



Changing worlds with you.



5G Evolution and 6G Powered by IOWN

株式会社NTTドコモ

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

社会を大きく変化させる原動力はイノベーションであると考えます。テクノロジーが進化し、情報処理基盤が発達していく中で、社会のデジタル化が加速し、AIやIoTなどの技術が様々な形で社会に入り込んでいきます。

今後あらゆるものがつながるデータ駆動型社会においては、データをサイバー空間に集めて分析し、それをリアルの世界に戻してアクションや制御を行っていくことが重要となります。データの力こそが、イノベーションを生み出す源泉になると考えています。

ドコモは通信事業者として、それを可能とする超高速大容量のネットワークを構築することが使命であり、それを実現するのが「5G Evolution & 6G」だと考えています。

この図は弊社が考える、ネットワーク技術の進化の6つの方向性を示したものです。6Gでは、超高速大容量、超低遅延等の5Gの特徴を一桁から二桁高性能化します。

さらに海、空、宇宙までカバレッジを拡張。徹底的な低消費電力化と低コスト化も図ります。これらの5Gからの飛躍的な性能向上と機能拡張により、サステナブル社会、well being社会の実現につなげていきます。

Changing worlds with you.

^{NTT}
docomo

5G Evolution and 6G 要素技術

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

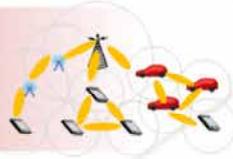
ここから5G Evolution&6Gの取組みの内容について紹介いたします。

5G evolution & 6G : 技術発展と検討領域

Changing worlds with you.

NTT
docomo

空間領域の分散ネットワーク
高度化技術
(New Network Topology)



周波数領域のさらなる広帯域化
および周波数利用の高度化技術



非陸上 (Non-Terrestrial
Network) を含めた
カバレッジ拡張技術



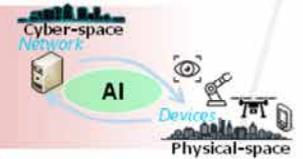
Massive MIMO技術および
無線伝送技術のさらなる高度化



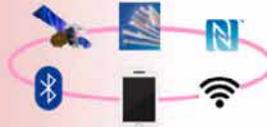
低遅延・高信頼通信 (URLLC)の
拡張および産業向けネットワーク



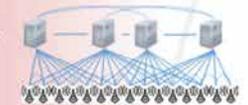
無線通信システムの多機能
化および、あらゆる領域で
のAI技術の活用



移動通信以外の通信技術の
インテグレーション



ネットワーク・アーキテクチャ
の高度化



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

私どもは、6Gとして検討した技術であっても、
早期に実用化可能であれば5Gシステムに導入すべきと考えており、
現行の5Gのさらなる高度化とともに6Gの技術検討を進めています。

こちらのスライドはドコモの考える8つの技術検討領域を示したものです。
詳細な説明は省きますが、「非地上系ネットワーク」や
「テラヘルツレベルの高周波数帯利用」等、幅広い領域を対象としています。

ドコモは、パートナーの皆様とともに、これらの課題に積極的に挑戦し、
実用化に向けた研究開発をリードしていきます。

カバレッジ拡大技術

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

ここからは、カバレッジを広げる技術として、
NTNやHAPS、海中音響通信技術について説明します。

非地上系ネットワーク（NTN）によるカバレッジ拡大

Changing worlds with you.

NTT docomo

	GEO	LEO	HAPS
Altitude (free space path loss)	36,000 km (191.9 dB)	1,000 km (160.7 dB)	20 km (126.8 dB)
Latency (one-way)	120 msec	3.3 msec	0.066 msec
Number to cover Japan	1	Many (need to support entire of earth)	Around 50

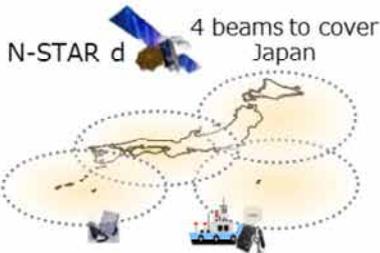


HAPSは多くのユースケースを支え、以下のような利点があります

- 高いデータレート
- 低いレイテンシー
- 危機の小型化
- NW展開の柔軟性



Ex.ドコモのビジネスケース



Spectrum bands:
2.5/2.6GHz (FDD)

