

狭帯域LTE-Advancedの標準化動向

2023年4月5日

楽天モバイル株式会社

本日のご説明内容

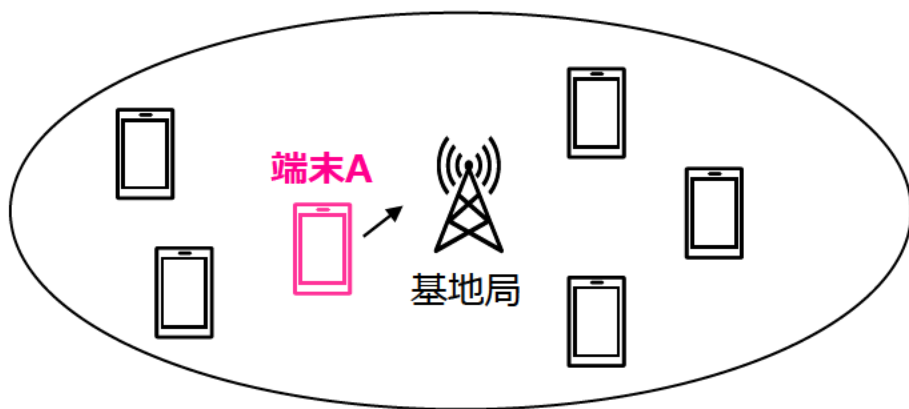
- LTEシステムの概要
- 狭帯域LTEシステムの概要
- 国内で使用されている周波数帯等における3MHz幅の3GPPにおける規定
- 3MHz幅を含むキャリアアグリゲーションについて
- 3MHz幅システムにおけるeMTC及びNB-IoT
- 3MHz幅の5G NR導入に関する検討状況
- 3MHz幅システムの国際的な利用状況
- 700MHz帯の国際的な利用状況

LTEシステムの概要（1）

- Long-Term Evolution (LTE) システムは、第3世代移動通信 (3G) システムからの更なる周波数利用効率向上を目的として、標準化団体 3rd Generation Partnership Project (3GPP) において、2009年に初期リリースが策定されており、国内外で幅広く利用
- LTEシステムは、基地局と端末間の伝搬状況に応じて、端末の送信電力や端末が使用する周波数を**基地局からきめ細かく制御**しており、**周波数の有効利用と低消費電力を両立した第4世代の移動通信システム**
- 端末から基地局へのアップリンク送信では、端末の回線状況に応じてリソースブロック (RB) ※を割り当てており、**最大限の周波数有効利用**を可能としている

※リソースブロック：LTE通信に割り当てられる周波数と時間の基本単位

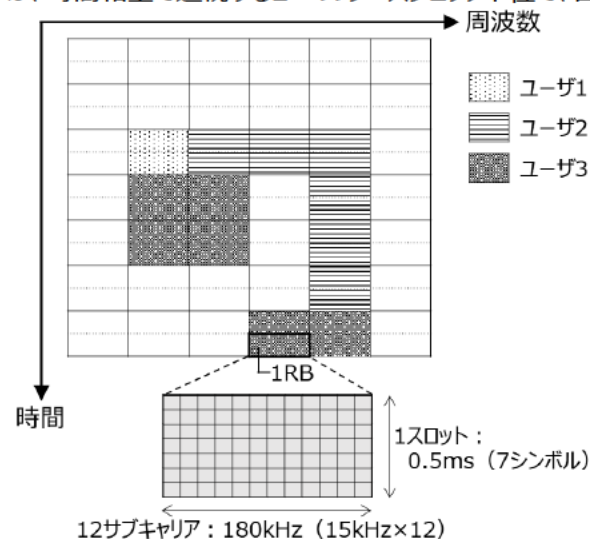
端末の送信電力制御



- ✓ 端末の送信電力を基地局が適切に制御
- ✓ 回線状況に応じてリソースブロックを割当て

端末の送信リソースブロック (RB)

