

200 MHz帯自営LTE通信網を用いた 緊急車両通信システムの実証実験

Field Trial of Emergency Vehicle Communication System with 200-MHz Band Private LTE Communication Network

福島 勇 武 河 上 省 吾 寺 田 賢 司
Isamu Fukushima Shogo Kawakami Kenji Terada

井 上 健 次 斉 藤 等
Kenji Inoue Hitoshi Saito

技術論文

要 旨

大規模地震などの災害が発生した場合、当該地域の公衆通信網の途絶にともない、医療情報の伝達が困難となる可能性がある。このような状況の回避を目的として、当社の200 MHz帯LTEシステムを含む自営通信網によって被災地内外を接続し、医療活動に必要とされる情報の共有を可能とするシステムの実証実験が実施された。この実証実験により、基地局より半径約5 km圏内において、走行する端末局装置搭載車両から、基地局を介してコアネットワークへ、音声データだけでなく映像データも、安定して伝送できることが確認された。

Abstract

In the event of a disaster such as a large-scale earthquake, there is a possibility that the transmission of medical information becomes difficult due to the disruption of the public communication network in the area concerned. For the purpose of solving the problem, a field trial of the system has been conducted that enables the sharing of information required for medical activities by connecting the disaster area and the outside through a private communication network including JRC's 200-MHz band LTE system. In this field trial, it has been confirmed that not only audio data but also video data could be stably transmitted from a traveling vehicle equipped with terminal station equipment to the core network via the base station in a radius of approximately 5 km from the base station.

1. まえがき

警察、消防、救急などの公共安全分野において、日本では、パブリックセーフティネットワークとして、自営無線通信網が整備されている。それらは、災害発生により公衆通信網が途絶した場合に大いに有用となる。しかしながら、かつてアナログ方式が主流であった自営無線通信網は、デジタル方式の導入も進められてはいるものの狭帯域であるため、その主な用途は音声通信であり、災害発生時に必要とされる大容量データ伝送には不向きであった。

この実態を受け、当社は、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム「レジリエントな防災・減災機能の強化」の一環として実施された「災害時通信途絶下における高度医療のための情報インフラに関する実証実験」において、実験試験局の免許人である国立研究開発法人情報通信研究機構に対し、開発した200 MHz帯LTEシステムを提供し、災害現場などにおける映像データ伝送の実現に向けた実験に協力した。

本稿では、緊急車両通信システムの概要、無線回線品質の評価及び本システムによる映像データ伝送の実現に向けた実験について報告する。

2. 実証実験の概要

日本においては、大規模災害発生時にDMAT (Disaster Medical Assistance Team: 災害派遣医療チーム) が被災地における医療情報の収集・伝達、トリアージ、治療・搬送、医療機関支援などを行うスキームがあり、災害発生時にDMATの活動を支える緊急通信手段を確保することが重要な課題である。

以下に記述する実証実験は、200 MHz帯LTEシステムにより緊急通信手段として構築する自営通信網及び医療支援アプリケーションの評価を主目的とするものである。

3. システムの概要

3.1 システムの構成と機能

実証実験のシステム構成を図1に示す。200 MHz帯LTEシステムの主なコンポーネントは、コアネットワーク (EPC: Evolved Packet Core)、無線基地局装置 (eNodeB: Evolved Node B)、端末局装置 (CPE: Customer Premises Equipment)、基地局管理装置 (EMS: Element Management System) である。

以下、システムの主な機能を示す。

(1) 高画質映像データのリアルタイム伝送

端末局（車両）に設置されたカメラで撮影している映像のデータが、LTE回線を介して、センター局のストリーミングサーバへ伝送される。ストリーミングサーバは、各拠点からの要求を受けて映像データを当該拠点へ送出する。本機能の活用例として、災害現場の様子や緊急車両に収容した患者の様子を、リアルタイムの高画質映像により遠隔地（複数箇所）で確認するなどのシーンが挙げられる。

(2) 1対多の通信

無線基地局装置は、複数の端末局装置との同時通信が可能である。このため、図1に示すセンター局と複数の端末局（車両）との間でスマートフォンを用いて通話することができる。

(3) インターネットアクセスの提供

被災地と被災地外の地域が自営通信網によって接続されることにより、被災地外の拠点を介し、公衆通信網途絶下の被災地にインターネットアクセスを提供することが可能となる。

