

재난사고 정보공유를 위한 LTE-VPN기반 현장조사시스템 성능평가

김성삼, 신동윤*, 노현주
국립재난안전연구원 재난원인조사실

Performance Evaluation of LTE-VPN based Disaster Investigation System for Sharing Disaster Field Information

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

요약 지진, 태풍, 산사태, 건물 붕괴와 같은 대규모 재난 사고 발생시 신속한 현장 상황 파악과 실시간 재난 정보 공유는 현장 통제나 주민 대피 등 재난 대응과 재난 관리 의사결정 단계에서 핵심적인 역할을 수행한다. 본 논문에서는 긴박한 재난 사고 상황에서 효과적인 현장 대응과 재난 사고 현장에서 취득된 관측 데이터와 분석정보를 실시간적으로 연계하고 공유하기 위하여 기존의 국립재난안전연구원에서 운용 중인 재난 사고 현장조사 시스템을 LTE-VPN 기반의 개선된 무선 통신 시스템 환경으로 구축하고, 통신 트래픽 데이터 전송 실험을 통해 현장 조사 시스템의 무선 통신 전송 요구 성능을 분석, 평가하였다. 개선된 무선통신 시스템의 현장 데이터 전송 성능 실험을 수행한 결과, 재난 현장과 끊임 없는 영상 회의 시스템을 보장하기 위해서 최소 4.1 Mbps 이상의 UDP(User Datagram Protocol) 대역 폭이, 현재 조사 차량에 탑재된 조사 장비간 통신과 현장 데이터를 원활하게 공유하기 위해서 약 10 Mbps의 무선 통신 대역폭이 확보되어야 할 것으로 사료된다.

Abstract In the event of a large-scale disaster such as an earthquake, typhoon, landslide, and building collapse, the disaster situation awareness and timely disaster information sharing play a key role in the disaster response and decision-making stages for disaster management, such as disaster site control and evacuation of residents. In this paper, an exited field investigation system of NDMI (National Disaster Management Research Institute) was enhanced with an LTE-VPN- based wireless communication system to provide an effective on-site response in an urgent disaster situation and share observation data or analysis information acquired at the disaster fields in real-time. The required performance of wireless communication for the disaster field investigation system was then analyzed and evaluated. The experimental result for field data transmission performance of an advanced wireless communication investigation system showed that the UDP transmission performance of at least 4.1Mbps is required to ensure a seamless video conference system between disaster sites. In addition, a wireless communication bandwidth of approximately 10 Mbps should be guaranteed to smoothly share the communication and field data between the survey equipment currently mounted on the survey vehicle.

Keywords : Disaster Field Investigation, Investigation Vehicle, Disaster Field Data Sharing, Wireless Communication, Long Term Evolution, Virtual Personnel Network

본 논문은 국립재난안전연구원의 연구과제(NDMI-주요 2017-05-01/NDMI-주요 2018-05-01)로 수행되었음.

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

email: sdy718@korea.kr

Received September 29, 2020

Revised October 12, 2020

Accepted November 6, 2020

Published November 30, 2020

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 기후변화와 이상기후로 세계 곳곳에 태풍, 집중 호우와 홍수, 폭염, 산사태, 지진 등과 같은 대규모 자연 재난의 발생과 아울러 산불, 화학사고 폭발과 유해물질 유출, 감염병, 시설물 붕괴와 같은 사회재난의 발생 빈도와 횟수가 증가하고 있다.

최근 10년(2010~2019)간 태풍, 호우, 지진 등 자연재해로 인한 특별재난지역 선포는 22차례, 사회재난에 의한 특별재난지역은 2012년 경북 구미 불산 누출사고, 2014년 세월호 침몰사고, 2019년 강원 동해안 산불사고 등 최근 10년 사이에 3차례 선포되었다. 2019년에는 자연재해 유형 중 태풍, 호우, 대설, 풍랑, 강풍 순으로 피해가 컸다. 2019년 한 해 동안 자연재해로 인해 도로, 하천 시설물 등 공공시설과 건물, 선박, 농경지 등 사유시설에 발생한 피해액은 216,225백만원, 인명 피해로는 사망·실종이 24명, 이재민은 7,121명이 발생하였다. 2019년 한 해 자연재해 복구비만 1,348,759백만원이 투입되었으며, 이중 태풍 피해로 인한 복구비가 1,320,327백만원으로 대부분을 차지하였다. 2019년 국내에서는 총 27건의 사회재난이 발생하였으며, 사회재난 유형별로는 다중밀집시설 집중화재가 10건, 산불 6건, 해양 선박사고 3건, 가축 질병 2건, 유해 화학물질 유출사고 1건, 대규모 사업장 인적사고 1건, 기타 4건이 발생하였다. 2019년 사회재난으로 인한 인명피해는 사망·실종 68명, 부상 149명이었고, 재산피해는 5,209억원에 이른 것으로 집계되었다[1].

