

5G時代の衛星通信の役割について

KDDI株式会社



5Gが目指していく世界と実現する無線技術(5G NR)

5Gとは何か

8

5Gとは、4Gを発展させた「超高速」だけでなく、「多数接続」、「超低遅延」といった新たな機能を持つ次世代の移動通信システム

- 「多数接続」 → 家電、クルマなど、身の回りのあらゆる機器（モノ）がつながる
- 「超低遅延」 → 遠隔地においてもロボット等の操作をスムーズに行うことができる

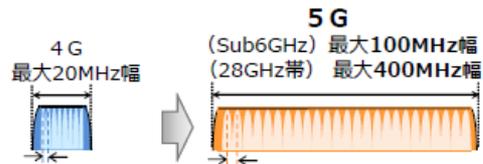
5Gは、IoT時代のICT基盤



社会的なインパクト大

広帯域化などにより速度を向上
4G LTEから5G NRへの方式の変更に加えて、広帯域な周波数の確保・割当てが必要

広帯域化・高周波数帯 (ミリ波) の活用

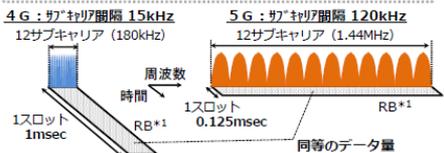


無線フレーム構造の変更などで遅延時間を短縮

衛星通信では、伝搬距離が長く伝搬遅延だけで片道1ミリ秒を超えてしまう

Short TTI (送信単位あたりの時間を短縮)

■ サブキャリア間隔を広くする (スロット単位で割当て)
サブキャリア間隔を広くすることにより、同等のデータ量を短時間で送信可能 ※4Gでは、RB*1 (180kHz, 1msec) のみ



出典: 新世代モバイル通信システム委員会報告概要 2018.07 より抜粋

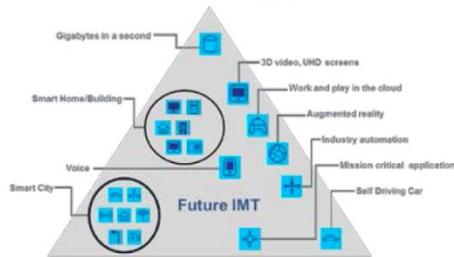
5G時代の衛星通信の役割について（概要）

- 5Gのコンセプトは、総じて「モバイルブロードバンドの高度化」、「大量のマシンタイプ通信（大量接続）」、「高信頼性・超低遅延通信」の3つの側面で大幅な高度化を実現するものである。
- その要求条件は、最高伝送速度・接続機器数については現行LTEの100倍以上、遅延については1/10以下の水準。

<5Gの利用シナリオ>

- ✓ モバイルブロードバンドの高度化 (eMBB)
- ✓ 大量のマシンタイプ通信 (Massive Machine Type Communication)
- ✓ 超高信頼・低遅延通信 (Ultra reliable and low latency communication)

モバイルブロードバンドの高度化 (eMBB)

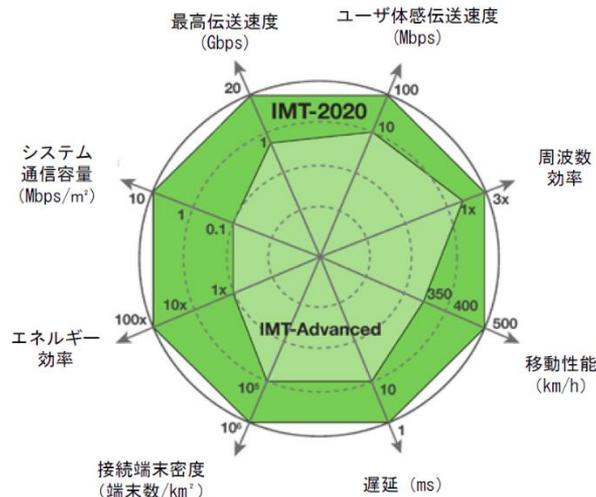


大量のマシンタイプ通信 (Massive Machine Type Communication)

超高信頼・低遅延通信 (Ultra reliable and low latency communication)