Limited data rate
Downlink: 384 kbps
Uplink: 144 kbps

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

私たちは、6G時代に向けてカバレッジを大幅に拡大する必要があると考えています。

2030年代には、人が住んでいる地域だけでなく、海や空などの100%が通信可能な範囲になるはずです。

従来の地上波ネットワークでは、この抜本的なカバレッジ拡大には対応できません。

そのためのソリューションが非地上系ネットワーク、いわゆるNTNです。

NTNには、GEO、LEO、HAPSの3種類のアプローチがあります。

GEO、衛星通信サービスは、日本を含む全世界で提供されています。

GEOは非常に広い範囲をカバーできる反面、距離が非常に長いため、データレートやレイテンシーなどの性能はあまり良くありません。

LEOは、現在、非常に興味深いソリューションです。

すでに大手企業が多く衛星を打ち上げており、近い将来、LEOでの通信サービスが開始されると予想されています。

HAPSも非常に興味深いソリューションです。

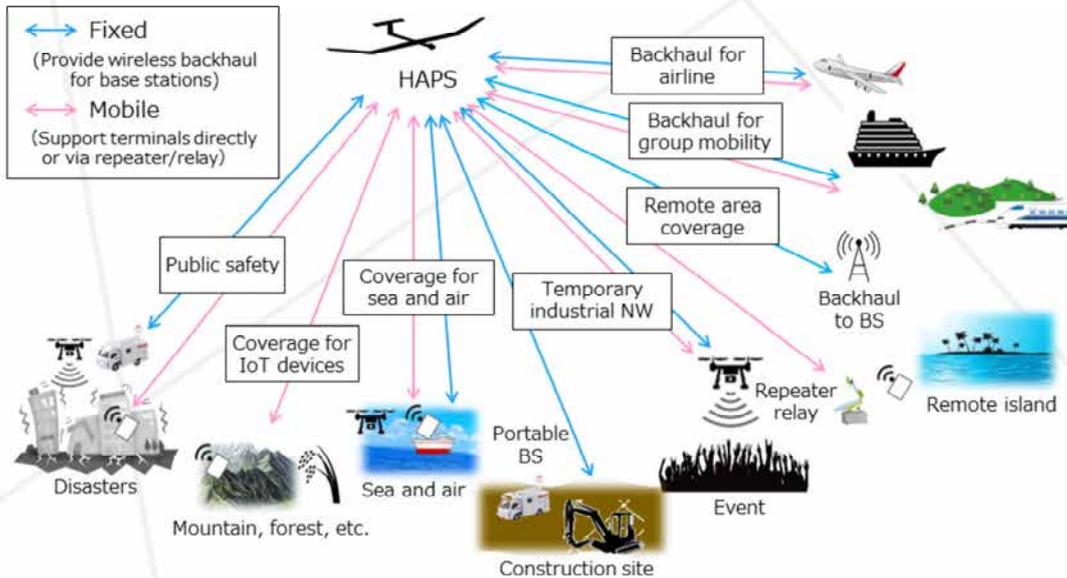
HAPSは20kmという非常に短い距離なので、非常に高いパフォーマンスが期待できます。

HAPSの多様なユースケース

Changing worlds with you.

NTT docomo

・ 公共の安全など、多くの産業向けユースケースで有効に活用可能



Challenges of wireless technology

- Radio interface for long-distance communication
- Efficient frequency utilization scheme between HAPS and ground network
- Network design for efficient interworking between HAPS and ground network

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

HAPSは、データレートやレイテンシーの面で非常に高いパフォーマンスを発揮するため、より多くのビジネスをサポートできると考えています。

HAPSシミュレータ

Changing worlds with you.

