

산지 재난대응을 위한 상용 이동통신망 통신체계 현황분석

Analyzing the Current State of Commercial Mobile Network
Communication Systems for Mountain Disaster Response이시형¹ · 류정림² · 백민호^{3*}Sihyeong Lee¹, Jungrim Ryu², Minho Baek^{3*}¹Master's Course, Department of Fire and Disaster Prevention, Kangwon National University, Samcheok, Republic of Korea²Adjunct Professor, School of Architectue, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea³Professor, Department of Fire & Emergency Management, Kangwon National University, Samcheok, Republic of Korea

*Corresponding author: Minho Baek, bmh@kangwon.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: This study analyzes the current status of open coverage of commercial mobile communication networks, which is an indicator for determining whether the disaster safety communication network call area is secured in mountainous areas, with the aim of more stable operation of the disaster safety communication network. **Method:** We measured the perceived communication quality on forest roads in a large mountainous area in Samcheok City and compared it with the publicly available commercial cellular network coverage data of three telecommunications companies after spatial overlapping, and found that there was a spatial mismatch between the publicly available commercial cellular network coverage and the perceived communication quality measurement results. **Result and Conclusion:** Therefore, for the stable operation of the disaster safety communication network in mountainous areas, it is necessary to secure additional PS-LTE mobile base stations and take measures to improve the accuracy of publicly available commercial mobile network coverage.

Keywords: Mountain Disaster, Public Safety-Long Term Evolution, Communication Quality, Mobile base Stations, Commercial Network Coverage

요약

연구목적: 본 연구는 산지 내 재난안전통신망 통화권 확보 여부 판단 지표인 상용 이동통신망의 공개된 커버리지 현황을 분석하여 재난안전통신망(PS-LTE)의 보다 안정적 운용을 목표로 한다. **연구방법:** 이를 위해, 삼척시의 대규모 산지 내 산림 도로를 대상으로 체감 통신 품질을 측정하고, 통신 3사의 공개 상용 이동통신망 커버리지 데이터와 공간 중첩 후, 비교한 결과를 공개된 상용 이동통신망의 커버리지와 체감 통신 품질 측정 결과 간 공간적 불일치가 존재함을 파악하였다. **연구결과 및 결론:** 따라서, 산지 내 재난안전통신망의 안정적 운용을 위해서는 재난안전통신망(PS-LTE) 이동기지국의 추가 확보 및 공개된 상용 이동통신망 커버리지의 정확도 향상을 위한 대책의 필요성을 확인하였다.

핵심용어: 산지재난, 재난안전통신망, 통신품질, 이동기지국, 상용 이동통신망 커버리지

Received | 7 August, 2024

Revised | 23 September, 2024

Accepted | 23 September, 2024

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

연구의 필요성

우리나라는 산불과 같은 대형 재난 발생 시 모든 재난 관련 기관이 공통의 단일 통신망인 재난안전통신망(Public Safety-Long Term Evolution, 이하 ‘PS-LTE’라고 한다.)을 이용하여 효과적인 현장 대응과 신속한 의사소통을 할 수 있는 체계를 갖추고 있으며, 산림청, 소방청, 경찰청, 군부대, 지자체 등이 공동으로 대응한 대표적 사례로 2022년 발생한 울진·삼척 산불이 있다(Ministry of the Interior and Safety, 2021b).

또한 산지 재난 발생 시 인명 및 재산 피해가 발생하는 이유 중 하나는 재난대응을 위해 산지 내 장비와 인력이 머무르기 때문이다. 그 외에 일상적으로 산림 도로를 신설하고, 나무를 심고, 가꾸고, 수확하는 등의 산림조성 목적과 병해충 및 산불 등 재난으로부터 보호하는 목적, 그리고 송이 등을 취득하는 것 등이 그 대표적인 예이다. 따라서, 산지 내 상용 이동통신망의 통신 가능 커버리지를 파악하는 것은 산림 작업, 산촌 소득 활동을 하는 사람들의 안전 확보 및 산불 등 재난 대응 측면에서 매우 중요하다.

행정안전부는 제 1차 재난안전통신망 기본계획(’22~’26)에서 안정적 통화품질을 위한 무선망 확대를 위해 산림 등 재난 취약지역의 PS-LTE 통화권 확보를 위한 고정기지국 구축 및 이동기지국 추가 확보를 계획하고 있다(Ministry of the Interior and Safety, 2021b).

