

5Gと衛星通信の連携の重要性

東京大学大学院情報学環

中尾彰宏

2019/9/26

欧州で5G PPPでは5Gのアーキテクチャ(2016)の中に衛星通信が組み込まれている

5G PPP Architecture Working Group View on 5G Architecture

White Paper の中には Satelliteという言葉が10回登場する

There are discussions ongoing on **the benefits of using the satellite link as backhaul base station in specific scenarios like redundant infrastructure for disaster recovery or for coverage in emerging markets**. As the capacity of the radio-based uplink to the satellite is limited by the available spectrum and SNR, the achievable capacity is not higher than the one for terrestrial radio links which is between 1-10 Gbs today. Basic research has reached already 100 Gbps terrestrial in spectrum above 100 GHz and commercial systems may be available during the next decade. **As radio link capacity is similar, fixed satellite backhaul of mobile base stations could be considered as a candidate to be integrated into the 5G network as another access branch for some 5G use cases.**

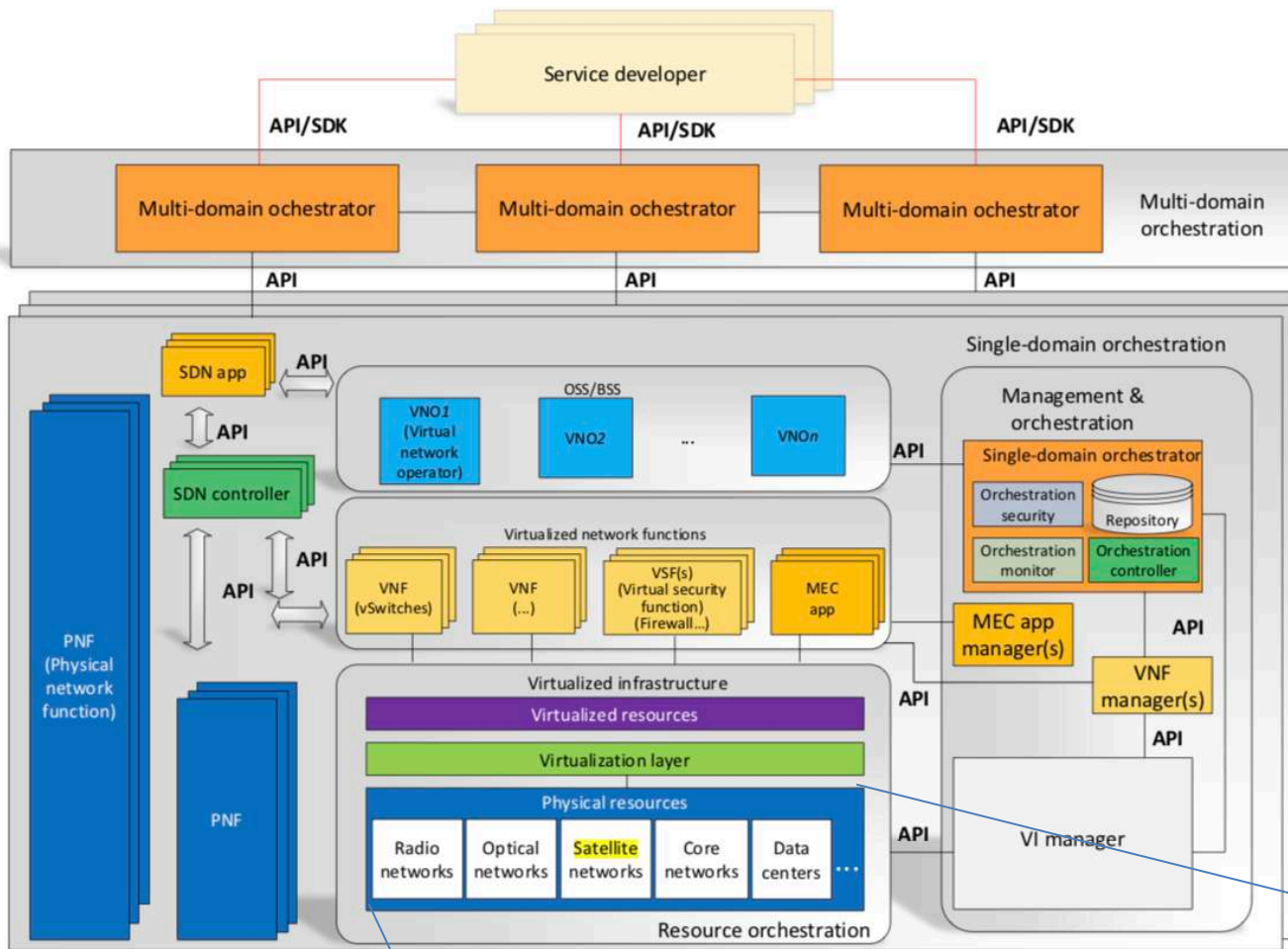
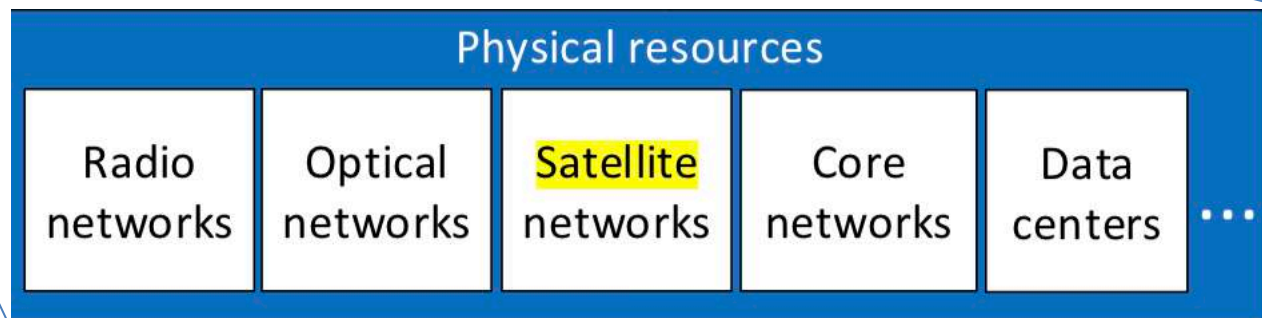