NTT
docomo

- HAPSによる空からのカバレッジ提供を模擬した「HAPSシミュレータ」を開発
- 今年度は上りリンク追加・CPE局 / UEダイレクトへの対応・干渉回避機能などを追加

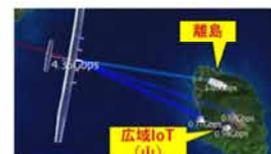
HAPSシミュレータ構成

超カバレッジ性能評価のためのHAPSシミュレータを作成

- HAPSシステムの無線通信パラメータを設定すると、地上の様々な通信環境に応じてシステム容量を計算
- HAPSの様々なユースケースを実現するために必要な通信パラメータを計算
シミュレータ諸元 (簡易版)

Parameter	Feeder link	Service link
Frequency		38 GHz
Bandwidth		≥ 100MHz
Transmission power		34 dBm
Tx peak gain	50 dBi	30 dBi
Rx peak gain		30 dBi
Pass loss model	Free space pass loss	
Rain attenuation	20 dB (when the clouds pass)	
Atmospheric absorption loss	1 dB	

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.



デモンストレーション：様々なHAPSユースケース

HAPSの通信性能を評価するために、HAPSシミュレータを開発しました。

このシミュレータは現在も更新中で、最新版ではダウンリンク、アップリンク、CPEやスマートフォンとのダイレクトリンク、セルバックホールの機能を備えています。

また、工事現場や海上の船舶、上空の飛行機など、様々な環境に応じた地上波ネットワークとの干渉低減や周波数共有などの機能も備えています。主なパラメータは左下の表の通りです。

それでは、HAPSシミュレータをご覧ください。



(プレゼン内で動画の説明をしています。)

画面には2つのHAPSが表示されています。

それぞれのHAPSは、様々な環境下で多くの端末の接続をサポートしています。

左側のグラフは、ユーザースループットとSINRの計算結果の分布です。

この結果から、HAPSを介して多くの端末に数十Mbpsのデータレートを提供できることがわかりました。

現在、シミュレータの最適化を進めており、HAPS通信の評価結果については、またの機会に詳しくご紹介したいと思います。

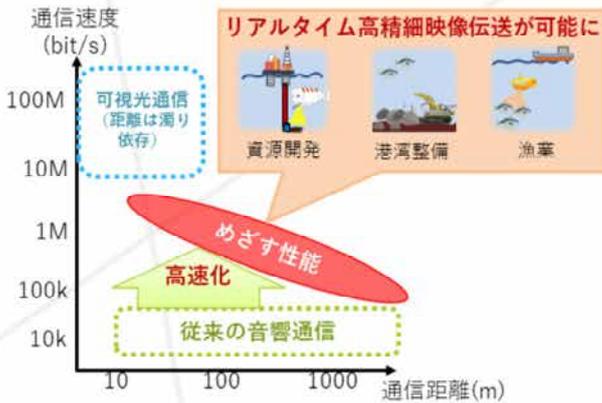
海中音響通信技術

Changing worlds with you.

NTT docomo

- 高速無線通信の未踏領域である海中エリアまでカバレッジを拡張
- 劣悪な波形歪みを補償する時空間等化技術により1Mbit/s超の海中音響通信を実現し、実海域で水中ドローンからの映像伝送にも成功
- 水中ドローンの無線遠隔制御の実現に向け、通信の双方向化・安定性向上、装置の小型・省電力化に取り組み中