따라서, PS-LTE 통화권 확보가 부족한 산지에서 상용 이동통신망이 가능한 곳은 RAN(Radio Access Network) -Sharing 기술을 통해 PS-LTE를 운용할 수 있으나, 상용 이동통신망 음영지역은 별도의 PS-LTE 이동기지국 활용이 필요하다(Ministry of the Interior and Safety, 2018). 관련 선행연구를 살펴보면, 철도망(LTE-R)(Choi, 2022; Kim et al., 2017; Park, 2022), 해상망(LTE-M)(Choi, 2022; Jang et al., 2023; Kim et al., 2020), 공항(Park, 2023) 및 고속도로(Lee et al., 2022)를 대상으로 PS-LTE의 원활한 운용을 위한 고유 통신망과 상용 이동통신망과의 상호연동 및 전파 간섭에 대한 연구가 수행되었으나, 별도의 고유 통신망이 없는 산지를 대상으로 하는 PS-LTE의 통신품질과 관련된 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 산지 내 PS-LTE의 통화권 확보 여부 판단에 지표가 되는 상용 이동통신망의 중요성을 인식하고, 통신 3사에서 공개하는 상용 이동통신망 통신 가능 커버리지맵(KT, 2023; LGU+, 2023; SKT, 2023)이 산지 내에서 PS-LTE 통화권 확보를 위해 별도의 PS-LTE 이동통신망 사용을 결정하는 기준으로 적합한지를 판단하고, 특정 산지 내 산림 도로의 체감통신 품질을 측정하여 GIS (Geographic Information System)에서 공간을 중첩하여 비교 분석하였으며(Ministry of the Interior and Safety, 2021a) 본 연구 흐름은 Fig. 1과 같다.

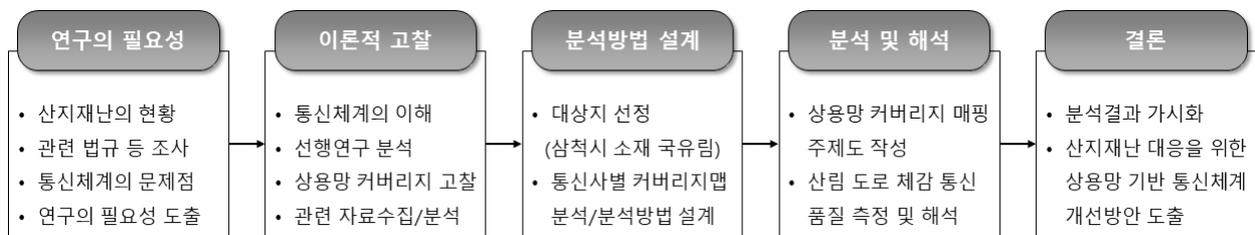


Fig. 1. Research flowchart

산지 재난대응을 위한 PS-LTE 통신체계 현황

PS-LTE이란, 재난안전통신망법 및 재난 및 안전관리 기본법 제3조 제11호로 재난관리책임기관·긴급구조기관 및 긴급구조지원기관이 재난 및 안전관리업무에 이용하거나 재난 현장에서의 통합지휘에 활용하기 위하여 구축·운영하는 통신망을 말한다. 본 통신망은 영상이 가능한 재난안전용 4세대 무선 통신 기술로, 광대역 무선 통신 기술(LTE)을 기반으로 700MHz 대역을 사용하는 전국 단위 통신망이며, 공공안전 통신에 필요한 단말기 간 통신, 그룹 통신 등을 지원하는 통신 기술이다. 전국적인 재난 안전 통신 통합을 위해 전국 어디에서나 4가지의 기지국 시스템을 활용하여 단일 통신 서비스 인프라를 구축하여 운영하고 있다. 4가지 기지국 시스템은 고정기지국, 상용 이동통신망, 이동기지국(선박, 차량, 휴대형), 기타망(철도, 위성망 등)으로 구분되며 Fig. 2와 같이 표현된다(Ministry of the Interior and Safety, 2018).

기지국 시스템별 서비스 지역을 살펴보면, 고정기지국을 국가기반시설 및 인구 밀집 지역 중심으로 안정적인 통화권 확보를 위해 중점 설치하고, 도로 지역(2차선 이상)은 인구 밀집 지역 및 국가 기반 시설과의 인접성, 통행량 등을 종합적으로 고려하여 고정기지국 설치 또는 상용 이동통신망 기지국을 연동하는 기술(RAN-Sharing)을 활용한다(Kim et al., 2020).