<5Gの主な要求条件>

- ✓ 最高伝送速度 20Gbps ※一定の条件下
- ✓ 100万台/km²の接続機器数
- ✓ 1ミリ秒程度の遅延



出典：電波政策2020懇談会報告書より抜粋

衛星通信は5Gの要求条件を全て満たすことが困難である（特に伝送速度や遅延）が、拡張性・同報性・秘匿性という点で5Gのネットワークに貢献でき、これまで同様補完メディアとして重要な役割を果たすと考えられる。

5G時代の衛星通信の役割について（ユースケースと課題）

① バックホール補完による非都市環境や災害地域でのコネクティビティの提供

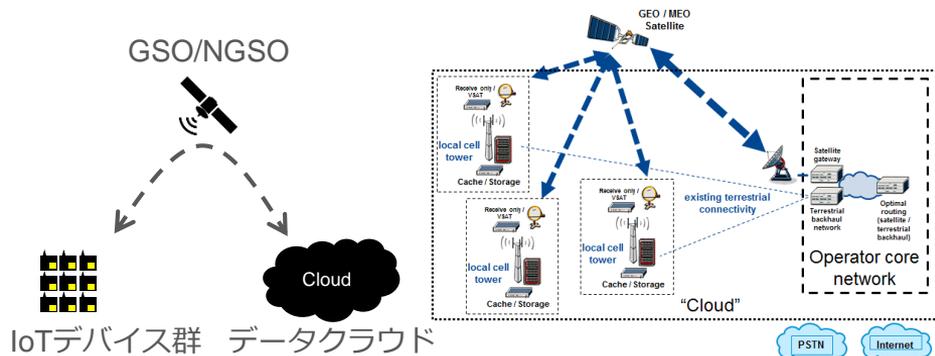


課題

- これまでのセルラーネットワーク（3G/4G）同様、5Gにおいてもバックホール補完の利用が想定されるが、5Gのバックホールに要求される要件（最大伝送速度、伝送容量、ビット単価）との整合をどうとるかが課題。

※バックホールに使われる他の無線媒体（固定無線アクセス、HAPS、ドローン等）との比較・棲分けも要検討。

② 広域に分布したIoT端末からのデータ収集（衛星IoT）や、マルチキャストによる効率的/信頼性の高い通信提供



課題

- IoTとして用いるためには、衛星回線のビット単価を如何に安価にできるか、また、端末を小型化できるかが課題。
- 地上系ネットワークとのシームレスな接続も課題。

出典：Annex 3 to Working Party 4B Chairman's Report, 3 October 2016

5G時代の衛星通信の役割について（標準化等の動向）

EU

出典：衛星を巡る諸問題に関する調査検討作業班報告書（2017.6）等より抜粋

- 官民共同研究プロジェクトとして活動している5GPPPのサポート組織で、ECの次世代通信技術に関する諮問機関として設置されたNetWorld2000において、傘下のSatCom WGが5Gにおける衛星の役割についてレポートをまとめた（2014年）。
- このレポートの中では、マルチメディアコンテンツ配信、遠隔地や海上・航空等も含めた5Gサービスのシームレスな提供、多数のIoT端末からのデータ収集、重要通信（災害や緊急時）の確保等がユースケースとして挙げられ、2020年に向けて、地上系、衛星系の通信システムの統合・相互互換性が高まるとしている。

ITU-R

- ITU-R WP4Bでは、次世代アクセス技術における衛星利用を扱うITU-R報告書（M.[NGAT_SAT]）の作成が進められている。
- 本文書の中では、基地局サーバとコアネットワーク間の中継、地上系ネットワークのバックホール、航空機・船舶との通信、大容量マルチキャスト、IoTデータ直接送受信がユースケースとして挙げられている。

APT

- AWGにおいて、次世代アクセス技術への衛星の統合を扱うAWG報告書がまとめられた（APT/AWG/REP-89）。
- 本文書の中では、APT地域において航空機、船舶との通信、地上系ネットワークのバックホール、衛星IoTが主要なユースケースとして、衛星中継器のフレキシブル化がキー技術として挙げられている。