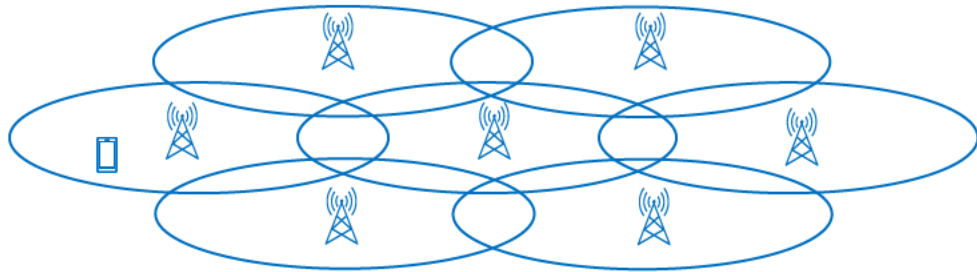
- 周波数軸上では12サブキャリア (180kHz)、時間軸上では7シンボル (0.5ミリ秒) が基本単位
- 12サブキャリア×7シンボルが「1リソースブロック」(RB)となる
- 各ユーザへは、時間軸上で連続する2つのリソースブロック単位で、回線状況に応じて割り当てられる



LTEシステムの概要（2）

- 稠密な基地局展開を行うことで、端末と基地局間の伝搬ロスが小さく保たれる状態となり、**端末の送信電力を下げることが可能**
- 拡張秦モデルで計算した電波伝搬ロスは高い建物や障害物の少ないルーラル部で都市部に比べて小さく、**適切なエリア設計**により、**ルーラル部でも都市部と同レベルの端末送信電力分布で運用**することができる

端末の送信電力とエリア設計について



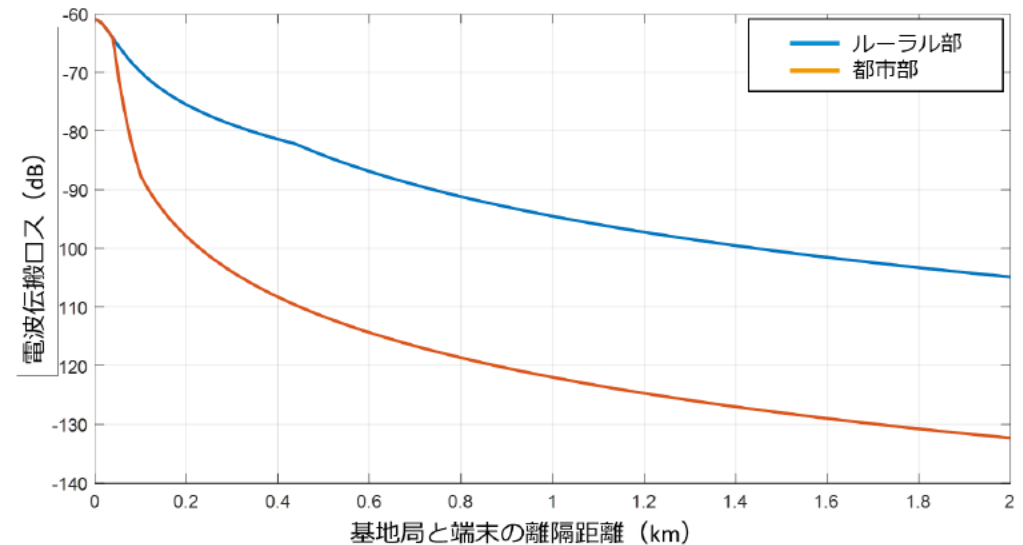
稠密な基地局展開により、端末と基地局との間の伝搬ロスが小さく保たれるようになり、端末の送信電力は更に低下



又は、セル内にフェムトセル基地局（屋内）を設置することで、そのエリア付近の端末送信電力を下げることが可能
（設置するのは700MHz帯以外の周波数の基地局でも同様の効果有）

都市部とルーラル部の電波伝搬ロスの比較

基地局高40m、端末高1.5m、周波数715MHz、拡張秦モデルにて計算した都市部（市街地）とルーラル部（開放地）の「電波伝搬ロス」と「基地局と端末の距離」の関係は下図の通り



狭帯域LTEシステムの概要

- LTEのリリース当初から、1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz、20MHzの帯域幅が規定
- 1.4MHz幅、3MHz幅のシステムは、第3世代移動通信システムからの円滑な移行等を考慮して規定