Figure 6-2: NFV/SDN orchestration for services



Japanese Plans for Satellite-Terrestrial 5G Integration R&D Activities

EUCNC 2018

Naoto Kadowaki

National Institute of Information and Communications
Technology (NICT)
Koganei, Tokyo, Japan
naoto@nict.go.jp

Akihiro Nakao

The University of Tokyo
Tokyo, Japan
Nakao@nakao-lab.org

Abstract—There has been little discussion regarding integration of satellite communications and terrestrial 5G mobile networks in Japan. Taking advantages of satellite communications in 5G networks brings benefit to 5G such as expansion of coverage, disaster resiliency and so on. We have proposed to form a consortium to discuss this issue in Japan, and have started studies of useful use cases and identified an action plan. This paper describes the current status of satellite and terrestrial 5G integration activities in Japan based on the discussion.

- Emergency communications when terrestrial systems are heavily damaged by a catastrophic disaster

III. TECHNOLOGY REQUIREMENTS

Low power consumption, light weight and small Earth Station in Motion (ESIM) and network slicing over satellite and terrestrial networks are the main technological challenges for satellite/5G integration.

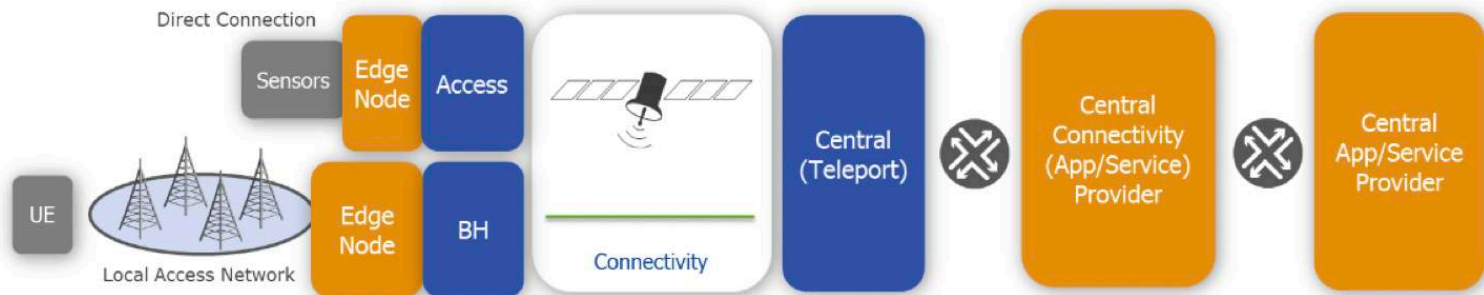
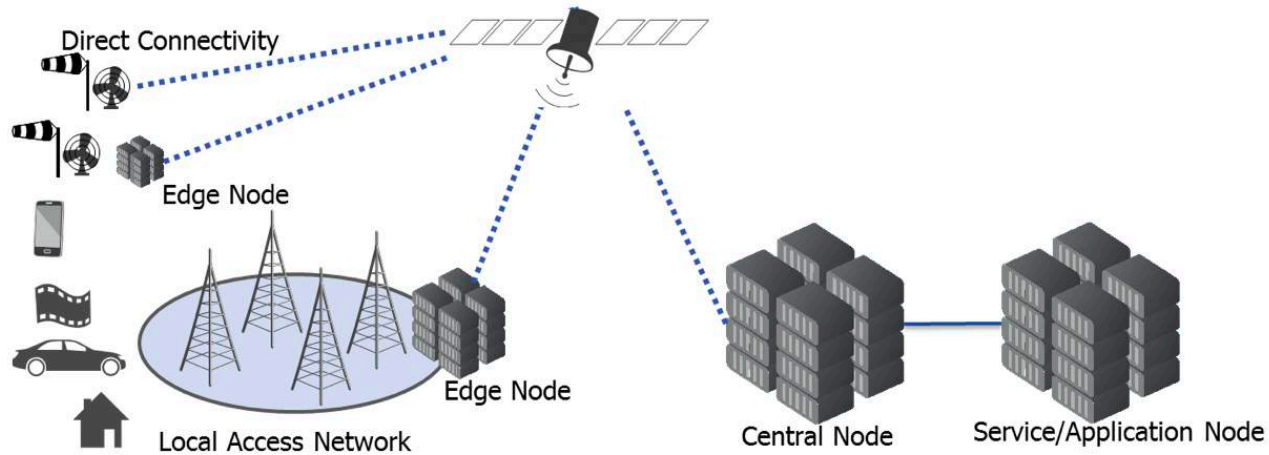
Key:



Fiscal Year	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Epochs		← Deployment of 5G			Operation/evolution of 5G →			
		ETS-IX Launch ▲			Planned Experiment Period →			
Demonstrations (utilizing existing terminals & satellite links / 5G NWs)	System Design	System Development			Demonstration With ETS-IX+5G			
		Pre-Demonstration With Existing Sat+5G			Demonstration With LEO/MEO+5G			
Essential R&D (ESIM, SDN/NFV, G/W station, sat-transponder, etc.)	Concept Design			Fundamental Technology Development			System Development	

Satellite Connectivity Models

- Backhaul – interconnecting remote and dynamic connectivity islands
- Direct to UE – connecting devices without using local terrestrial infrastructure



5G総合実証試験のこれまでの取組と今後の方向性

- 初年度は実際の5G利活用分野を想定した性能評価を目的として、事業者が実施したいテーマと場所で実施。2年目は、ICTインフラ地域展開戦略検討会の「8つの課題」をより意識し、網羅的にテーマを設定。
- あわせて、「5G利活用アイデアコンテスト」を開催し、地方発の発想による実証テーマを募集。最終年度は「5Gによる地方の抱える様々な課題の総合的な解決」に力点を置いた実証を実施。