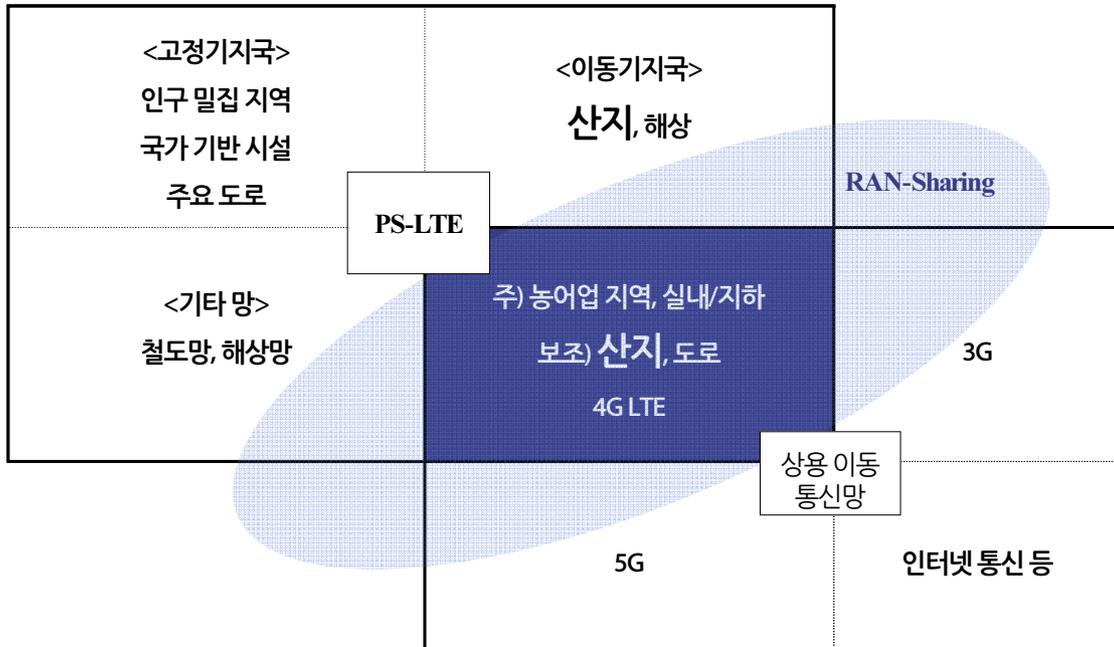


Fig. 2. PS-LTE service delivery schematic

상용 이동통신망 및 고정기지국의 인프라가 부족한 산지 및 해상은 이동기지국을 사용하는데, 이는 상용 이동통신망이 없는 재난현장에서 PS-LTE를 활용할 수 있도록 설치하는 기지국으로, 차량형과 휴대형이 있다(Ministry of the Interior and Safety, 2021a).

산지에 상용 이동통신망 음영지역이 없다면, 전국 산지 어디에서나 통신 3사에서 공공의 안전을 위해 구현한 Ran-Sharing 기술로 상용 이동통신망을 통한 PS-LTE 통신망 활용이 가능할 것이나, 일부 상용 이동통신 음영지역을 대비하기 위해 산지에서의 PS-LTE 통신망 구축 방식은 기본적으로 PS-LTE 이동기지국을 사용해야 한다.

이러한 측면에서 산불 및 산사태가 발생하는 산지에는 고정기지국 커버리지를 벗어나는 지역이 어느 정도 있으며, 상용 이동통신망 서비스 불가 지역이 다수 분포할 수 있으므로, PS-LTE 이동기지국을 효과적으로 사용하기 위해서는 재난 발생 즉시 해당 산지의 상용 이동통신망 통신 가능 여부 파악이 중요하다.

산지 재난대응을 위한 실험설계 및 분석

본 연구는 Fig. 3의 연구체계와 방법에 따라서 추진하였다. 첫째, 연구 대상 지역에 통신 3사가 공개하는 상용 이동통신망 커버리지를 디지털라이징과 병합하여 공간 주제도를 생성한다. 둘째, 연구 대상 지역 내 산림 도로의 체감 통신 품질을 측정하고 이를 측량하여 공간화한다. 셋째, 커버리지 주제도와 교차 되는 산림 도로에서의 체감 통신 품질의 중첩분석으로 상용 이동통신망 커버리지 맵의 정확도를 해석한다.