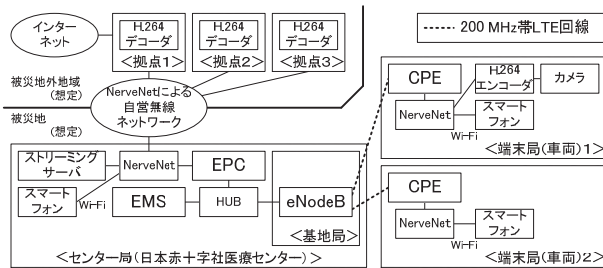


図1 システム構成

Fig.1 System configuration

3.2 LTE無線装置の諸元

実証実験に使用した200 MHz帯LTEシステムを構成する無線装置の諸元を表1に示す。使用周波数は200 MHz帯であり、携帯電話などで利用されている、いわゆるプラチナバンド（700～900 MHz帯）よりも電波伝搬上の回折性が強い。そのため、見通しの確保が難しい都市部での通信において有利となる。また、無線基地局装置（eNodeB）は、電波伝搬状態に応じて最適な変調方式を自動選択する適応変調や、無線基地局装置における受信電力に応じて端末局装置の送信出力を自動的に可変するパワーコントロールといった制御機能により、通信の安定化を図る。また、MIMO（Multiple Input Multiple Output）技術の採用により、スループットを向上させている。

表1 LTE無線装置の諸元

Table 1 Specifications of radio equipment

項目	諸元
(1) 無線基地局装置 (eNodeB)	
(a) 無線機	
複信方式	TDD
周波数	195 MHz
送信電力	5 W + 5 W
周波数帯域幅	5 MHz未滿
多元接続方式	下り：OFDMA 上り：SC-FDMA
変調方式	下り：QPSK, 16 QAM, 64 QAM 上り：QPSK, 16 QAM
アンテナ数	2 (2×2 MIMO対応)
(b) アンテナ	
アンテナ型式	コーリニア型アンテナ
利得	5.15 dBi
(2) 端末局装置 (CPE)	
(a) 無線機	
最大送信電力	5 W
(b) アンテナ	
アンテナ型式	ホイップ型アンテナ
利得	2.15 dBi

3.3 アンテナ設置条件

基地局アンテナの地上高は約60 mである。アンテナから南西方向は見通しが利くが、北東方向は近傍に構造物がある。

4. 無線回線品質の評価

4.1 評価方法

下記2項目について測定し、無線回線の品質を評価した。

- (1) 端末局におけるRSRP (Reference Signal Received Power：LTEの受信品質を表す代表的指標のひとつ)
- (2) センター局-端末局間の通信におけるスループット

スループットについては、無線基地局装置と端末局装置を同軸ケーブルで接続した系での測定を、事前に実施した。この目的は、電波伝搬損失などの影響を排した環境下での最大スループットを測定し、得られた結果を無線回線品質の評価基準とすることにある。

表2に測定結果を示す。UDP通信での最大スループットは、ダウンリンク（センター局から端末局方向）で約15 Mbps、アップリンク（端末局からセンター局方向）で約4 Mbpsであることから、実証実験では無線回線の最大スループット

を測定するために、これらの値を超えるトラフィックを伝送路に与えた。

表2 有線接続時のスループット測定結果
Table 2 Throughput in wired connection

プロトコル	送信方向	送信データ長	送信データグラム数/秒	スループット
UDP	ダウンリンク	1,250 Byte	5,000	約15 Mbps
	アップリンク			約4 Mbps

4.2 端末局におけるRSRPの測定

RSRPの測定は、基地局を設置した日本赤十字社医療センター（以下「日赤医療センター」）の周囲を、測定器を搭載した端末局（車両）にて走行しながら行った。図2にRSRPの測定結果を、図3に基地局からの距離とRSRPの関係をそれぞれ示す。実証実験エリアが都市部であり、電波伝搬に対する建物の影響が郊外に比べて大きい環境であったが、回折性が比較的強い200 MHz帯の周波数を使用したこともあり、基地局アンテナが見通せない高層ビル群の影となる場所においても、一定以上のRSRPが得られた。また、高い周波数の電波と比べ伝搬損失が少ないため、伝搬距離が比較的長いものとなっている。基地局を中心とする同心円上の地点において、基地局からみて北東方向のRSRPが、他方向のRSRPより低くなっているが、これは基地局アンテナの設置条件（北東側の構造物の影響）によるものと考えられる。