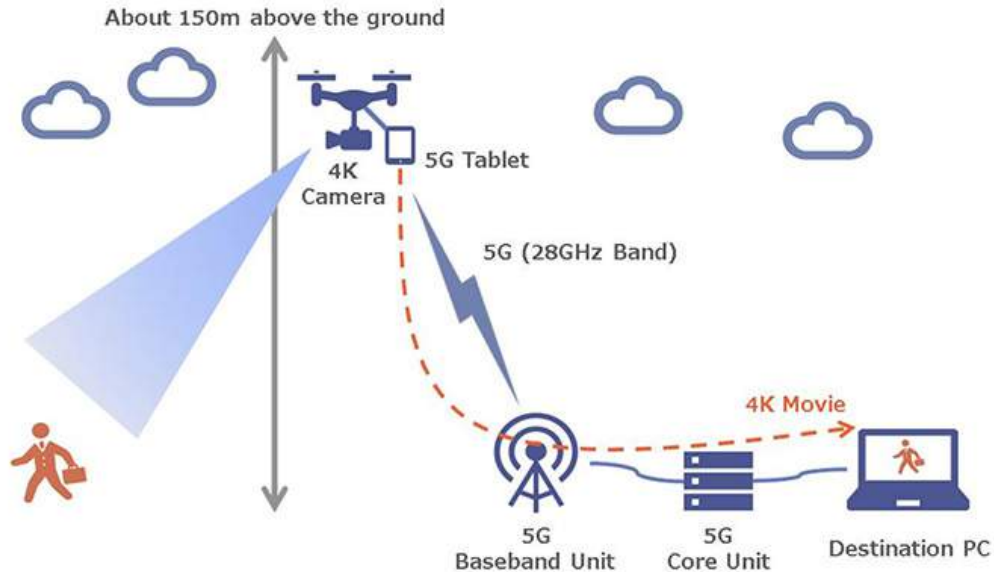
ICTインフラ 8つの課題	実証テーマ (2017)	実証テーマ (2018)	実証テーマ (2019)
労働力	・建機遠隔操作 ・テレワーク	・建機遠隔操作 ・テレワーク ・スマート工場 【新規】	【実証内容】 8つの課題+コンテスト経由の優良アイデアを組み合わせた総合的なソリューション 【実施者】 通信事業者等に加え、地域のビジネスパートナー 【実施場所】 小規模自治体等(よりローカルへ) 【実証目的】 地方の抱える様々な課題の総合的な解決
地場産業	—	・スマート農業	
観光	・高精細コンテンツ配信	・インバウンド対策 【新規】 ・8Kパノラマパブリックビューイング	
教育	—	・スマートスクール 【新規】	
モビリティ	・隊列走行	・隊列走行 ・除雪車走行支援 【新規】	
医療・介護	・遠隔医療	・遠隔医療	
防災・減災	・防災倉庫	・スマートハイウェイ 【新規】 ・ドローン空撮 【新規】	
マイナンバーカード	—	・行政サービス 【新規】	

5G利活用アイデアコンテストを開催

➔

5Gの地方への展開

国内初、「5G」ドローンを用いた4K映像のリアルタイム伝送に成功



2020年サービス開始を目標に開発が進められている第5世代モバイル通信では、新しいサービスの提供が始まります。その一つとして、28GHz帯を使用した、現在の携帯の約100倍の速度の高速通信サービスが実現されます。高速通信サービスでは4Kの高精細映像通信が可能になります。

2018年6月8日、中尾研究室では、KDDI株式会社と共同で東京大学柏IIキャンパスにて4Kビデオカメラ搭載のドローンによるリアルタイム映像伝送実験をサムソン電子の5G実験システムを使用し高細精度の4Kビデオ映像を伝送することができました。実験では、ビデオカメラの映像をドローンから送信するため5Gのモバイル端末を使用し、送信された映像信号は柏IIキャンパスに設置した5G無線実験基地局で受信しました。5Gの実サービスに近い形態でドローンからの4K映像リアルタイム配信は国内初となります。