이러한 대규모 자연재해나 사회재난과 같은 국가 재난 사고 발생시 예방·대비 차원에서의 재난현장 조사를 통한 과학적인 재난사고 원인 규명, 신속한 재난피해 조사와 피해 규모를 파악하여 피해복구 계획 수립과 향후 재발을 방지하는 노력이 필요하다. 또한, 재난 대응 단계에서 재난현장에 적시에 접근하여 재난 상황을 파악하고, 중앙/지역의 재난안전대책본부나 사고수습본부에 현장 상황을 실시간으로 전달·공유함으로써, 재난대응에 필요한 의사결정을 지원하는 다양한 재난관리 플랫폼과 업무 시스템들이 중앙·지방정부 주도로 구축·운영되고 있다 [2-4].

행정안전부 국립재난안전연구원(NDMI : National Disaster Management research Institute, 이하 NDMI)에서는 재난사고 현장의 신속하고 적시적인 상황 판단과 현장정보 공유, 반복적인 재난사고에 대한 과학적

인 원인규명과 재발 방지, 자연재해로 인한 대규모 피해 현황 파악과 피해액을 산정 등 국가 재난정책의 선제적인 의사결정 지원을 위해 드론, 조사차량 등을 활용한 현장조사시스템 구축과 관련된 다양한 연구들을 수행해 오고 있다[5-7].

그러나, 국가와 지방정부의 선제적인 재난정책 수립과 재난관리체계 구축·운용을 통한 현장 대응 노력에도 불구하고, 2016년 9월 경주지진으로 경주·울산·부산 지역에 순간적인 통신 트래픽이 폭주하면서 기간망 서버와 홈페이지가 다운되고, 휴대폰과 각종 사회망 서비스(SNS: Social Network Service)가 폭주하여 단절되는 상황이 발생했다. 이처럼 재난상황에서는 국가 기반시설 붕괴와 기지국 파괴, 일시적인 통신 트래픽 폭주로 인한 서버 섯다운 등 국가 무선통신 환경이 붕괴될 가능성이 높다. 대형 재난상황에서의 무선통신망 붕괴를 최소화하기 위해 행정안전부는 2018년부터 전국을 중부, 남부, 수도권 등 3개 권역으로 나눠 경찰·소방·지자체가 공동 사용할 수 있는 PS-LTE(Public Safety-Long Term Evolution) 기술방식의 전용 재난안전통신망을 2020년까지 단계별로 구축하고 있다. 이 전용망은 서울·대구·제주 센터간 3원화, 최대 80만명 수용가능한 장비용량성, 통신망의 주요 통신노드와 전용회선을 이중화하여 구축될 예정이다. 또한, 인구 밀집지 및 도로, 산지·농어촌 등 지역별 설치기준과 통신 커버리지, 통화 폭주 등의 고려하여 고정기지국을 배치하고, 재난현장의 커버리지 확보와 통화용량 긴급 확대에 필수 통신수단인 이동기지국을 적시적소에 설치하여 신속한 재난 상황파악과 효과적으로 재난에 대응할 계획이다[8].

본 논문에서는 긴박한 재난사고시 효과적인 현장 대응과 재난현장 수집 데이터를 연계·공유하기 위하여 국립재난안전연구원의 재난사고 현장조사시스템 현황을 분석하고, 기 운용 중인 재난사고 현장조사 시스템을 LTE-VPN 기반의 개선된 무선통신 환경으로 구축하여 통신 트래픽 전송 성능 실험을 통해 현장조사 시스템의 무선통신 요구성능을 분석·평가하였다.

2. NDMI의 재난사고 현장조사시스템

2.1 이동형 재난사고 현장조사시스템 개발

2.1.1 밴형 재난사고 현장조사시스템 구축

2015년 제작된 특수조사차량은 재난사고 현장의 과학적·객관적인 재난원인 분석자료 수집과 재난사고 과학

조사 등 신속한 재난현장 대응업무에 활용하고 있다. 특수조사차량은 현대 스타렉스에 지상 LiDAR(Light Detection And Ranging), 기상관측장비 등 조사장비 탑재 마운트와 각종 조사장비를 운반·보관할 수 있는 적재함을 갖추고 있으며, 내부 통합인터페이스 시스템을 통해 수집된 현장 데이터 처리와 분석을 수행할 수 있다(Fig. 1). 조사차량의 탑재센서로는 3차원 공간정보 수집을 위한 지상 LiDAR, 2MP 카메라 5대, 16MP 고해상도 카메라 1대, EO/IR(Electro-Optical/InfraRed) 카메라, 이동형 기상관측장비 등이 있으며(Table 1), 각 장비의 운용 특성에 특화된 마운트에 탈부착할 수 있도록 차량을 설계·제작하였다[5].

