을 주로 전송하고 있는 다목적 조사차량과 특수차량의 현장 무선통신 성능 향상과 재난현장에서의 안정성있는 데이터 송·수신과 공유를 위해 복수의 무선통신망을 동시에 활용할 수 있는 MPR 기반의 무선통신 프로토타입 시스템을 제안·구축하였다.

둘째, 기존 단일 LTE 무선통신망과 본 논문에서 제안

한 MPR 기반의 무선통신 프로토타입 시스템을 다목적 조사차량과 특수차량에 탑재한 후 전후 전송 성능 실험을 수행한 결과, MPR기반 무선통신망이 기존 단일 무선통신망에 비해 약 2배 내외로 TCP/UDP 데이터 전송 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

마지막으로, MPR 기반 무선통신 프로토타입 통신성능 실험을 통해 단일 LTE 라우터에 의존하던 기존의 무선통신 체계에서 발생하던 데이터 송·수신과정에서 일시적 통신 단절이나 이러한 장애로 인해 무선통신 장비가 새로 부팅되어 무선통신 접속에 시간이 지연되는 문제를 해소할 수 있음을 확인할 수 있었다. 향후, 국가 통신 인프라 붕괴나 트래픽 폭주 등 예측하기 힘든 재난 상황에서 무선통신 안정화를 위하여 통신 장애를 줄일 수 있는 국가 PS-LTE 통신망을 연계·활용하는 방안도 추가적으로 검토해야 할 것으로 사료된다.

References

- [1] I. K. Jeong, Y. Park, J. Y. Kim, "Web-based smart disaster management system development", *Proceedings of Korean Society for Geospatial Information Science*, KSGIS, Jeju, Korea, pp.193-194, May 2014.
- [2] J. Y. Kim, I. K. Jeong, J. K. Lee, "A new approach of real time based disaster management", *Proceedings of Korean Society for Geospatial Information Science*, KSGIS, Jeju, Korea, pp.245-246, May 2014.
- [3] H. J. Kang, B. K. Heo, "Real-time disaster situation propagation and control system for efficient disaster response", *Proceedings of Proceedings of Korean Institute of Information Technology Conference*, KIIT, Gumi, Korea, pp.134-136, Jun 2017.
- [4] S. S. Kim, S. B. Song, S. B. Cho, H. J. Kim, "Applicability of drone mapping for natural disaster damage investigation", *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol.27, No.2, pp.13-21, 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7319/kogsis.2019.27.2.013>
- [5] S. S. Kim, D. Kim, D. Y. Shin, H. J. Nho, "Assessment and analysis of disaster risk for steep slope using drone and terrestrial LiDAR", *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol.28, No.4, pp.13-24, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7319/kogsis.2020.28.4.013>
- [6] S. Kim, H. Nho, J. Lee, J. Kim, J. Kim, "Remote sensing and geo-spatial information utilization for managing disaster in korean peninsula", *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol.36, No.5-4, pp.1139-1151, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.7780/kirs.2020.36.5.4.1>
- [7] NDMI, Disaster scientific investigation converged with the advanced technologies, Research Report, National Disaster Management research Institute, Korea, pp.68-84.
- [8] NDMI, Multi-purpose special vehicle design planning, and on-site investigation integrated operation system construction based on special vehicles, Research Report, National Disaster Management research Institute, Korea, pp.110-131.
- [9] NDMI, Integration of disaster site information and construction of wireless communication prototype platform, Research Report, National Disaster Management research Institute, Korea, pp.11-98.
- [10] S. S. Kim, D. Y. Shin, H. J. Nho, "Performance evaluation of LTE-VPN based disaster investigation system for sharing disaster field information", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.11, pp.602-609, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.11.602>
- [11] N. Kim, S. G. Park, "Prospect and status of disaster communication network", *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol.31, No.10, pp.3-11, 2014.
- [12] H. J. Kang, "Next generation disaster integrated wireless communication for public protection disaster management", *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.9, No.10, pp.187-195, 2011.
- [13] MOIS, "Establishment of the world first LTE-based disaster safety communication network" [Internet]. Ministry of the Interior and Safety, Available From: <https://www.mois.go.kr/> (accessed december. 28, 2020)
- [14] J. H. Lee, K. Lee, C. Kim, "An MPR-based broadcast scheme using 3 channels for WSNs", *The Journal of Korean Institute of Communications and information Sciences*, Vol.34, No.10, pp.1043-1049, 2009.

김 성 삼(Seong Sam Kim)

[정회원]



- 2002년 2월 : 국립경상대학교 대학원 도시공학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 국립경상대학교 대학원 도시공학과 (공학박사)
- 2008년 2월 ~ 2009년 12월 : 연세대학교 박사후연구원

- 2009년 12월 ~ 2010년 12월 : University of Calgary, Post-Doc. Fellow
- 2011년 2월 ~ 현재 : 국립재난안전연구원 책임연구원/시설연구사

<관심분야>

사진측량, 원격탐사, GIS, UAV, 재난사고 조사분석

신 동 윤(Dong Yoon Shin)

[정회원]



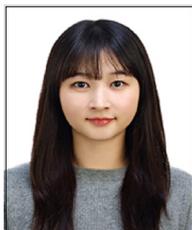
- 2017년 2월 : 국립부경대학교 공간정보시스템공학과(공학석사)
- 2017년 3월 ~ 2018년 3월 : 국토연구원 도로정책연구센터 연구원
- 2018년 4월 ~ 현재 : 국립재난안전연구원 연구원

<관심분야>

사진측량, 원격탐사, GIS, UAV

노 현 주(Hyun Ju Noh)

[정회원]



- 2018년 2월 : 연세대학교 대학원 건설환경공학과 (공학석사)
- 2018년 4월 ~ 현재 : 국립재난안전연구원 연구원

<관심분야>

사진측량, GIS, UAV, LiDAR