3GPP

- 3GPPにおいて、非地上系のネットワークである衛星や無人航空機などによるネットワークについてStudy Itemとして検討が進められ、その結果がレポートTR38.811にまとめられている。
- 本文書の中では、チャンネルモデル、展開シナリオ、5G NR仕様へのインパクトをまとめており、ユースケースとしては遠隔地との通信、対災害性の向上、航空機への通信提供、同報によるソフトウェアのアップデートや緊急メッセージの配布などを挙げている。引き続き2019年12月までStudyが継続中。

欧州における5G-衛星統合プロジェクト動向

資料提供：国立研究開発法人情報通信研究機構

(1) SaT5Gプロジェクト

■ Horizon2020(EU): “SaT5G”プロジェクト<http://sat5g-project.eu>

■ Project Coordinator: Avanti Communications(衛星通信事業者)



目的とアウトプット

- 5GPPを支援してプラグ&プレイベースで衛星コンポーネントを組み込むことを可能とするソリューション策定を目指す
- 3GPPやETSIでのキー技術の標準化に貢献する
- キーテクノロジーの研究と評価を行い、デモ(下記)により検証する
 - ①仮想的端末機能, ②機能の管理、協調性, ③マルチリンク機能, ④統合的モバイルエッジコンピューティング機能
- SaT5Gのユースケースで商業的価値のある事業を開発

(2) SATis5プロジェクト

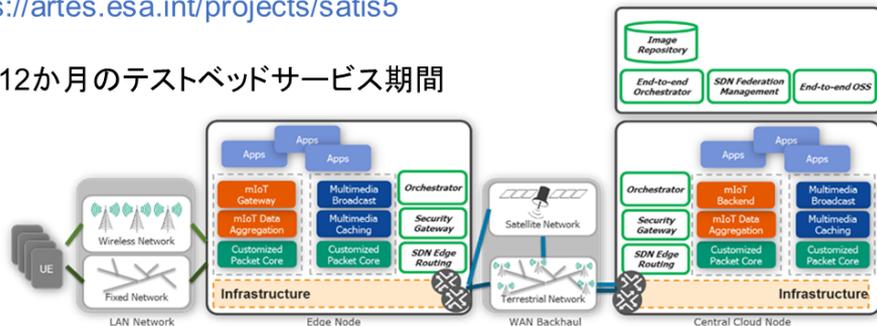
■ ESA ARTES Program: “SATis5”プロジェクト<https://artes.esa.int/projects/satis5>

■ Prime contractor: EURESCOM

■ 2017年10月開始、24か月の期間とその後12か月のテストベッドサービス期間

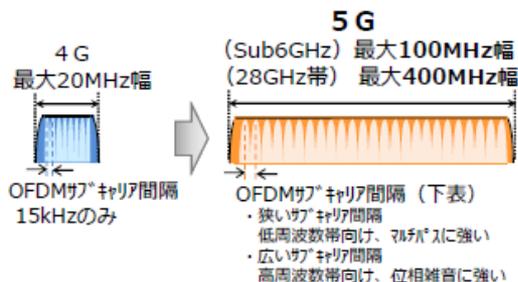
目的

- 5Gのユースケースに対する衛星技術の利点を
実証するテストベッドを提供
- テストベッドはGEO, MEO衛星リンクとエミュレータ、
シミュレータ

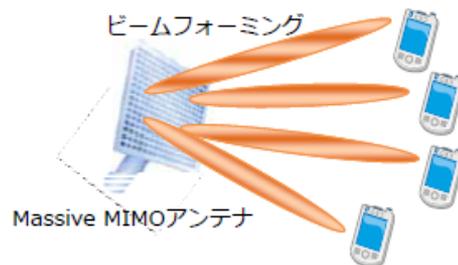


- ✓ 1コンポーネントキャリア(CC)幅について、Sub6GHzでは最大100MHz幅、28GHz帯では最大400MHz幅まで対応することにより、超高速・大容量通信の実現。
- ✓ アンテナ素子の小型化、多素子アンテナの位相や振幅制御により、指向性を持たせたビーム(ビームフォーミング)を作り出す超多素子アンテナ(Massive MIMO)が期待。任意の方向に電波のビームを形成することによるカバレッジの拡大、複数ユーザとの同時通信による超高速・大容量通信の実現。