3GPP LTEシステムにおけるチャネル帯域幅の定義及び700MHz帯での規定状況

チャネル帯域幅	1.4MHz	3MHz	5MHz	10MHz	15MHz	20MHz
送受信 リソースブロック数※1	6	15	25	50	75	100
700MHz帯 (Band 28) の各帯域幅規定有無※2	-	○	○	○	○	○
下り最大通信速度※3 (Mbps)	11.8	29.4	49.0	97.9	146.9	195.8
上り最大通信速度※3 (Mbps)	4.5	11.3	18.8	37.5	56.3	75.0

※1 LTEシステムでは、1リソースブロック (RB) (180kHz幅) を最小単位として通信が行われる

※2 3GPP Release 11 (2013年) で初めてBand 28が規定され、その時点から3MHzを含む規定となっている

※3 3GPP TS 136.213 Transport block size tableを参照し、2×2MIMO、下り265QAM、上り64QAMの場合の理論的な速度を計算

国内で使用されている周波数帯等における3MHz幅の3GPPにおける規定

- 国内でFDD方式の携帯電話システムで利用されている周波数の中では、**700MHz帯**、**800MHz帯**、**900MHz帯**、**1.7GHz帯**について、**3MHz幅システムの3GPP規定が存在**
- 国内で割当が実施されていない周波数帯を含めると、20以上の周波数帯（バンドクラス）で3MHz幅の規定が存在

国内でLTE-Advancedに使用可能な周波数帯についての3GPPにおける各チャネル帯域幅の規定※1

	チャネル帯域幅					
	1.4MHz	3MHz	5MHz	10MHz	15MHz	20MHz
700MHz帯 (Band 28)	-	○	○	○	○	○
800MHz帯 (Band 26)	○	○	○	○	○	-
900MHz帯 (Band 8)	○	○	○	○	-	-
1.5GHz帯 (Band 11) ※2	-	-	○	○	-	-
1.5GHz帯 (Band 21) ※3	-	-	○	○	○	-
1.7GHz帯 (Band 3)	○	○	○	○	○	○
2GHz帯 (Band 1)	-	-	○	○	○	○

3MHz幅を含むキャリアアグリゲーションについて

- キャリアアグリゲーション (CA※¹) については、国内で使用されている周波数の中でも、**900MHz帯、1.7GHz帯**について**3MHz幅を使用するCAの定義が3GPPに存在**
- 700MHz帯のバンド28について、現時点では3MHz幅を使用したCAは、バンド内CA含め未規定
- CAの組み合わせは、各国の携帯電話事業者の要望を踏まえて3GPPにおいて随時追加されており、700MHz帯の3MHz幅システムを含むCAの組み合わせについても今後3GPP規定に追加することが可能

国内でLTE-Advancedに使用されている周波数帯※²における3MHz幅システムとのCAの3GPP規定有無

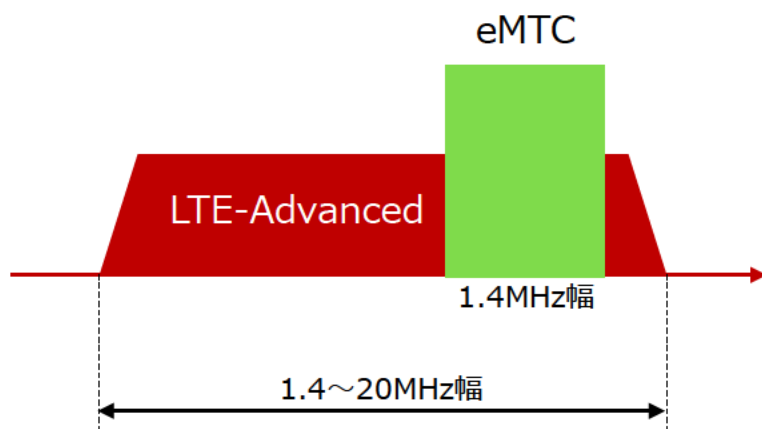
		3MHz幅システム			
		700MHz帯 (Band 28)	800MHz帯 (Band 26)	900MHz帯 (Band 8)	1.7GHz帯 (Band 3)
5MHz幅以上のシステム	700MHz帯 (Band 28)	- (バンド内CA)	-	○	○
	800MHz帯 (Band 26)	-	- (バンド内CA)	-	-
	900MHz帯 (Band 8)	-	-	- (バンド内CA)	-
	1.7GHz帯 (Band 3)	-	-	○	○※ ³ (バンド内CA)
	2GHz帯 (Band 1)	-	-	-	○
	2.5GHz帯 (Band 41)	-	-	○	○
	3.4/3.5GHz帯 (Band 42)	-	-	○	-