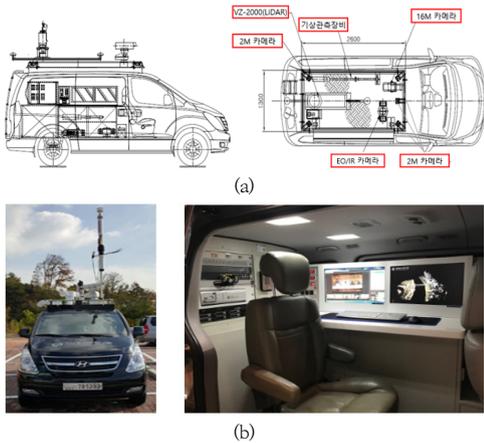


Fig. 1. Development of van-type investigation vehicle : (a) Vehicle designing (b) Inside and outside the vehicle

Table 1. On-board sensors of van-type investigation vehicle in NDMI

Device	Model	Unit	Data type
Optic sensors	-HD Bullet camera 2MP	5	Image
	-Avigilon HD Pro camera(Canon EF Lens)	1	Image
LiDAR system	-RIEGL VZ-2000(IMU/GNSS Unit)	1	Text
EO/IR sensor	-TPV-IBD	1	Image
Weather device	-Weatherpak-2000	1	Text
GNSS	-Ascen Korea Gmm-u1	1	Text
Encoding server	-	1	Image

2.1.2 버스형 재난사고 현장조사시스템 구축

2017년 도입된 다목적조사차량은 대우 카운티 미니 버스에 화상회의시스템, 기상관측장비, 터치스크린테이

블 등 조사 분석장비를 탑재하고 있으며(Fig. 2, Table 2)), 평상시에는 현장 기상관측과 모니터링을 지원하고, 재난 발생시에는 재난현장에서 수집·관측된 자료를 통합 분석하여 재난원인 규명과 피해 예측·분석 등 재난 현장 지휘소로서 정부합동원인조사단 운영을 지원하는 데 활용하고 있다[6].

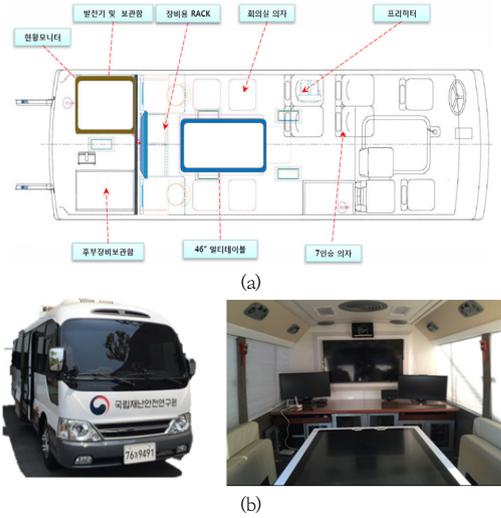


Fig. 2. Design for Bus-type investigation vehicle : (a) Vehicle designing (b) Inside and outside the vehicle

Table 2. Application systems of bus-type investigation vehicle

Device	Model	Unit	Data type
Intercom (IMS SIP)	- (DSI Div.) Fanvil C600	1/3	voice
	- (Investigation vehicle) i30 SIP video door phone		
Touch screen table	-JMT 460C-10SL(46" LCD panel)	1	-
Video conference system	- Polycom EagleEyeIII (6Mbps, 1080p 60fps Full HD)	1	Image
Operation PC	-Over i7, Over 16GB memory	1	-

2.2 NDMI 현장조사시스템의 무선통신 환경분석

본 절에서는 재난현장에서 수집한 데이터의 전송과 연구원 내부로의 공유를 위한 NDMI의 재난사고 현장조사 시스템의 무선통신망 환경을 분석하였으며, 운용과정에서의 제약사항들은 다음과 같다.

첫째, 재난조사시스템 무선통신망 내에 있는 연구원의 상황정보분석센터(DSAC: Disaster Situation Analysis Center, 이하 DSAC), 재난원인조사실의 상황실은 공인

IP로, 조사차량들은 사설 IP로 각각 할당되어 있어 연구원 내부와 현장조사차량간 상호 데이터 통신이 어려운 구조이다. 2015년부터 현장 운용중인 특수조사차량은 연구원 전산실을 거쳐 DSAC의 응용시스템인 스마트 재난관리 빅보드(SBB: Smart Big Board, 이하 SBB)와 연계-운용하고 있고, 2017년 제작된 다목적조사차량은 재난원인조사실의 상황실 내부에 설치된 화상회의시스템과 연계되어 있다. 그러나, 조사차량 탑재센서들과 조사차량이 사설 고정 IP로 묶여 있고, 각 조사차량에는 통신 스위치와 더미 허브(dummy hub)가 각각 설치되어 있어 상호 통신망 연결이 어렵고, 데이터 전송 속도에 제약이 발생할 수 있다(Table 3).