■ 本技術の位置づけ



■ 海中音響通信技術



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

私たちは、水中までカバーすることをめざしています。

水中では無線は使えないので、そのための音響MIMO伝送に興味を持っています。

すでに水中で実験を行い、水中ドローンから1Mbps以上の映像伝送を可能にしました。

テラヘルツの取組

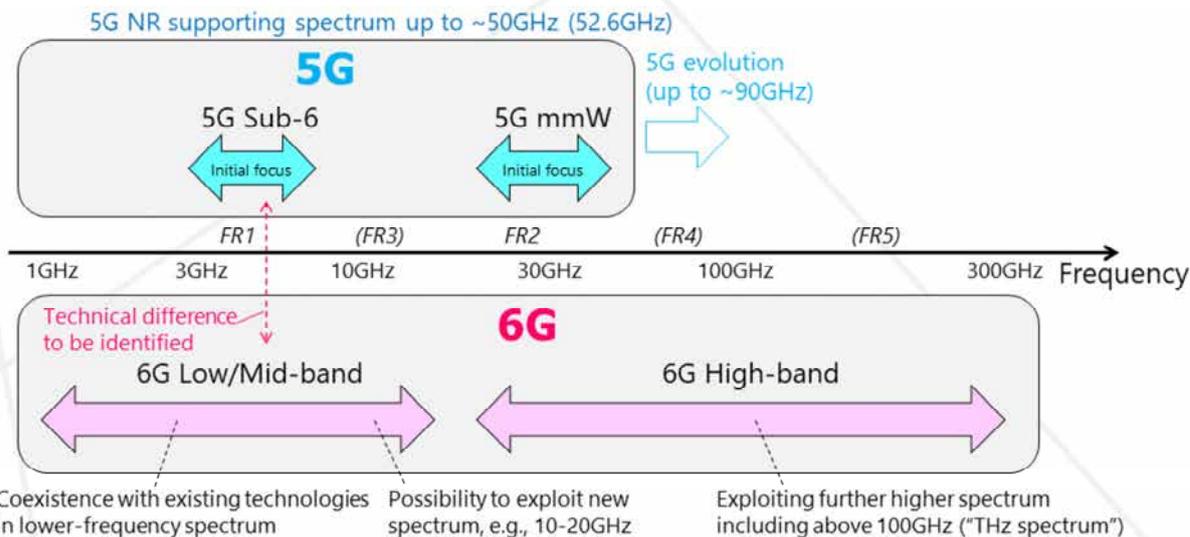
ここからは、テラヘルツの取り組みについて説明します。

6Gに向けた高周波数帯の開拓

Changing worlds with you.

NTT
docomo

- 5G NRでは52.6GHzまでの周波数帯がサポートされ、将来に向けては90GHz程度までの拡張
- 6Gに向けては5Gよりさらに高い周波数帯の「ミリ波」、「テラヘルツ波」（～300GHz帯）の利用を想定。飛躍的に広い帯域幅を利用して、100Gbpsを超える「超高速・大容量」を実現



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

5G NRは50GHz程度までの周波数帯をサポートしており、将来的には90GHz程度まで拡張され则认为しています。

6Gではより高い周波数帯である「テラヘルツ波」を利用し、100Gbpsを超える超高速データ転送を実現する必要があります。

伝搬損失やRFデバイスの入手などの課題を考慮すると、300GHzは6Gの研究対象として最適な周波数であると考えています。

6Gシミュレータ

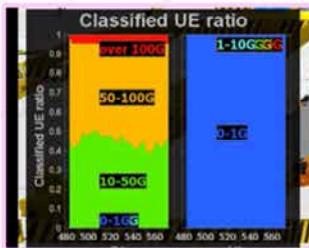
Changing worlds with you.

NTT
docomo

- 6Gの100 Gbps超高速通信評価のためのリアルタイムシステムシミュレータ
- 6GではSub-6やミリ波に加え、100 GHz以上のテラヘルツ波の利用を検討
- 本シミュレータでは、工場を模擬したシナリオにおいて、6Gで100 GHzを利用し、100 Gbps超のユーザスループット達成を確認

中心周波数	100GHz
帯域幅	8000MHz
基地局素子数	4608
基地局送信電力	17 dBm
移動局送信電力	10 dBm
TDD比率	可変

ユーザスループット割合 (DL, UL)



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

その高い周波数帯がどこまで実環境で使えるかという評価の前に
6Gのシミュレータを開発しております。

最新版では、アップリンク性能の評価・TDD比率の変更機能も搭載し、
実際の性能を評価できるようなものを開発しております。

その有効性の評価を進めていきたいと考えております。



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

(プレゼン内で動画の説明をしています。)

Changing worlds with you.

^{NTT}
docomo

6Gユースケース開拓

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

ここから、6Gユースケースの取り組みを紹介します

6G時代の新たなユースケースの検討

Changing worlds with you.