広帯域化・高周波数帯(ミリ波)の活用



Massive MIMO/ビームフォーミング



3GPP Band	サブキャリア間隔 [kHz]	1 CC (コンポーネントキャリア) 幅 [MHz]													
		10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	400	
Sub 6GHz	3.3GHz ~ 4.2GHz	15	✓	✓	✓	✓*	✓	✓							
	n77	30	✓	✓	✓	✓*	✓	✓	✓	✓*	✓	✓	✓		
	n78	60	✓	✓	✓	✓*	✓	✓	✓	✓*	✓	✓	✓		
	3.3GHz ~ 3.8GHz	15					✓	✓							
	4.4GHz ~ 5.0GHz	30					✓	✓							
	n79	60					✓	✓			✓				
28GHz帯	26.5GHz ~ 29.5GHz	60											✓	✓	
	n257	120											✓	✓	

* 30MHz/70MHzはBand n77/n78における基地局側のみ使用可能

出典: 新世代モバイル通信システム委員会報告概要 2018.07 より抜粋

- ✓ Short TTI(送信単位の時間長の短縮、Short Transmission Time Interval)、Fast HARQ-ACK(高速再送制御、Fast Hybrid Automatic Retransmission request - ACKnowledgement)により、超低遅延を実現 ※3GPPで詳細検討中。今後変更される可能性有

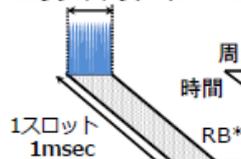
Short TTI (送信単位あたりの時間を短縮)

■ サブキャリア間隔を広くする (スロット単位で割当て)

サブキャリア間隔を広くすることにより、同等のデータ量を短時間で送信可能 ※4Gでは、RB*1 (180kHz, 1msec) のみ

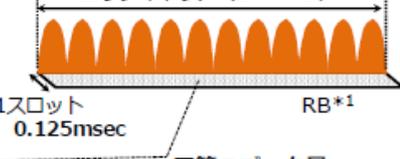
4G : サブキャリア間隔 15kHz

12サブキャリア (180kHz)



5G : サブキャリア間隔 120kHz

12サブキャリア (1.44MHz)



周波数

時間

RB*1

RB*1

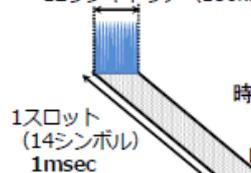
同等のデータ量

■ 単位時間 (TTI) 長をフレキシブルに変更

データ量が少ない場合など、スロット内のシンボル数を変化 (下りの場合2,4又は7シンボルで構成) させて送信可能 ※4G未対応

5G : サブキャリア間隔 15kHz

12サブキャリア (180kHz)



5G : サブキャリア間隔 15kHz

12サブキャリア (180kHz)



周波数

時間

RB*1

RB*1

*1 RB (Resource Block, リソースブロック)
: ユーザーへのデータ送信割当て単位。周波数軸では12サブキャリア固定

Fast HARQ-ACK (高速再送制御)

下り信号の正常受信 (ACK:ACKnowledgement) 又は 再送要求等 (NACK :Negative ACK) について、端末から高速に基地局にフィードバック ※4Gでは、最短3msec*2

下り制御情報(PDCCH)

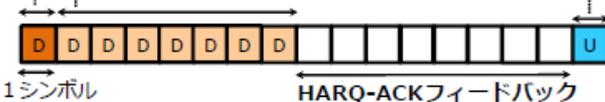
: 端末に対し上りのリソース割当て情報等々を通知 (1-3シンボル)

下りデータ(PDSCH)

: 端末に対しデータを送信 (2,4,7or14シンボル)

上り制御情報(PUCCH)

: 下り信号のACK/NACK, リソース割当て要求等を送信 (Short:1or2シンボル, Long:4-14シンボルの2種類を設定可能)



1シンボル

HARQ-ACKフィードバック

サブキャリア間隔	最短HARQ-ACK フィードバックシンボル数*3
15kHz	8シンボル (0.572msec) or 13シンボル (0.930msec)
30kHz	10シンボル (0.358msec) or 13シンボル (0.465msec)
60kHz	17シンボル (0.304msec) or 20シンボル (0.358msec)
120kHz	20シンボル (0.179msec) or 24シンボル (0.215msec)