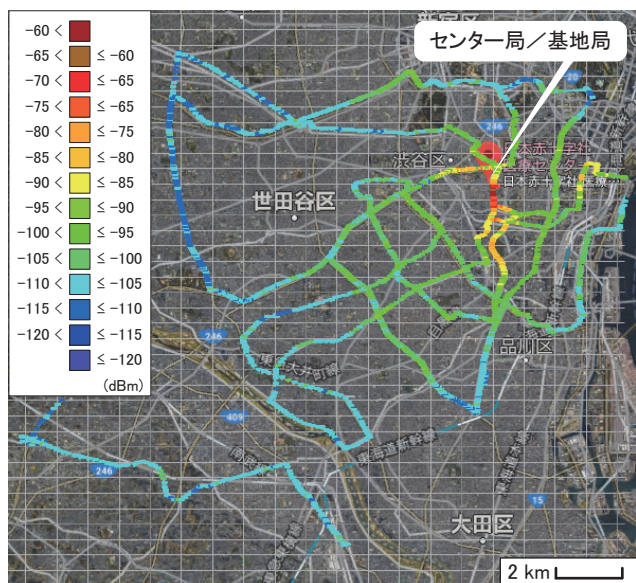


図2 端末局におけるRSRP
Fig.2 RSRP of terminal station

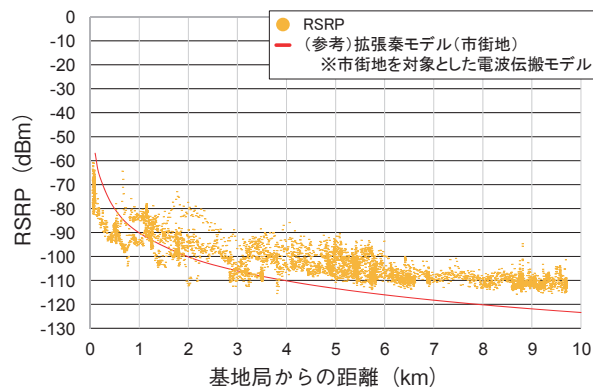


図3 基地局からの距離とRSRP
Fig.3 RSRP versus distance from base station

4.3 センター局—端末局間の通信におけるスループット測定

スループットの測定は、基地局を設置した日赤医療センターの周囲を、端末局（車両）にて走行しながら行った。図4、図5にスループットの測定結果を示す。また、図6に基地局からの距離とスループットの関係を示す。基地局アンテナの近傍に構造物がない方向に対する通信可能距離が比較的大きく、直線距離で約7 kmに達する場所もあった。また、適応変調やダイバーシティ受信等による回線品質向上が、伝送距離の拡大に寄与している。ダウンリンクについては、基地局近傍のRSRPの高い地点においては、MIMOの効果が十分に発揮され、高いスループットが観測された。

ダウンリンクのスループットが低下傾向を示す区間でも、アップリンクにおいてはその傾向がみられないことがある。これは、端末局は市街地を走行しているため、環境ノイズレベルが基地局の設置場所よりも全体的に高く、さらにその変動が激しいことに起因していると考えられる。

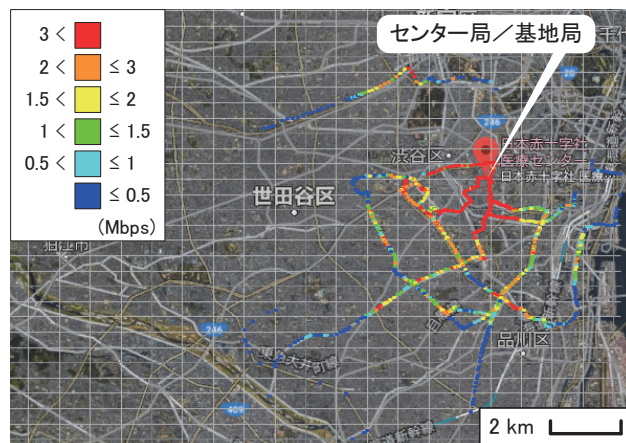


図4 センター局—端末局間におけるスループット
(ダウンリンク)
Fig.4 Throughput between center station and terminal station (downlink)