NTT docomo



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

このスライドはモバイル通信サービスに関する我々の見解を示したものです。

5Gまでのモバイルサービスは、物理的にスマートな世界を実現するための機能向上と効率化が図られていると考えています。

一方、6Gでは、ウェルビーイング社会を考え、人間の感覚や感情などをデータとして扱えるようにしていくところまで視野に入れていくべきと考えます。

Ubiquitous body

Telepathy and telekinesis through the network

Go beyond the constraints of space and time

Experience feeling

Superhuman

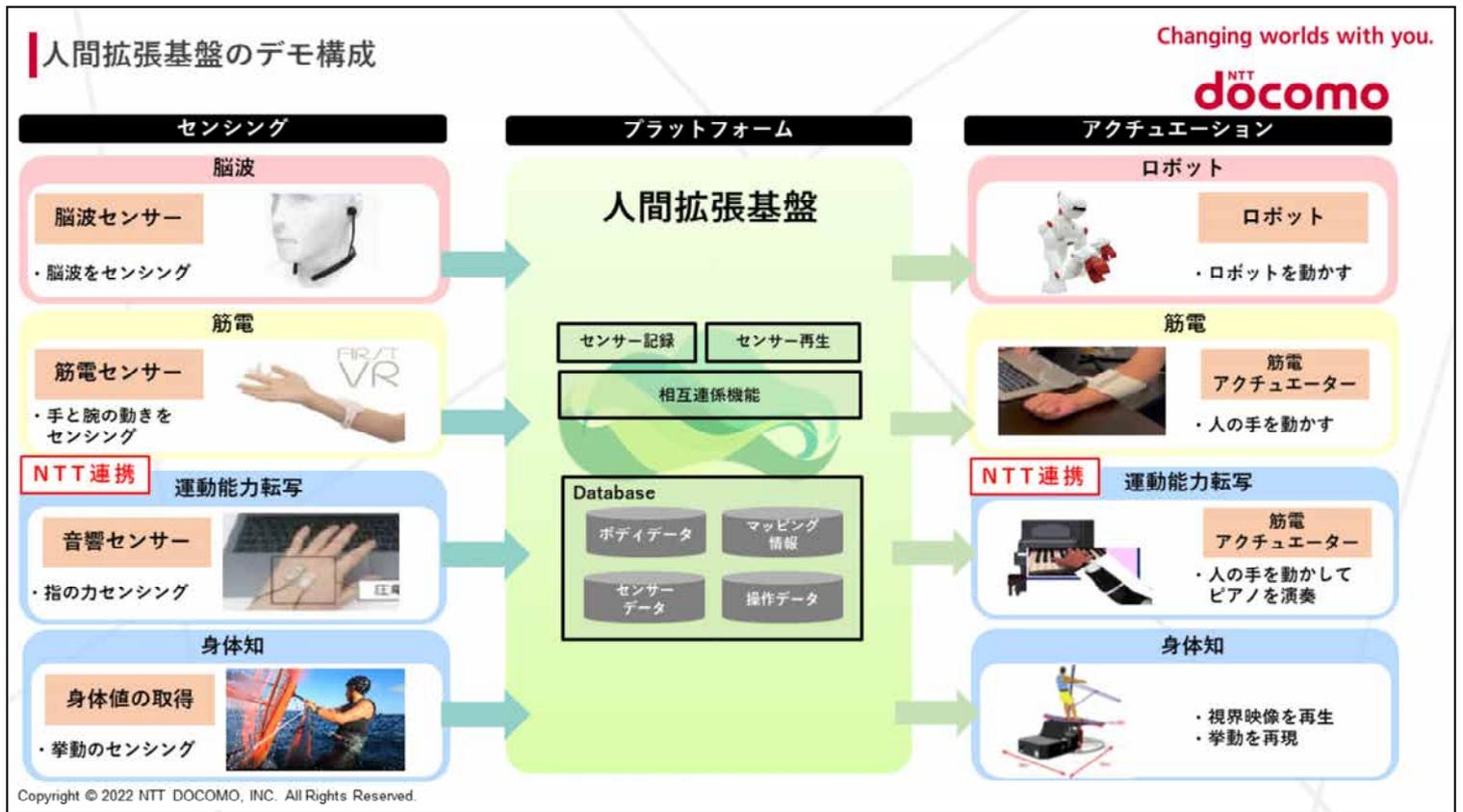
6G faster than nerve impulses!?
Share 5-Senses through the network!