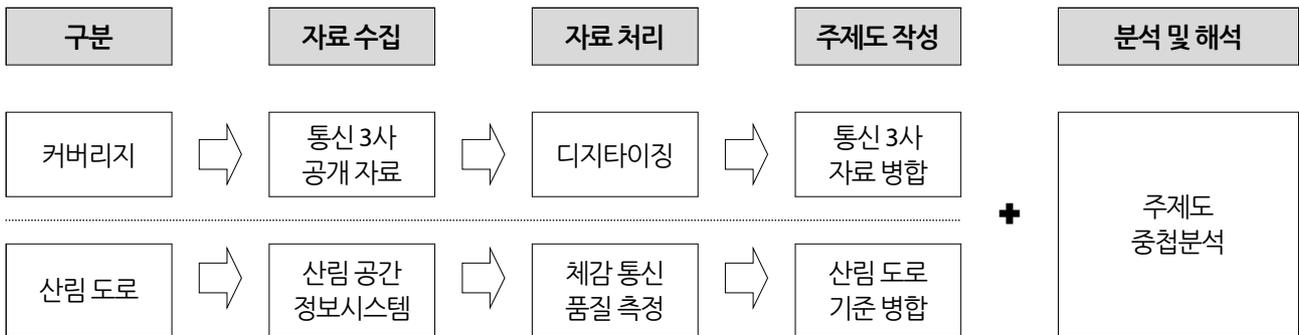


Fig. 3. Flow for ceating materials for alysis

또한 실험 대상지는 대상지 선정기준을 충족하는 강원특별자치도 삼척시 사금산 일원으로 선정하였으며, 본 연구의 대상지 선정기준과 특징은 다음의 Table 1과 같다.

Table 1. Criteria for selecting study sites

구분	실험 대상지의 선정기준	선정 대상지의 특징 및 기준충족
상용 이동 통신망 음영	상용 이동 통신망 음영 지역	약 4,000ha의 상용 이동 통신망 음영지역 존재
산림 도로	상용 이동 통신망 음영 지역 주변 산림도로	약 400km의 산림 도로 존재
장비 · 인력	장비 · 인력이 산지 내 유입 여부	산림도로 신설, 산림조성 장비 · 인력유입 송이 채취를 위해 지역 주민 유입

통신 3사 상용 이동통신망 커버리지 주제도 작성

과학기술정보통신부는 전기통신사업법 제56조에 따라 전기통신역무의 품질을 개선하고 이용자의 편익을 증진하기 위한 시책을 마련하며, 전기통신사업자는 이용 가능 지역 및 제공 방식 등 필요한 정보를 이용자에게 제공해야 한다. (전기통신사

업법 제56조의2) 통신사별 LTE 커버리지 맵은 아래 Fig. 4와 같이 각 사의 웹페이지에서 공개하고 있다(KT, 2023; LGU+, 2023; SKT, 2023).

Fig. 5는 공개 커버리지 중 본 연구의 공간적 범위인 강원특별자치도 삼척시 노곡면 일원의 416번 지방도와 사금산 일대를 중심으로 통신 3사의 LTE 커버리지 맵을 GIS 프로그램을 이용하여 디지털화(디지털화, Digitizing) 하였다. 디지털화는 ① 각 통신사에서 공개한 웹페이지에서 해당 지역의 여러 사진의 캡처를 한 후, ② Microsoft사의 Image Composite Editor를 이용하여 하나의 파노라마 사진으로 정합하고, ③ Qgis(오픈소스 지리정보시스템, Quantum GIS)의 디지털화 기능을 이용하여 브이월드(Vworld, Virtual world) 일반도와 투영하였다.

Fig. 6은 통신 3사별 디지털 자료이며, 적색으로 표현된 부분이 통신 가능한 지역을 나타내는 것으로, 통신 3사의 커버리지 맵을 중첩한 Fig. 6을 살펴보면, 통신 3사의 커버리지는 유사한 범위를 커버하는 것으로 도출되었다.