3MHz幅システムにおけるeMTC及びNB-IoT

- IoT用途向けの通信仕様である「eMTC」及び「NB-IoT」について、700MHz帯 Band 28でも3GPP規定有
- 「**eMTC**」及び「**NB-IoT**」については、**3MHz幅システムでも利用可能**だが、5MHz幅以下のシステムでは、ガードバンド幅が不足するため、NB-IoTのガードバンド運用を行うことはできない

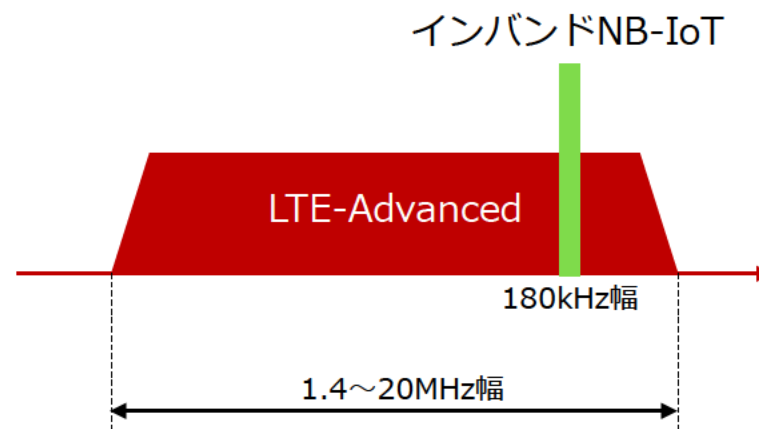
eMTC

1.4MHz狭帯域チャンネルによる運用
(Cat. M1)



NB-IoT

180kHz狭帯域チャンネル（1リソースブロック）による運用
(Cat. NB1、Cat. NB2)