6つの魚眼レンズ4Kカメラ映像を貼り合わせた360度映像配信



「サイクリングしまなみ」での5Gドローン4K映像配信



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

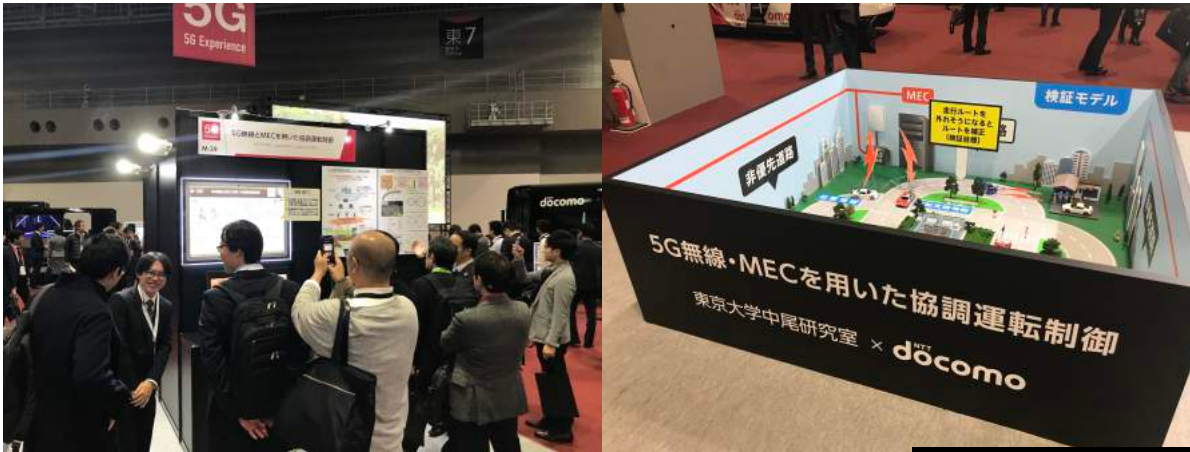
2018/10に報道発表

8000人のサイクリストが参加するイベントにおいて4Kカメラ搭載ドローン飛翔による5Gリアルタイム中継

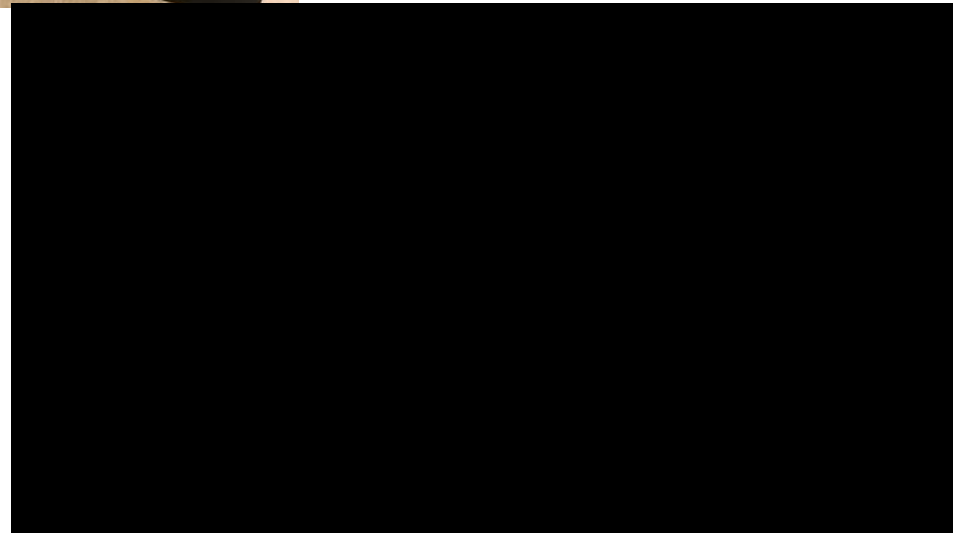
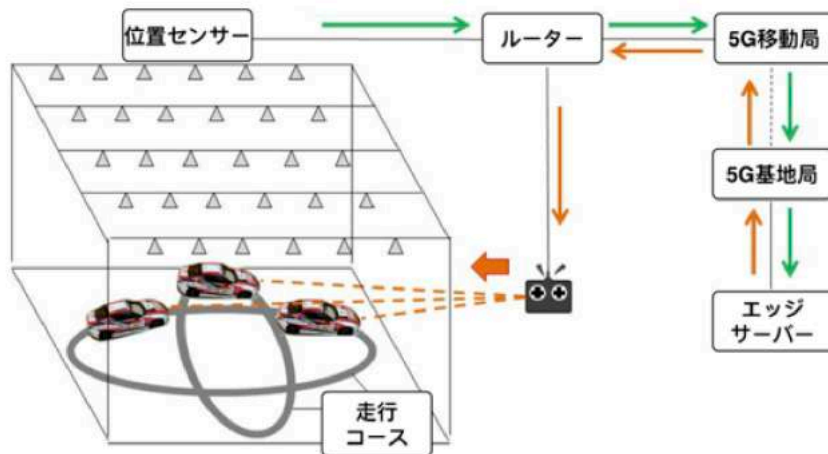