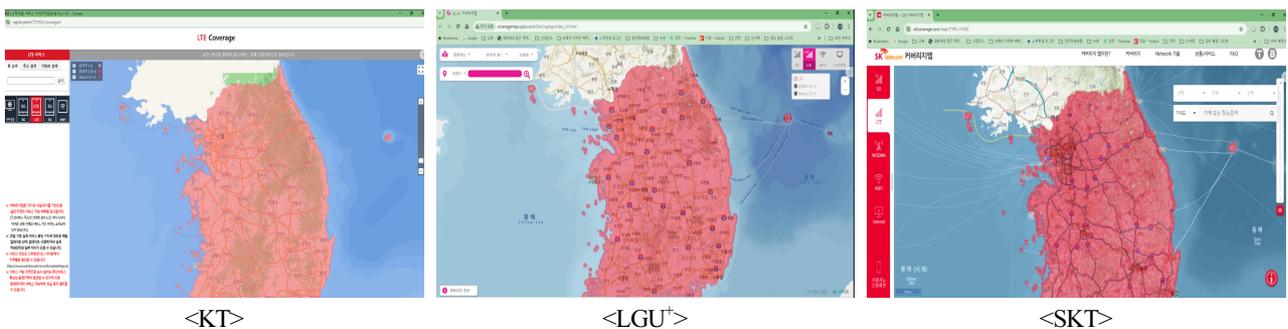


Fig. 4. LTE(4G) coverage map



Fig. 5. Coverage map digitization workflow

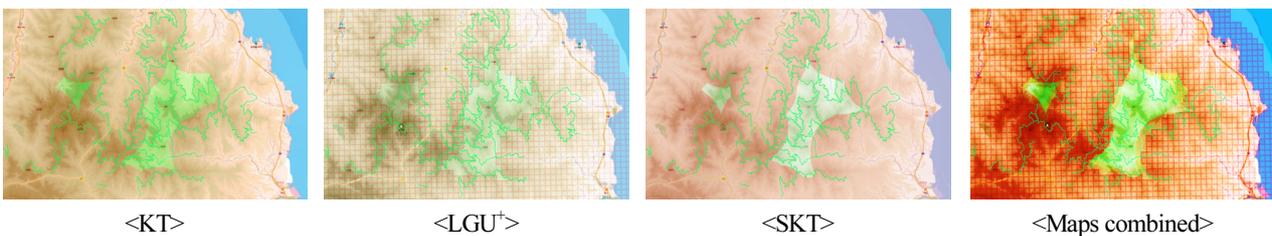


Fig. 6. Mapping LTE coverage in mountainous areas & maps combined

산지 도로의 체감 통신 품질 측정 및 판단

산림 도로는 지속 가능한 자원 활용과 자연환경 보전을 위해 중요한 역할을 한다(Lee et al., 2021; 2022). 우리나라의 산림 도로는 전국적으로 약 25,000km가 설치되어 있으며, 공익적인 목적(국민의 안전, 휴양) 달성을 위한 기능적 요구가 커지고 있다(Kim et al., 2022; Lee et al., 2019; Yeom et al., 2022). 본 연구에 활용한 산림 도로는 산림청 산림지리정보시스템에서 공개된 정보를 이용하였다(Korea Forest Service, 2023).

본 연구의 공간적 범위는 대형산불이 빈번히 발생('00년, '17년, '18년, '22년)하는 강원특별자치도 삼척시에 소재하고 산림 도로가 밀집(400km)되어 있는 사금산 일원(약 30,000ha)의 국유림으로 설정하였고, 시간적 범위는 잎이 우거져 통신 품질이 상대적으로 낮은 여름('23년 7월)을 기준으로 하여, 체감 통신 품질 측정에 가장 극한 환경으로 설정하였다.

체감 통신 품질 측정은 SKT 통신 가입 단말로 실시하였는데, 이는 PS-LTE의 상용 이동통신망이 연동된 통신체계이며, 더불어 산림청에서 활용하고 있는 1만 7천여 대의 산불 감시 단말기와의 연계성도 고려하였다.

체감 통신 품질 측정을 위한 팀 구성은 운전자 1인, 기상콜센터 청취자 1인, 수신전계강도(RSRP, Reference Signals Received Power) 확인자 1인, GNSS(Global Navigation Satellite System) 측량자 1인 총 4인으로, 4개 팀을 구성하였다.

구성원별 분담한 역할을 살펴보면, 운전자는 시속 20km/h 이내로 안전하게 운행하였으며, 기상콜센터 청취자는 삼성 스마트폰에서 기상콜센터 '033-131'에 발신을 통해 기상 안내 멘트가 끊임없이 청취 되는 구간을 전달하는 역할을 수행하였고, 수신전계강도 확인자는 청취 구간에서 핸드폰의 키패드에 *123456#을 누른 후 나오는 System/Debug Screen 화면에 표기되는 수신전계강도가 -110dBm보다 높은 구간(Telecommunications Technology Association, 2017)인지 눈으로 확인한 후 공유하였고, GNSS 측량자는 기상콜센터 청취 품질 양호와 RSRP 기준 구간 이상 모두를 충족할 경우에만 통신 서비스가 가능구간으로 판단하고 측량기기(Trimble, R4s)를 이용하여 선의 형태로 측량을 실시하였다(Table 2).