Table 3. Network configuration of investigation vehicles in NDMI

Vehicle type	Network configuration	Limits and difficulties
Van-type investigation vehicle	-LTE modem -Switch Hub -Private IP(class B)	-Unequal level Private IP -LTE modem with limited bandwidth(10Mbps)
Bus-type investigation vehicle	-LTE modem -Dummy Hub -Private IP(class C)	

둘째, 조사차량과 드론 등 현장에서 수집되는 데이터 유형과 용량에 비해 연구원 무선통신망 자체에 할당된 무선통신 대역폭(10Mbps)이 다소 작아 통신노드간 데이터 전송이 불안정할 가능성이 제기되고 있다. 현재, 특수조사차량은 위성항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System, 이하 GNSS) 좌표 데이터와 광학카메라라 5대의 영상 데이터가, 다목적조사차량의 경우는 화상회의시스템의 영상 통화가 가장 많은 무선통신 트래픽을 발생하고 있었다.

셋째, 특수조사차량의 광학 카메라 촬영 영상은 차량 내 인코딩 서버(encoding server)에서 연구원 내의 영상 아카이빙 서버로 전송되고 있다. 대용량 영상 데이터 전송 트래픽 부하를 줄이기 위해 원본 영상이 아닌 특수차량의 운용시스템 화면을 스트리밍 전송 방식으로 DSAC의 SBB에 표출하도록 설계되었다. 여기에 실시간 드론으로 촬영되는 항공영상 데이터나 LiDAR 데이터를 원내로 송출할 경우 향후 대용량의 통신 트래픽이 추가로 발생할 수 있다. 이렇게 연구원내 한정된 무선통신 대역폭을 통신망 내의 다수 응용시스템과 조사장비들이 동시에 사용하고 있어, 원내 무선통신망의 트래픽 부하가 발생할 수 있는 구조로 판단된다.

3. LTE-VPN기반 재난현장 조사시스템 구축

3.1 재난현장 조사시스템 무선통신 환경 설계

앞 2.2절의 현재 연구원의 재난현장 조사정보 공유체계 분석결과를 토대로 본 절에서는 무선통신 성능과 안정성을 확보를 위한 개선안을 설계하였다. 드론, 조사차량 등 현장조사 장비와 탑재센서, 연구원내 센터간 연계가 필요한 각 통신노드들을 가상사설망(VPN : Virtual Personnel Network, 이하 VPN)으로 연결한 후, 실시간 데이터 전송의 적시성 개선과 통신망 대역폭 상황을 고려한 선택적 데이터 전송으로 통신 효율성을 극대화함으로써 긴급한 재난 상황에서 신속하고 시의성있게 의사결정을 지원할 계획이다. 또한, VPN내 각 장비와 노드들을 고정 IP로 연결하여 통신망 양단 노드간 양방향 데이터가 용이하게 전송하도록 설계하였다. 본 논문에서는 조사차량의 탑재센서, 드론 등 개별 조사장비에서 수집된 데이터와 분석정보들이 차량내 통합운용 인터페이스와 LTE(Long Term Evolution) 기반의 VPN을 통해 연구원 내부로 전달되고, 연구원 상황센터로 전송된 현장 정보가 최종적으로 행정안전부의 중앙재난안전상황실과 연계된 전용망을 통해 전달되도록 현장과 연구원간 개선된 LTE-VPN기반 재난현장 정보 공유체계를 설계하였다 (Fig. 3)