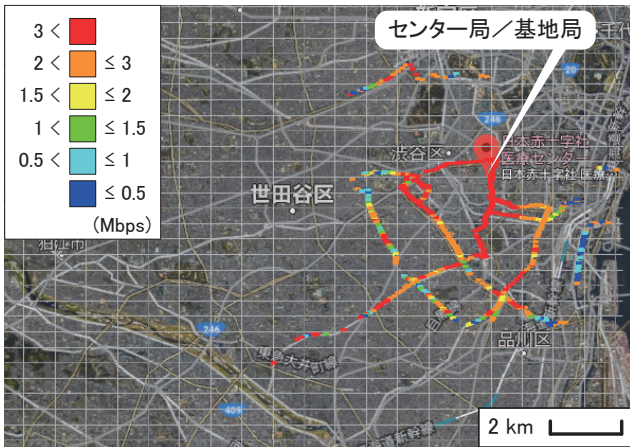


図5 センター局—端末局間におけるスループット (アップリンク)

Fig.5 Throughput between center station and terminal station (uplink)

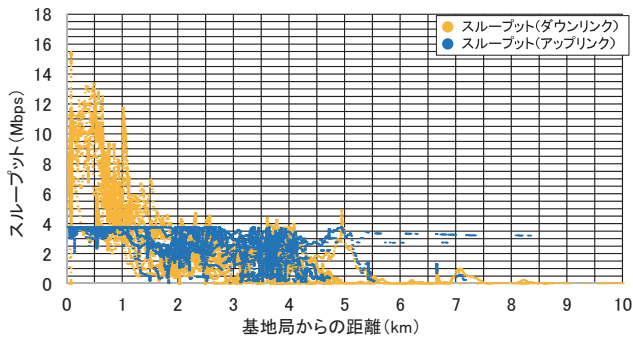


図6 基地局からの距離とスループット (ダウンリンク及びアップリンク)

Fig.6 Throughput versus distance from base station (downlink and uplink)

5. 映像データ伝送実験

本システムにおける重要な課題は、緊急車両が搬送する患者の様子を遠隔地で確認できるようにすることである。これを可能とすべく、伝送する映像データ信号を、ビットレート572 kbps、フレームレート6 fps、解像度(ライン数)720とした。ビットレートは、スループット測定結果を踏まえ、LTEサービスエリア内の広範囲にわたって実用上問題ない品質の映像を伝送できるよう設定した。また、映像による確認対象の情報として「患者の動き」よりも「患者の顔色や傷の詳細な様子」を重視するため、フレームレートを抑えて解像度を上げた。

基本的には、前章で言及したスループット測定において、設定した映像ビットレートを上回るスループットが得られている区間では、映像データの伝送が可能であると考えられる。端末局搭載車両を用いた実地検証の結果、日赤医療センターから南に直線距離で約6.8 kmの地点まで映像データの伝送ができることを確認した。図7に、走行中の端末局搭載車両のリアルタイム高画質映像及び位置情報を日赤医療センターにてモニタしている様子を示す。



図7 LTE通信網を介したリアルタイム高画質映像伝送
Fig.7 Live streaming in high definition via LTE network

6. あとがき

本稿では、200 MHz帯LTEシステムが、災害時通信途絶下における高度医療のための情報インフラとして、有用なものとなり得るのかを検証した。この結果、見通しの確保が難しい都市部においても、基地局から半径約5 km以内のエリアにおいては、本システムにより安定した映像データ伝送が可能であることが判明した。

当社は、引き続き200 MHz帯の活用に向けて尽力し、災害医療をはじめとする公共安全分野において、広く貢献していく所存である。

謝辞

本実験を進めるにあたり、御指導いただいた国立研究開発法人情報通信研究機構 大和田泰伯様に感謝申し上げます。本実証実験は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム「レジリエントな防災・減災機能の強化」の一環として実施されました。

用語一覧

CPE: Customer Premises Equipment
eNodeB: Evolved Node B
EMS: Element Management System
EPC: Evolved Packet Core
LTE: Long Term Evolution
MIMO: Multiple Input Multiple Output
OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access (直交周波数分割多元接続)
QAM: Quadrature Amplitude Modulation (直交振幅変調)
QPSK: Quadrature Phase Shift Keying (四位相偏移変調)
RSRP: Reference Signal Received Power
SC-FDMA: Single Carrier Frequency Division Multiple Access (シングルキャリア周波数分割多元接続)
TDD: Time Division Duplex (時分割複信)
UDP: User Datagram Protocol