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

6G NWは非常に高いデータレートと低いレイテンシーという点で非常に高性能なので、人間の神経として機能し、人間の能力を補強・拡張することができると考えています。

この図のように、体の動きや五感、感情を6G NWで共有できれば、テレパシーや念力など、SFと言われたような非常に面白い、ワクワクするような新しいサービスを実現することができるのです。

空間や時間の制約を越えて、ユビキタスボディや超人などが実現できるのです。



その実現に向けて、我々人間拡張基盤の用意を進めております。

その実現に向けて我々人間拡張基盤というものを用意してデモできるようにしております。

左側がセンシングを示しています。

こちらで人のデータを取り込み、データ化しプラットフォーム基板上で処理・蓄積・分析を行い、その結果をリアル空間に戻すアクチュエイトをするものです。

戻す先も人であったりロボットであったりします。

それを組み合わせて提供できる基盤となっております。



(プレゼン内で動画の説明をしています。)

こちらのデモでは、人の動きをロボットで伝送させるような技術を実現しております。

こちらでは人間拡張基盤を介して情報を伝送しております。

多少チューニングは必要なところがありますが、

人の動作を着実に再現できるものとなってきております。



(プレゼン内で動画の説明をしています。)

先ほどのデモはロボットに伝えるというものでしたが、
直接人に伝えるというのも実現出来てきております。

右側の方が手をぐーぱーとすることで、人間拡張基盤を介して、
左側の方がグーパーとすることが出来るようになってきております。

多少ぎこちなさではありますが、センサーの性能の改善などが進むことにより、
このような技術もスムーズに使えるようになってくると期待されます。

このようにあるときは人、ある時はロボットに情報を伝えることが出来ますし、
情報をチェーンアップして伝えることなどができるようになると期待しております。

人間拡張基盤のデモ(3)

Changing worlds with you.

NTT docomo



Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

(プレゼン内で動画の説明をしています。)

Changing worlds with you.

^{NTT}
docomo

5G Evolution & 6G powered by IOWN

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

ここから、5G Evolution & 6G powered by IOWNの取り組みを紹介します。

5G Evolution & 6G powered by IOWN

Changing worlds with you.

docomo

IOWNの超大容量・超低遅延・超低消費電力を特徴とする光を中心とした革新的なNW・情報処理技術を有機的に融合し、5G Evolution & 6G はエンド-エンドで多様な価値を提供する次世代情報通信インフラへ進化

**Technology
Elements**

**5G & 6G
EVO**

Powered by

IOWN

Innovative Optical and Wireless Network

**Feedback for
deployment**

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

IOWNも6Gも、2030年代に向けた通信・情報処理基盤であり、超大容量・超低遅延・超低消費電力などめざす方向性は同じものです。

IOWNにおいては、光を中心とした革新的なNW・情報処理技術が検討されていますが、5G evolution&6Gは、このIOWNの技術と有機的に融合させることで、エンド-エンドで多様な価値を提供する次世代情報通信インフラへと進化させることができると考えています。

私どもはこのIOWNとの関係を“5G Evolution & 6G powered by IOWN”と称し、NTT研究所と連携して研究開発を推進しています。

ドコモホワイトペーパー “5G Evolution and 6G”

Changing worlds with you.