Fig. 3. Design concept of Disaster field investigation system

3.2 재난현장 조사시스템 구축

3.2.1 LTE-VPN기반 재난현장 조사시스템 구축

3.1절에서의 통합적 재난정보 공유체계 설계개념을

토대로 조사차량내 조사장비, 연구원의 DSAC 등 VPN 내의 각 통신노드들을 서버/클라이언트 형태로 구성하고 무선통신망 유지 관리가 용이한 LAN(Local Area Network) to LAN 방식의 라우터 일체형 VPN으로 구축하였다. 즉, 조사차량내에 LTE-VPN 라우터와 연구원내에 VPN 라우터를 설치하고 조사차량 내부의 운용 PC와 상황실 VPN 서버에 동일한 수준의 공인 IP를 할당하여 VPN을 구성하였다. 재난현장과 연구원내 재난정보 공유체계는 조사차량별 임무와 운용 특성을 고려해 Figure 4와 같이 구축하였다. 특수조사차량은 연구원 DSAC내 스마트상황관리시스템과 연계되어 있고, 다목적조사차량은 연구원 재난원인조사실내 화상회의시스템과 연계되도록 구축하였다. 주로 특수조사차량은 재난현장에서 수집한 EO/IR 영상, 기상관측 자료, 차량과 연결된 드론에서 촬영된 영상을 데이터와 분석정보를 연구원내로 전송하여 스마트상황관리시스템과 연계해서 표출하도록 구축하였고, 다목적조사차량은 기존처럼 화상회의 시스템으로 현장과 영상회의 영상을 표출할 뿐만 아니라, 폴리콤 시스템의 화면 분할기능을 통해 실시간으로 드론 현장촬영 영상을 공유하도록 무선통신 환경을 개선시켰다.

3.2.2 조사차량 무선통신체계 구축

각 조사차량내 운영 PC와 탑재센서간에는 동일 수준의 사설 IP를 할당하여 LAN을 구성하고, 조사차량과 연구원내 통신노드간에는 VPN 서버에 동일한 수준의 공인 IP를 할당하여 VPN을 구성하였다. 조사차량간의 무선통신 체계는 조사차량내 운영 PC와 내부 스위치, 인터컴 단말장치를 설치하고, 연구원내에 VPN과 인터컴 서버를 두고 재난원인조사실에 설치된 인터컴 단말기를 설치하여 현장에서 조사차량간, 현장 조사차량과 연구원 재난원인조사실의 인터컴 단말기로 서로 통신할 수 있는 체계를 구축하였다(Fig. 4).

4. LTE-VPN기반 재난현장 조사시스템 성능평가

4.1 재난현장 조사시스템의 무선통신 성능측정

본 논문에서 구축된 LTE-VPN기반의 재난현장정보 공유체계의 무선통신 성능평가를 위해 현재 조사차량과 무선통신 주요 노드간의 실제 데이터 트래픽 전송량을 네트워크 성능과 대역폭을 측정하는 툴(tool)인 iperf를 활용하여 측정하였다. 무선통신 성능측정 노드는 각 조사

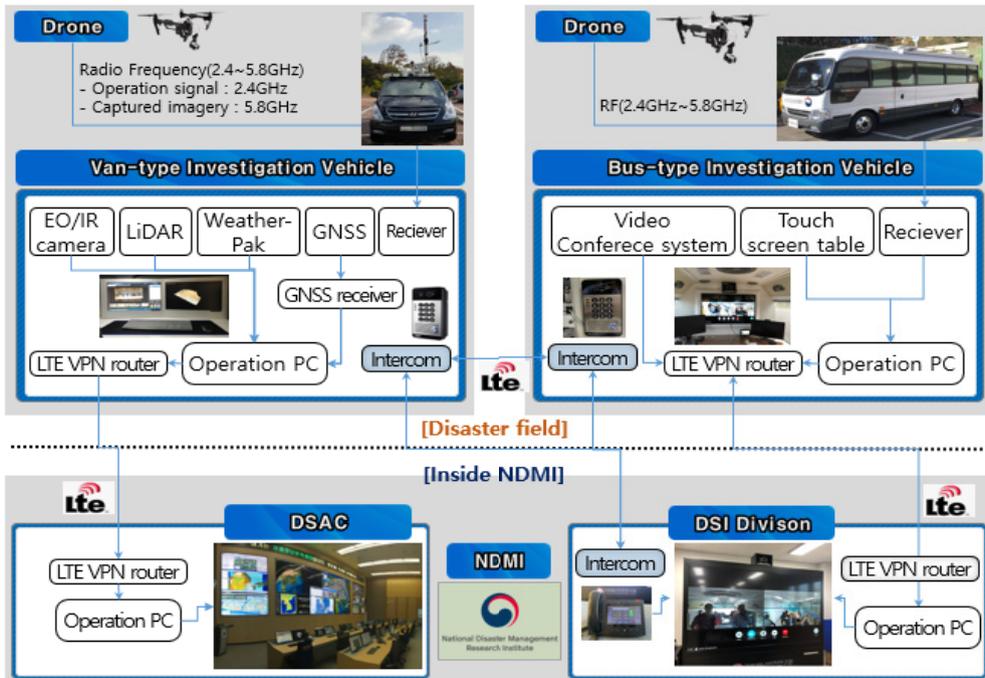


Fig. 4. Configuration of disaster field information sharing system between disaster site and NDMI

차량 내부의 LTE 라우터와 연구원내 영상 아카이빙 서버 앞 단까지로 무선 데이터 트래픽을 측정하여 실제 무선 통신 전송 성능을 평가하였다.