Table 2. Possible judgments based on measuring perceived communication quality

구분		통신 품질 측정	
기상콜센터 청취		청취	청취불가
RSRP 확인	-110dBm >		<= -110dBm
통신 품질 판단	원활(가능)		불량(불가능)

산지 재난대응을 위한 체감 통신 품질 분석결과

Fig. 7은 공개된 상용 이동통신망 커버리지 맵의 디지털 자료와 해당 구역 내 산림도로의 체감 통신 품질을 측정하고 측량한 자료를 공간적으로 중첩하여 비교한 결과이다. 상용 이동통신망 커버리지 맵은 격자의 형태로 표현되며, 라임색의 구역은 공개된 커버리지 맵 상 통신이 가능한 구역을 보여주고, 분홍색의 구역은 통신 음영지역을 나타낸다.

산림 도로 체감 통신 품질 측정 결과는 선의 형태로 표현되며, 남색은 체감 통신 품질 양호 지역이며, 적색은 체감 통신 품질이 불량한 지역을 나타낸 것이다. 따라서, 두 주제도의 비교 결과는 총 4가지의 유형으로 정리할 수 있다.

A 유형 지역(라임색 면과 남색 선)은 상용 이동통신망 커버리지와 체감 통신 품질 모두 양호한 지역으로, 이러한 지역은 상용 이동통신망이 원활히 작동하므로 PS-LTE 이동기지국 배치 없이 PS-LTE 통화권 확보가 가능하다.

D 유형 지역(분홍색 면과 적색 선)은 상용 이동통신망 커버리지와 체감 통신 품질 모두 부족한 지역으로, 재난 상황에서 효과적인 통신을 위해서는 필히 PS-LTE 이동기지국을 배치해야 한다.

C 유형 지역(분홍색 면과 남색 선)은 상용 이동통신망 커버리지의 통신 불능지역이나, 산정상부에 위치하여 일부 체감 통신 품질이 양호한 지역으로 PS-LTE 이동기지국 없이 PS-LTE 통화권 확보가 가능하다.

마지막으로 B 유형 지역(라임색 면과 적색 선)은 상용 이동통신망 커버리지로는 통신이 가능하다고 공개되어 있으나, 산림 도로 체감 통신 품질 결과는 통신이 불가능한 것으로 나타났으므로 PS-LTE 통화권 확보를 위해서는 PS-LTE 이동기지국을 배치해야 한다.