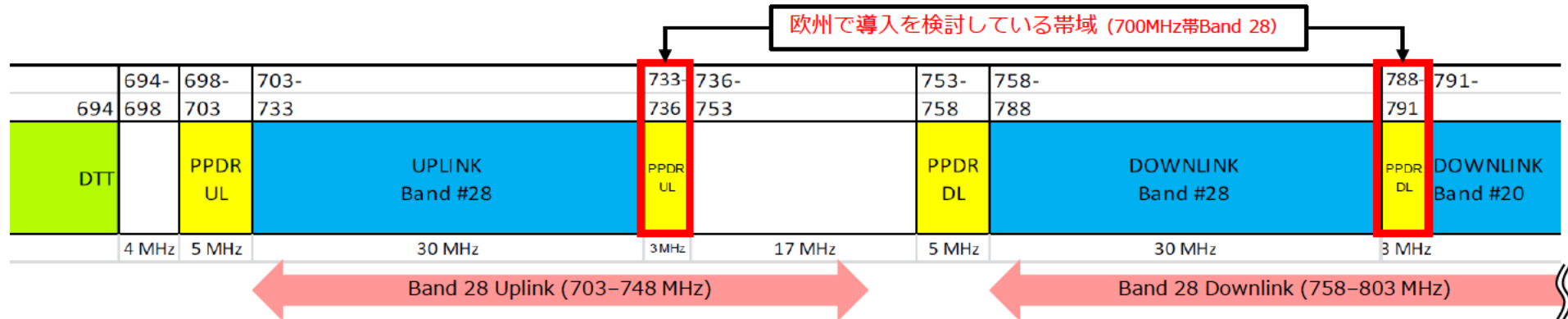


3MHz幅の5G NR導入に関する検討状況

- **3GPP Release 17** (2022年に策定された現時点での最新仕様) には、**3MHz幅の5G NRシステムが規定されておらず、現時点で3MHz幅の5G NRシステムの運用を行うことはできない** (5G NRの最小周波数幅は現時点では5MHz)
- **3GPPにおいて、3GPP Release 18** (2024年策定予定) **での取りまとめに向けて、5MHz未満の帯域幅の5G NR導入に向けた検討が進められている**
- ただし、3GPPにおける検討は、PPDR (公共保安・災害救援通信、Public Protection and Disaster Relief) を想定して検討が開始されたものであることから、**今後国内利用を想定した機能※が盛り込まれるよう3GPPにおける標準化活動を行うことが必要** ※ キャリアアグリゲーションや256QAMなど

5MHz幅未満で5G NRを導入するための3GPPにおける議論

- Work Item 「Enhancements to operate NR on dedicated spectrum less than 5 MHz」にて検討中 (2022年9月~2023年12月)
- 欧州のFuture Railway Mobile Communication System (FRMCS) 及びPublic Protection and Disaster Relief (PPDR) が主な要求元。700MHz帯 (バンド n28) の3MHz幅システムが当該Work Itemに含まれている。



欧州における700MHz帯のPPDR周波数割当状況※1

3MHz幅システムの国際的な利用状況

- LTE-Advancedの3MHz幅システムは、米国、インド、オーストリアなどで利用されている

LTE-Advancedの3MHz幅システムの使用状況（当社調べ）

周波数帯	事業者	国	利用用途
800MHz帯 (Band 26)	Southern Linc	米国 ジョージア州、ミシシッピ州、アラバマ州、フロリダ州※1	業務用無線サービス及び ミッションクリティカル通信
900MHz帯 (Band 8)	Drei Austria	豪州	一般通信
	Bharti Airtel	インド グジャラート州※1	
	Vietnamobile	ベトナム	
1.7GHz帯 (Band 3)	Orange	スロヴァキア	一般通信
	Slovak Telekom		

700MHz帯の国際的な利用状況

- **700MHz帯** (Band 28) のLTEシステムは、**Orange** (仏)、**Vodafone New Zealand** (NZ)、**Telekom Deutschland** (独) など、**49の通信事業者**^{※1}で利用されている
- 700MHz帯 (Band 28) に対応した端末も多く流通しており、グローバルなエコシステムが形成されている

アルゼンチン

- Movistar Argentina
- Claro Argentina
- Personal

ニュージーランド

- Spark New Zealand
- 2degrees Mobile
- **Vodafone New Zealand**

オーストラリア

- Optus
- Telstra

ブータン

- TashiCell

ブラジル

- Vivo (Telefonica)
- TIM Brasil
- Claro Brasil
- Algar Telecom

チリ

- Entel Chile
- Movistar Chile
- Claro Chile
- WOM Chile

クック諸島

- Bluesky Cook Islands

フィジー

- Digicel Fiji
- Telecom Fiji Limited

フィンランド

- DNA
- Elisa Finland

フランス

- **Orange France**
- Bouygues Telecom
- Free Mobile
- SFR

ガイアナ

- GTT Plus

日本

- Docomo
- au (KDDI)
- Softbank

ケニア

- Faiba

キリバス

- ATHKL

マーシャル諸島

- National Telecom. Authority

モンゴル

- MobicCom
- Unitel

ナイジェリア

- Glo Mobile

フィリピン

- Smart Philippines
- Globe Telecom
- DITO

ドイツ

- **Telekom Deutschland**
- Vodafone Germany
- O2 Telefonica Germany

スイス

- Sunrise

台湾

- Asia Pacific Telecom
- Far EastTone
- Taiwan Mobile

タイ

- dtac

トケラウ

- Teletok

ウルグアイ

- ANTEL

※1 以下2サイトを元に集計した当社調べ

<https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b28-700-mhz> (2023年2月2日閲覧)

<https://www.frequencycheck.com/carriers/sfr-france> (2023年2月2日閲覧)

Rakuten Mobile