4.1.1 다목적조사차량-연구원간 무선통신 성능측정

다목적조사차량의 주요 데이터 트래픽은 재난원인조사실 상황실내 화상회의시스템의 영상 통화과정에서 주로 발생하며, 조사차량 내 LTE 라우터에서 iperf를 설치하여 실제 발생 트래픽을 측정하였다. 무선통신 성능 측정 실험은 조사차량 내부의 LTE 라우터와 연구원내 영상 아카이빙 서버 구간을 대상으로 2회에 걸쳐 30분씩 트래픽 전송량을 측정하였다. 전송 트래픽 측정 실험결과, 다목적조사차량 화상회의시스템의 평균적인 무선통신 데이터 전송 대역폭은 약 1.9 Mbps였다(Table 4). 이 실험을 통해 다목적조사차량 현장운용 시, 최소 1.9 Mbps의 통신 대역폭이 확보되어야 끊임없는 화상회의를 원활하게 진행할 수 있음을 알 수 있다.

Table 4. Average data traffic between bus-type vehicle and DSI div.

Provider	Comm. section	Experimental time	Num. of experiment	Data transfer rate (bps)
SKT	Vehicle-DSI div. in NDMI	14:30 ~16:30	twice [30 min.]	1.9 Mbps [TX:0.79 + RX:1.01]

4.1.2 특수조사차량-연구원간 무선통신 성능측정

특수조사차량에서 발생하는 대부분의 무선통신 트래픽은 연구원의 영상 아카이빙 서버로 광학 카메라 및 드론 촬영 영상 데이터를 전송할 때 발생한다. 특수조사차량의 무선통신 성능 측정 실험은 앞 절의 다목적조사차량 실험환경과 동일하게 특수조사차량 내부의 LTE 라우터와 연구원내 영상 아카이빙 서버 구간을 대상으로 2회에 걸쳐 30분씩 iperf를 활용하여 트래픽 전송량을 측정하였다. 이 때 차량의 GNSS 정보와 2MP 카메라 영상 전송시스템을 작동하는 상태로 실험을 진행하였다. 전송 트래픽 측정 실험결과, 특수조사차량의 2MP 카메라에서 수집된 영상 정보를 연구원 내부로 전송하기 위해 평균 4.1 Mbps의 대역폭을 사용하고 있으며, 이는 최소 4.1 Mbps의 통신 대역폭이 확보되어야 특수조사차량에 수집된 현장영상이 원활하게 연구원 내부로 전송될 수 있음을 알 수 있다(Table 5).

Table 5. Average data traffic between bus-type vehicle and DSI div.

Provider	Comm. section	Experimental time	Num. of experiment	Data transfer rate (bps)
SKT	Vehicle-Image Archive server in NDMI	09:00 ~11:00	twice [30 min.]	4.1 Mbps [TX:3.34 + RX:0.76]

4.2 재난현장 조사시스템 무선통신 성능평가

현재 연구원 조사차량들은 현장의 재난조사 업무와 현장 상황 전파를 위해 화상회의 기능과 드론 영상 및 광학 카메라 영상의 원내 전송 기능 위주로 사용하고 있으나 현장의 무선통신 여건에 따라 데이터 전송이 원활하지 않을 가능성도 있다. 따라서, 데이터 전송을 위한 무선통신 대역폭을 분석하기 위해 현재 조사차량에 탑재되어 있는 LTE 라우터와 재난원인조사실의 영상 아카이빙 서버까지의 TCP, UDP 데이터 무선통신 성능 측정하였다. 무선통신 성능측정 실험은 영상 아카이빙 서버에 iperf를 설치하여 목표 대역폭을 2Mbps로 늘려가며 각 5회씩 평균 데이터 무선통신의 패킷 손실을 측정하였다. UDP 데이터 전송에 대한 실험 결과, LTE 라우터로 UDP 대용량 데이터를 전송할 때, 4Mbps 이상의 트래픽이 발생하게 되면 평균 패킷 손실(packet loss)이 약 50% 이상 급격하게 증가하였다(Table 6). 현재 운용 중인 조사차량의 무선 트래픽이 UDP 기반의 영상 데이터 전송이 대부분인 점을 감안할 때 향후 UDP 전송 성능을 최대화하는 방향으로 무선통신망을 개선해야 할 것으로 사료된다.