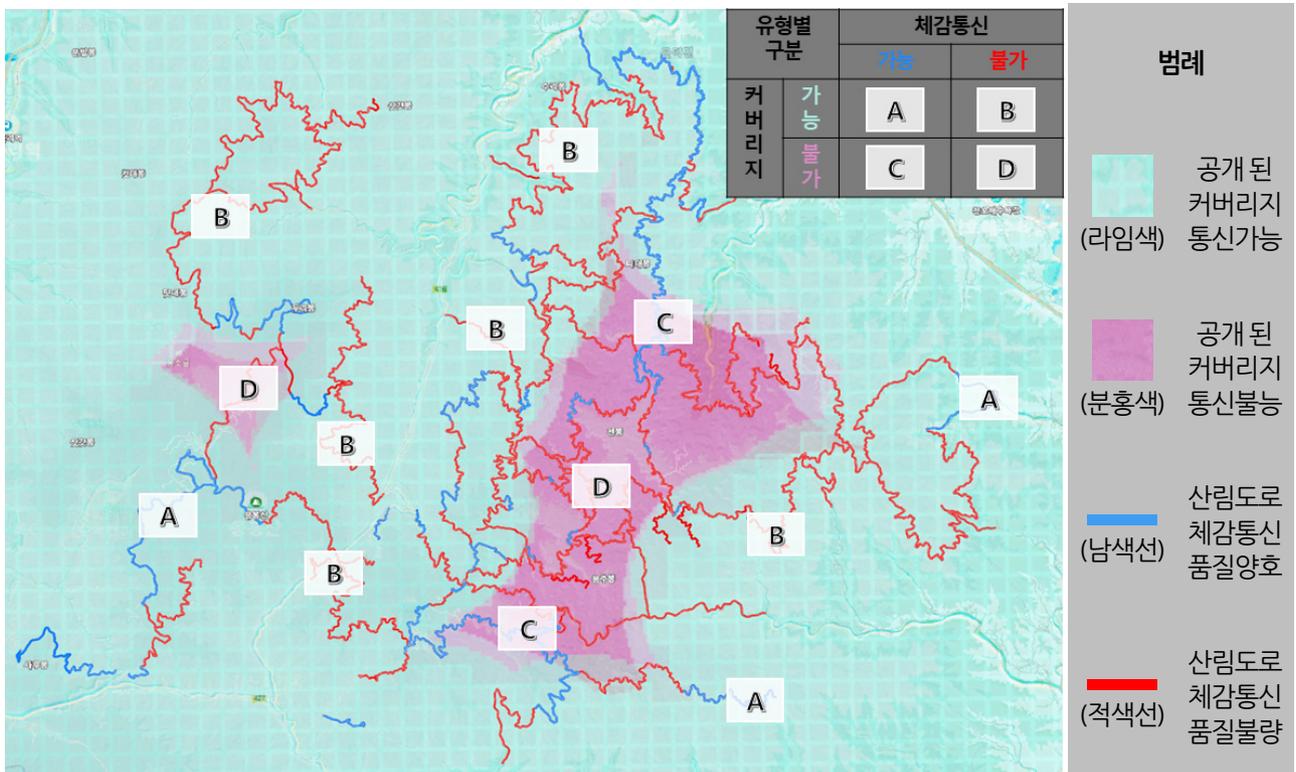


Fig. 7. Mapping LTE coverage in mountainous areas & forest road perceived communication quality measurement results

비교분석 결과를 좀 더 입체적으로 살펴보면, 공개된 상용 이동통신망 커버리지 기준으로 A와 B지역은 기지국에서 일정 범위 안에 있는 통신 가능 지역을 나타내며, C와 D지역은 통신 음영지역을 나타내고 있다.

체감 통신 품질을 측정된 결과를 기준으로 A와 C지역은 통신이 가능하나, B와 D지역은 통신이 불가능한 지역으로 측정되었으며, B와 C지역은 공개된 상용 이동통신망과 체감 통신 품질 측정 결과의 공간상 불일치가 발생했다. 이러한 결과가 나타난 이유는 B의 경우 기지국과의 단순 직선거리로는 충분히 통신이 가능한 거리에 위치하고 있으나, 주로 계곡부에 위치하고 있어 지형적 특징으로 통신전파가 도달하지 못하는 현상이 발생한 경우이며, C의 경우는 이와 반대로, 기지국과의 단순 직선거리는 통신 가능 권장 범위 밖에 있으나, 주로 산 정상 부분의 경우 전파가 도달 가능한 최대 거리가 확보되는 자유공간이므로 체감 통신 품질이 양호하게 나타난 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 산지 내 PS-LTE 통화권 확보의 지표가 되는 상용 이동통신망의 중요성을 인식하고, 특정 산지를 중심으로 산림 도로의 체감 통신 품질을 측정하여 공개된 상용 이동통신망 커버리지의 정확성을 분석하였으며 그 결과, 공개된 커버리지 맵과 실제 체감 통신 품질 간 공간적 불일치가 발생하는 것으로 나타났다.

따라서, 현재까지는 산지 지역에서 산불 등 재난 발생 시 PS-LTE 의 안정적인 통화권 확보를 위해서는 공개된 상용 이동통신망의 커버리지와는 별개로 PS-LTE 이동기지국을 기본적으로 사용토록 결정해야 할 것이므로 행정안전부의 제1차 재난안전통신망 기본계획에 따른 PS-LTE 이동기지국의 추가 확보가 요구된다.

향후, PS-LTE 이동기지국 사용을 효율적으로 선택하기 위해서는 산지와 같이 지형변화가 심한 지역이라도 공개된 커버리지맵의 정확성이 추가로 확보되어야 할 것이며, 이는 기존 커버리지 분석 방법보다 정확한 통신 가능 커버리지맵의 구축이 필요하다.

다만, 본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 공간적으로 삼척시 산림 도로에 국한한 분석이므로 국내 다른 산지 및 지역에 확대하여 해석할 수 없다. 둘째, 실험을 수행한 시기는 수풀이 우거진 7월로 체감 통신 품질이 상대적으로 악조건인 시기에 측정하였으나 실험 시기에 따라 다른 결과가 도출될 가능성은 존재한다. 셋째, 체감 통신 품질 측정자는 삼척국유림관리소 근무 직원으로 개인차에 따른 차이를 극복하고자 체감 통신 품질 측정을 1인이 실시한 것이 아닌, 4개의 그룹으로 조사하였으며 보다 객관적인 판단을 하고자 노력하였으나 그룹 간 차이는 일부 발생할 수 있다. 마지막으로 상용 이동통신망은 PS-LTE의 주파수(700MHz)와 다르며, PS-LTE 통화권 확보의 보조수단으로 PS-LTE의 다양한 기지국 확보 수단 중 일부를 이해해야 한다.