*2 下りデータ(PDSCH)のデータ送信終了後から上り制御情報(PUCCH)の送信開始までの時間

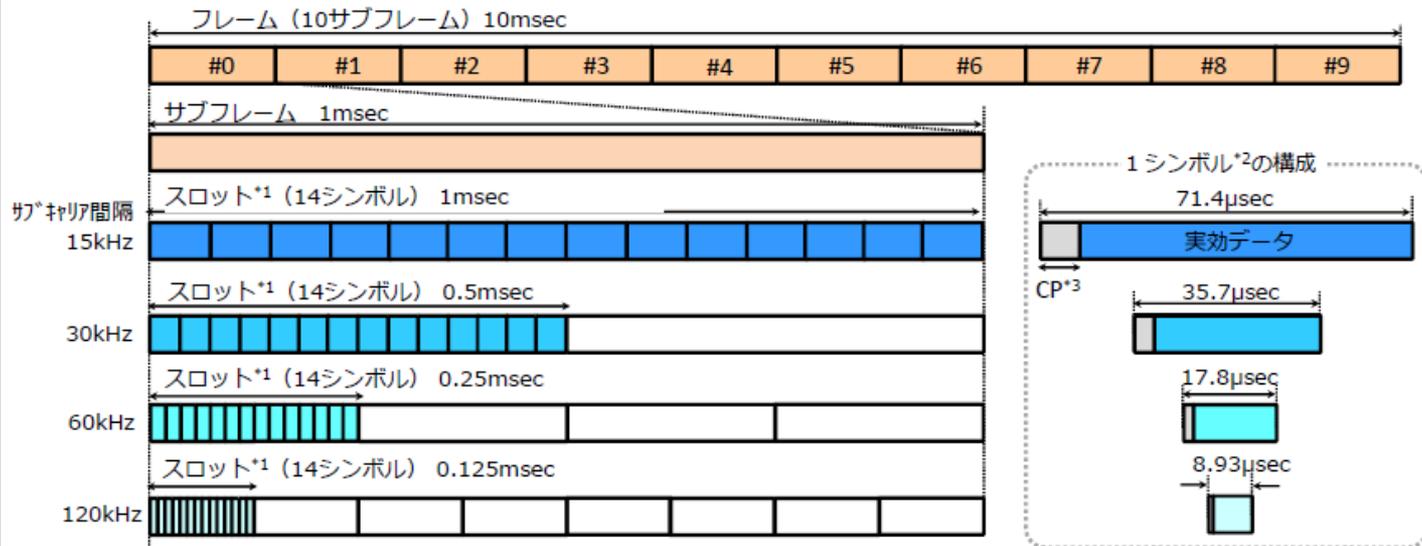
*3 下りデータ(PDSCH)の復調用参照信号のデータ量が大きい場合は、チャネル推定の負荷が増えることから、長いシンボル数を設定

出典: 新世代モバイル通信システム委員会報告概要 2018.07 より抜粋

- ✓ **フレーム構成**: フレーム長(10msec)及びサブフレーム長(1msec)は固定、スロット長及びシンボル長はサブキャリア間隔に応じ異なり、**周波数軸上のサブキャリア間隔が広くなると、時間軸上のスロット長・シンボル長は短くなる。**

※3GPPで詳細検討中。今後変更される可能性有

5G NR フレーム構成



*1 スロット: データのスケジューリング単位。1スロットは、14OFDMシンボルで構成 (※)