Table 6. Experimental results for UDP data transfer using LTE router

Provider	Protocol	Target Bandwidth	Num. of experiment	Average packet loss
SKT	UDP	2 Mbps	5	24%
		4 Mbps	5	49%
		6 Mbps	5	75%
		8 Mbps	5	77%
		10 Mbps	5	77%
		12 Mbps	5	82%
		14 Mbps	5	86%
		16 Mbps	5	88%
		18 Mbps	5	88%
		20 Mbps	5	89%
30 Mbps	5	92%		

TCP(Transmission Control Protocol) 데이터 전송의 경우, 프로토콜이 안정된 데이터 송/수신을 담보하기 때문에 패킷 손실은 다소 적게 발생하지만, UDP에 비해 상대적으로 전송 성능이 떨어짐을 알 수 있었다(Table 7). 또한, 매 실험마다 평균 데이터 전송 성능에 현저한 차이를 보였으며, 이는 현장의 무선통신 환경(주변 기지국 트래픽 발생, 통신 간섭잡음 등) 여건에 따라 수집 정보의 전송 및 공유 성능이 불안정해질 수 있음을 알 수 있었다.

Table 7. Experimental results for TCP data transfer using LTE router

Provider	Protocol	Num. of experiment	Average transfer rate (Mbps)
SKT	TCP	10	0.462 Mbps
		10	0.514 Mbps
		10	0.355 Mbps
		10	0.286 Mbps
		10	0.487 Mbps

```

connecting to host 125.61.15.80, port 48750
[ 4] local 172.30.240.6 port 36979 connected to 125.61.15.80 port 48750
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth    Total Datagrams
[ 4] 0.00-1.00    sec  220 KBytes  1.80 Mb/s/sec  170
[ 4] 1.00-2.00    sec  243 KBytes  2.00 Mb/s/sec  189
[ 4] 2.00-3.00    sec  243 KBytes  1.99 Mb/s/sec  188
[ 4] 3.00-4.00    sec  245 KBytes  2.00 Mb/s/sec  189
[ 4] 4.00-5.00    sec  243 KBytes  1.99 Mb/s/sec  188
[ 4] 5.00-6.00    sec  245 KBytes  2.00 Mb/s/sec  189
[ 4] 6.00-7.00    sec  243 KBytes  2.00 Mb/s/sec  189
[ 4] 7.00-8.00    sec  243 KBytes  1.99 Mb/s/sec  188
[ 4] 8.00-9.00    sec  245 KBytes  2.00 Mb/s/sec  189
[ 4] 9.00-10.00   sec  243 KBytes  1.99 Mb/s/sec  188
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth    Jitter  Lost/Total Datagrams
[ 4] 9.00-10.00   sec  2.36 KBytes  3.98 Mb/s/sec  4.203 ms  454/1867 (24%)
[ 4] Sent 1867 datagrams
    
```

(a)

```

connecting to host 125.61.15.80, port 48750
[ 4] local 172.30.240.6 port 43818 connected to 125.61.15.80 port 48750
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth    Retr  Cwnd
[ 4] 0.00-1.00    sec  63.5 KBytes  520 Kbits/sec  0  14.2 KBytes
[ 4] 1.00-2.00    sec  64.7 KBytes  530 Kbits/sec  1  10.4 KBytes
[ 4] 2.00-3.00    sec  45.3 KBytes  371 Kbits/sec  0  15.5 KBytes
[ 4] 3.00-4.00    sec  49.2 KBytes  403 Kbits/sec  0  15.5 KBytes
[ 4] 4.00-5.00    sec  97.1 KBytes  796 Kbits/sec  0  16.8 KBytes
[ 4] 5.00-6.00    sec  46.6 KBytes  382 Kbits/sec  0  19.1 KBytes
[ 4] 6.00-7.00    sec  44.0 KBytes  361 Kbits/sec  0  24.6 KBytes
[ 4] 7.00-8.00    sec  140 KBytes  1.15 Mb/s/sec  0  26.3 KBytes
[ 4] 8.00-9.00    sec  68.6 KBytes  562 Kbits/sec  8  31.1 KBytes
[ 4] 9.00-10.00   sec  67.3 KBytes  552 Kbits/sec  7  20.7 KBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth    Retr
[ 4] 0.00-10.00   sec  686 KBytes  562 Kbits/sec  16  sender
[ 4] 0.00-10.00   sec  594 KBytes  487 Kbits/sec  receiver
    
```

(b)

Fig. 5. Network performance measurement using iperf : (a) UDT measurement results (b) TCP measurement results

4.3 재난현장 정보공유를 위한 목표성능 대역폭 산정

현재 운용 중인 연구원의 재난사고 현장조사시스템의 사용 대역폭과 성능 측정 실험결과를 토대로 무선통신 주요 통신노드별 데이터 전송 대역폭을 산출하였다(Table 8). 다목적조사차량에서 원활하게 화상회의시스템을 운용하기 위해 최소 1.9Mbps의 무선통신 전송 대역폭이 필요하다. 특수조사차량의 경우, 최소 4.1Mbps의 무선통신 전송 대역폭이 확보되어야만 광학 카메라 영상이 끊김없이 연구원내 아카이빙 서버로 전송이 가능

할 것으로 판단된다. 또한, 16MP 고해상도 카메라 영상이나 드론 촬영 영상을 연구원내에서 원활하게 전송받기 위해서는 최소 6Mbps 전송 대역폭이 추가로 확보되어야 할 것으로 판단된다.