본 연구는 그 동안의 선행연구에서 다루지 않은 산지에 대한 PS-LTE 통화권 확보와 관련하여 실제 체감통신품질 측정을 수행한 점에서 기존 연구와의 차별성이 있다. 본 연구가 산지재난 발생 시 PS-LTE 통화권 확보를 위한 통신 체계 구축 연구의 기초자료로 활용되기를 기대한다.

Acknowledgement

본 연구는 산림청 산림 분야 재난·재해의 현안 해결형 연구 개발(R&D) 중 산불 지역 사고 예방 및 재난 대응을 위한 저궤 도위성 활용 방안 연구(RS-2024-00403687)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

References

- [1] Choi, J.W. (2022). A Study on the Verification of Coverage and Communication Quality of LTE-R and LTE-Maritime. Ph.D. Dissertation, Graduate School of Korea University.
- [2] Gangwon-do Mountain Fire Prevention Center (2022). The red wind that took away the green of spring, Gangwon-do Mountain Fire Prevention Center Press Release.
- [3] Jang, S.J., Kim, B.Y., Lee, S.H., Kim, H.J. Song, T.H., Shim, W.S. (2023). "Increased utilization of LTE-maritime networks based on user requirements." Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 29, No. 7, pp. 812-818.

- [4] Kim, D.S., Kim, B.J., Lee, M.K., Park, H.K. (2022). "A study on the construction of geospatial importation of forest road using mobile mapping system." *Journal of The Korean Cadastre Information Association*, Vol. 24, No. 2, pp. 30-39.
- [5] Kim, J.S., Ko, M.S. (2020). "Securing plan for PS-LTE wide-area maritime communication area." *Korean Journal of Public Safety and Criminal Justice*, Vol 29, No. 2, pp. 103-130.
- [6] Kim, Y.K., Yoon, Y.G., Kim, J.Y., Song, Y.S., Choi, S.W. (2017). "Functional Analysis between LTE-Railway and Public Safety-LTE." *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 20, No. 1, pp. 20-30.
- [7] Korea Forest Service (2023). FGIS map. <https://map.forest.go.kr/forest/> (accessed July)
- [8] KT (2023). Coverage map website of KT, <https://nqi.kt.com/> (accessed July)
- [9] Lee, H.J., Lee, J.J., Yun, H.S. (2019). "Strategic utilization plan research of spatial data for disaster management on slope hazard areas." *Journal of the Korean Society for Geospatial Science*, Vol. 28, No. 4, pp. 69-78.
- [10] Lee, K.W., Park J.K. (2021). "MMS data accuracy evaluation by distance of reference point for construction of road geospatial information." *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 39, No. 6, pp. 549-554.
- [11] Lee, K.W., Park, J.K. (2022). "Evaluation of utilization of unmanned aerial laser surveying system for road geospatial data set construction and inspection." *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 40, No. 6, pp. 513-519.
- [12] Lee, W.W., Park, K.E. (2023). "Research on quality measurement of public safety communication network on highways." *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, p. 787.
- [13] LGU+ (2023). Coverage map website of LGU+, <http://coveragemap.uplus.co.kr/> (accessed July)
- [14] Ministry of the Interior and Safety (2018). Request for Proposals to Establish, Operate, and Maintain a Disaster Safety Communication Network Business Area. Ministry of the Interior and Safety Press Release.
- [15] Ministry of the Interior and Safety (2021a). Develop a Mobile Station System that can be used during Disasters. Ministry of the Interior and Safety Press Release.
- [15] Ministry of the Interior and Safety (2021b). First Disaster Safety Communication Network Master Plan(2022-2026). Ministry of the Interior and Safety Press Release.
- [17] Park, D.K. (2023). A Study on the Improvement of Efficiency and Disaster Safety in Airport Movement Area. Ph.D. Dissertation, Graduate School of Korea Aerospace University.
- [18] Park, H.R. (2022). A study on radio interference analysis between LTE-R and PS-LTE using Monte-Carlo simulation. Ph.D. Dissertation, Seoul National University of Science and Technology.
- [19] SKT (2023). Coverage map website of SKT, <https://sktcoverage.com/> (accessed July)
- [20] Telecommunications Technology Association (2017). LTE based Railway Communication System Performance Test Specification. TTAK.KO-06.0458.
- [21] Yeom, D.G., Ryu, J.S., Bae, K.P., Park, B.J. (2022). "A study on the forest welfare policies in Republic of Korea: Focusing on the analysis framework of Gilbert and Terrell." *The Journal of Korean institute of Forest Recreation*, Vol. 26, No. 2, pp. 1-16.