- 5G Evolution and 6G (Version 4.0)のホワイトペーパーを2022年1月に公開

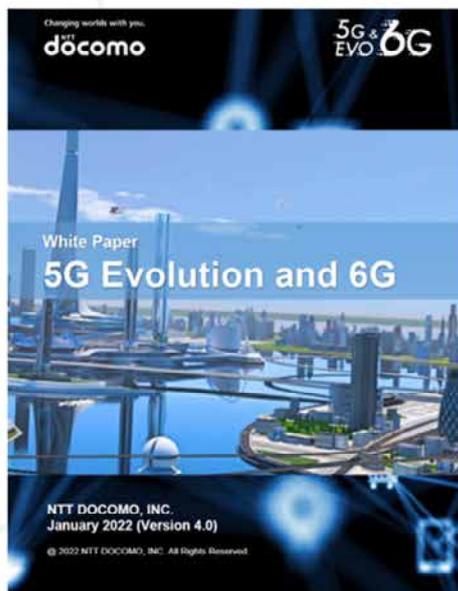


Table of Contents	
1. Introduction	4
2. Direction of Evolution “5G Evolution and 6G”	5
2.1. Direction of Evolution to 5G Evolution	5
2.1.1. Contributions by 5G Evolution	5
2.1.2. 5GPP Release 17 and Release 18 Standardization Trends	7
2.2. Contributions for 6G	8
2.3. Direction of further evolution through combination with 5G/6G	11
3. Requirements and Use Cases	11
3.1. Extreme high speed and high capacity communications	11
3.2. Extreme coverage extension	14
3.3. Extreme low power consumption and low latency	15
3.4. Extreme low latency	15
3.5. Extreme reliable communications	16
3.6. Extreme massive connectivity & sensing	17
4. New Value Proposition in the 6G Era	19
4.1. Convergence of multiple communication systems and changes in the values provided - From Smart to Well-being	19
4.2. Technologies needed for extension in the 6G Era	20
4.2.1. Human augmentation	20
4.2.2. Home Technologies	21
4.2.3. Terrestrial sharing	21
4.2.4. Multidimensional sensory enhancement	21
4.3. Realization of Well-being using the 6G network	21
4.4. Potential Use Cases in the 6G Era	23
4.4.1. Examples use cases	23
4.4.2. System configuration	24
5. Technological development and research areas	24
5.1. New Radio Network Topology	25
5.1.1. Distributed antenna deployment with a “line”	27
5.1.2. Radio propagation path control by RIS	27
5.1.3. Joint optimized coordinated transmission and reception technology	28
5.1.4. WUE 5G in distributed antenna deployment with sensing and energy saving communication	28
5.2. Coverage extension technology including Non-Terrestrial Networks	29
5.3. Technology for further broader frequency access and advancement of frequency utilization	32
5.4. Further advancement of Massive MIMO and wireless transmission technologies	34
5.5. Extension of Ultra-Reliable and Low Latency Communications (URLLC) and industrial networks	35
5.6. Multidimensional wireless communication systems and utilization of AI technology in all areas	37
5.6.1. Wireless sensing technology in cellular network	38
5.6.2. Communication using AI across all networks	40
5.7. Integration of various wireless technologies	41

ドコモホワイトペーパー 5G Evolution and 6G

V. 1.0 (2020年1月24日)

:

V. 4.0 (2022年1月11日)

詳細はWEBからご確認いただけます

DOCOMO 6G White Paper Search

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

最後にホワイトペーパーのご紹介です。

ドコモは、2020年1月にホワイトペーパー「5G Evolution & 6G」を公開して以降、その後も精力的に成果を盛り込み、改版を重ねてきました。

2022/1/11には英語版の最新版として第4版を弊社webページ上に公開しました。

先ほどご説明したIOWNとの関係や通信技術の最新の検討状況を追加しております。是非ご覧いただき、皆様の今後のBeyond 5G検討にお役に立てれば幸いです。

5G Evolution & 6G powered by IOWN コンセプトムービー

Changing worlds with you.

NTT
docomo

5G Evolution & 6G と IOWNの世界観を融合しリニューアル！



ドコモのウェブページで公開しております。

https://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/technology/whitepaper_6g

Copyright © 2022 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

また、5Gの進化と6Gに関するコンセプトビデオも作成し、YouTubeにアップロードしています。
当社のウェブサイトから動画にアクセスすることができます。

以上が私のプレゼンテーションです。ご清聴ありがとうございました。

近い将来、状況が良くなってから、対面で5G Evolution & 6G powered by IOWNについて
皆さんと議論する機会があることを期待しています。

ありがとうございました。



本資料に記載の内容に関するお問合せは
以下メールアドレスまでご連絡ください。

mwc22_5g_evolution_and_6g-mi@nttdocomo.com