※ただし、5G NRでは、スケジューリング時に下り/上りそれぞれ以下のとおりフレキシブルに変更可能

下り: スロット内の任意のシンボルをスタートシンボルとし、最終シンボルが次のスロットへはみ出ない連続する2,4又は7シンボルで構成

上り: スロット内の任意のシンボルをスタートシンボルとし、最終シンボルが次のスロットへはみ出ない連続する1~14の任意のシンボルで構成

*2 シンボル: 伝送するデータの単位。OFDMの場合、複数のサブキャリアから構成。各サブキャリアには複数のビット (例: 64QAMで6ビット) がマッピング

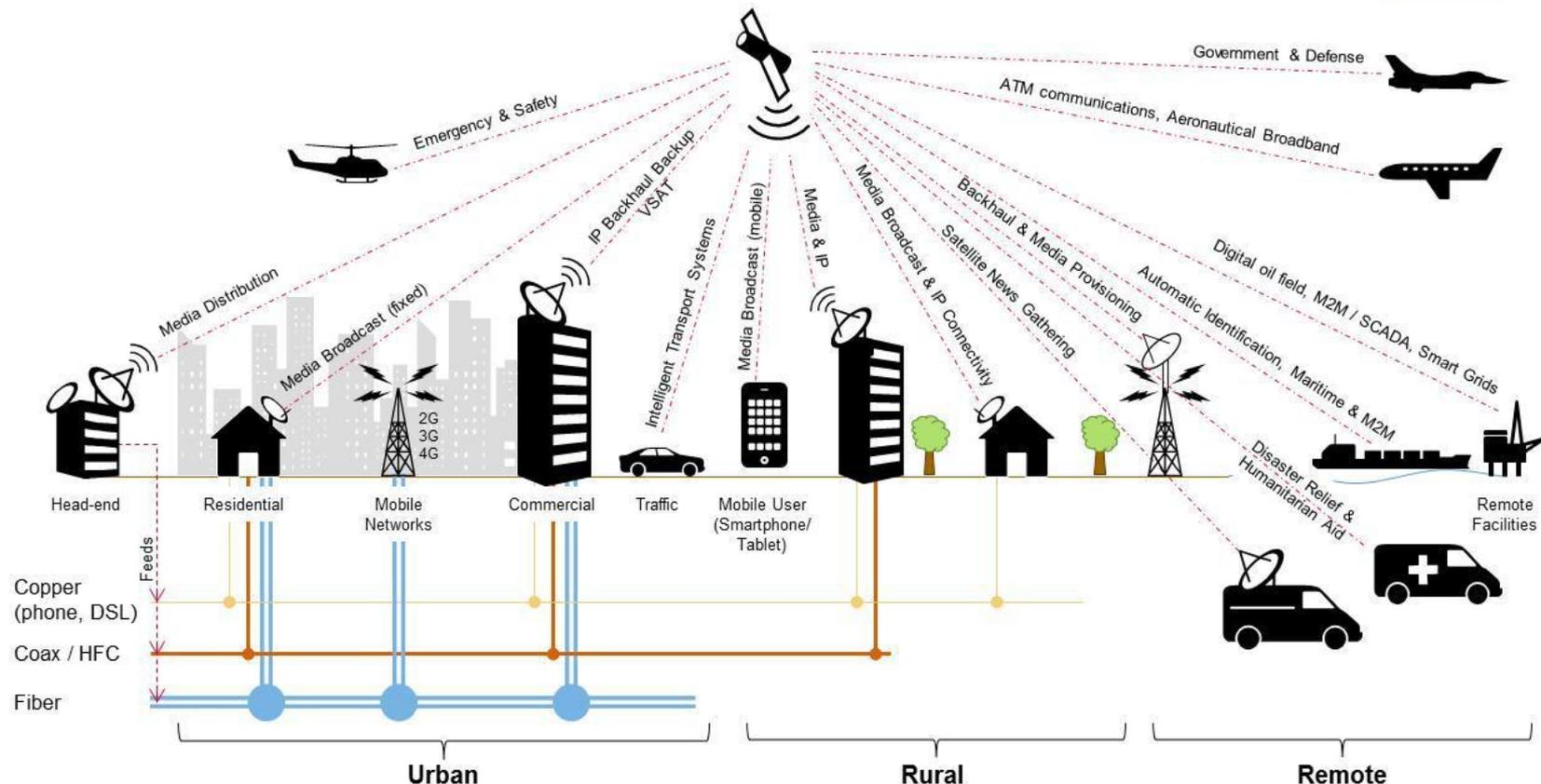
*3 CP (Cyclic Prefix, サイクリックプリフィックス): マルチパスに起因するシンボル間干渉を低減するためのガード期間。シンボル後半の一部分をコピーしたもの。挿入率は、サブキャリア間隔によらず、0.5msec毎に7.2%、その他シンボルは6.6%

出典: 新世代モバイル通信システム委員会報告概要 2018.07 より抜粋

【参考】 将来の通信システムと衛星の役割

Future European Communication Ecosystem

Booz&Co



出典：NetWorld2020's – SatCom WG The role of satellite in 5G