Table 8. Required wireless network bandwidth in the disaster field investigation platform

Device	Built-in equipment	comm. section	Data type	protocol	Required Bandwidth
Video conference system	Bus-type vehicle, DSI div.	Bus-type vehicle ⇔ DSI div.	Image	UDP	1.9Mbps
2MP camera	Van-type vehicle	2MP camera ⇔ Encoding server	Image	UDP	-
16MP camera	Van-type vehicle	-	Image	UDP	6Mbps
EO/IR sensor	Van-type vehicle	-	Image	UDP	-
Terrestrial LiDAR	Van-type vehicle	-	Text	TCP	-
GNSS	Van-type vehicle	Van-type vehicle ⇔ SBB server	Coordinates	TCP	1Kbps
Encoding server	Van-type vehicle	Van-type vehicle ⇔ Image archive server	Image	UDP	4.1Mbps

4. 결론

대규모 재난사고 발생시 실시간 현장 상황 파악과 정보 공유는 재난대응에 핵심적인 요소이다. 본 논문은 재난사고 현장의 데이터 수집과 공유를 위한 무선통신 요구성능과 평가를 위해 NDMI의 재난사고 현장조사시스템의 현황분석과 개선방안 도출, 무선통신 환경개선을 통한 현장조사시스템 구축과 무선통신망 데이터 전송 성능을 분석·평가를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 재난현장과 연구원 내부 상황실간의 원활한 데이터 전송을 위해 기존 NDMI의 무선통신망의 현황분석 결과를 토대로 재난사고 현장조사시스템을 LTE-VPN 기반 환경으로 개선한 후 무선통신망 데이터 전송 성능을 분석·평가하였다. 무선통신 데이터 전송성능을 분석한 결과, 재난현장과 끊김없이 영상회의시스템을 원활하게 사용하기 위해서는 최소 4.1Mbps 이상의 UDP 전송 대역폭을 확보해야 하고, 조사차량내 탑재장비간의 원활한 통신과 수집된 데이터 공유를 위해서는 약 10Mbps의 전송 대역폭을 확보해야 하는 것으로 나타났다.

둘째, 현재 특수조사차량과 연구원간의 발생 트래픽이 UDP기반의 영상 데이터 전송이 대부분인 점을 감안할 때 향후 재난사고 현장조사시스템의 무선통신망은 원활한 대용량 영상 데이터 전송을 위한 UDP 성능을 최대화하는 설계가 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 현재 단일 무선통신망에 의존하고 있는 재난사고 현장조사시스템은 재난현장에서 무선통신 전송 대역폭을 확보하지 못할 수 있으므로 복수 통신망이나 PS-LTE 전용망과 연계하여 재난현장 수집 데이터를 전송·공유할 수 있는 대안적인 통신망 구축을 고려해야 할 것으로 판단된다. 아울러, 국가 통신망 붕괴, 트래픽 폭주 등 예측하기 어려운 재난현장내에서의 통신 여건을 감안하여 통신 단절 장애에 대비한 최신 통신기술을 접목한 통신망 구축 관련 연구도 추진되어야 할 것으로 사료된다.

References

- [1] MOIS, 2020 Statistical yearbook of MOIS, Vol. 22, Ministry of the Interior and Safety, Korea, pp.365-376.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] NDMI, Disaster Scientific Investigation Converged with the Advanced Technologies, Research Report, National Disaster Management research Institute, Korea, pp.68-84.
- [6] 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.
- [7] NDMI, Integration of Disaster Site Information and Construction of Wireless Communication Prototype Platform, Research Report, National Disaster Management research Institute, Korea, pp.11-31.
- [8] 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 Sept. 27, 2020)

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]



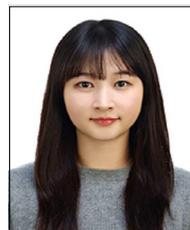
- 2017년 2월 : 국립부경대학교 공간정보시스템공학과(공학석사)
- 2017년 3월 ~ 2018년 3월 : 국토연구원 도로정책연구센터 연구원
- 2018년 4월 ~ 현재 : 국립재난안전연구원 연구원

<관심분야>

사진측량, 원격탐사, GIS, UAV

노 현 주(Hyunju Nho)

[정회원]



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

<관심분야>

사진측량, GIS, UAV, LiDAR