5Gの超低遅延通信(URLLC)/MECによる協調運転



2018/12のDocomo OpenHouseにて
報道発表



協調運転が実現される未来「信号のない世界」

(注意) クローンエフェクト技術を駆使した映像 (CG) であり、協調運転技術の実験ではない <https://www.bsfilms.me>

5Gにおけるネットワーク要件の違う3つの代表的な通信クラス

eMBB (enhanced Mobile Broad Band)
(大容量)

ピークデータ帯域
20Gbps

ユーザ体感速度
100Mbps

URLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communication)
(超信頼超低遅延)

低遅延1msec
(無線区間)

mMTC (massive Machine Type Communication)
(超多数デバイス)

単位面積接続
数
100万デバイス
/km²

Network Slicing/Softwarizationのない通信インフラ(現状)

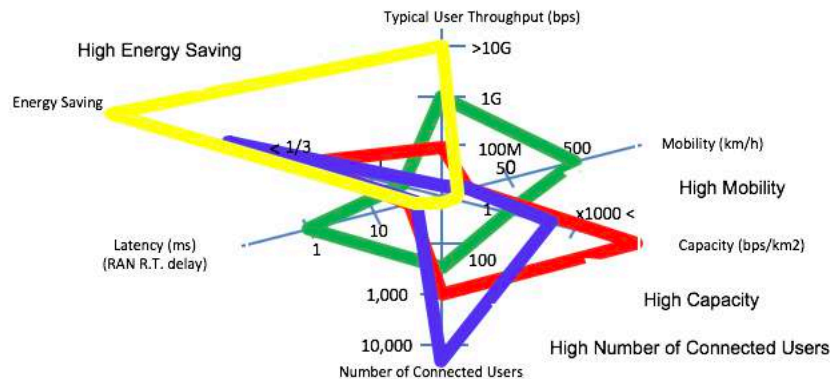
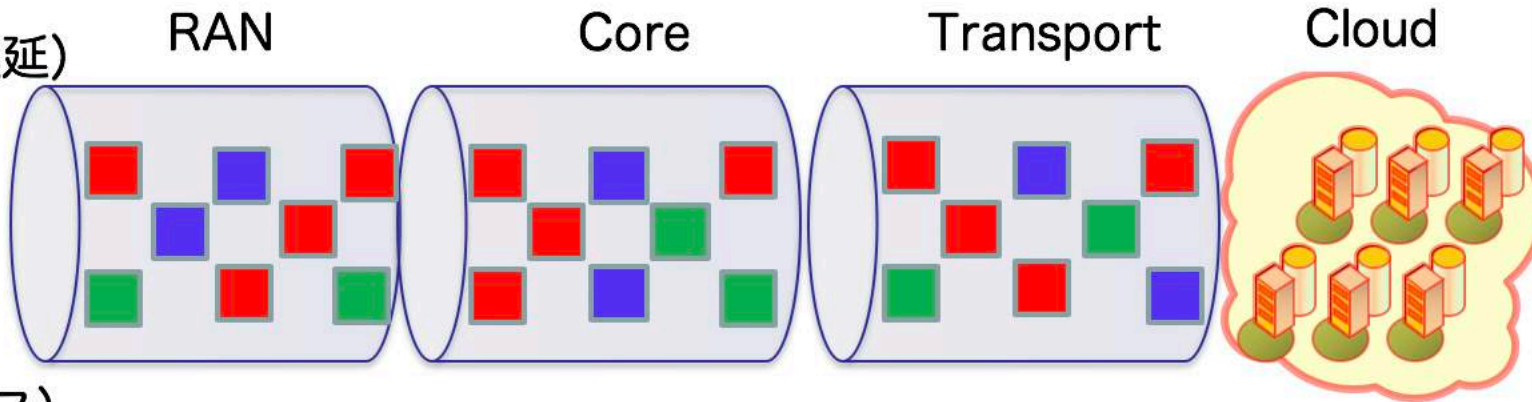
UE

eMBB
(大容量)

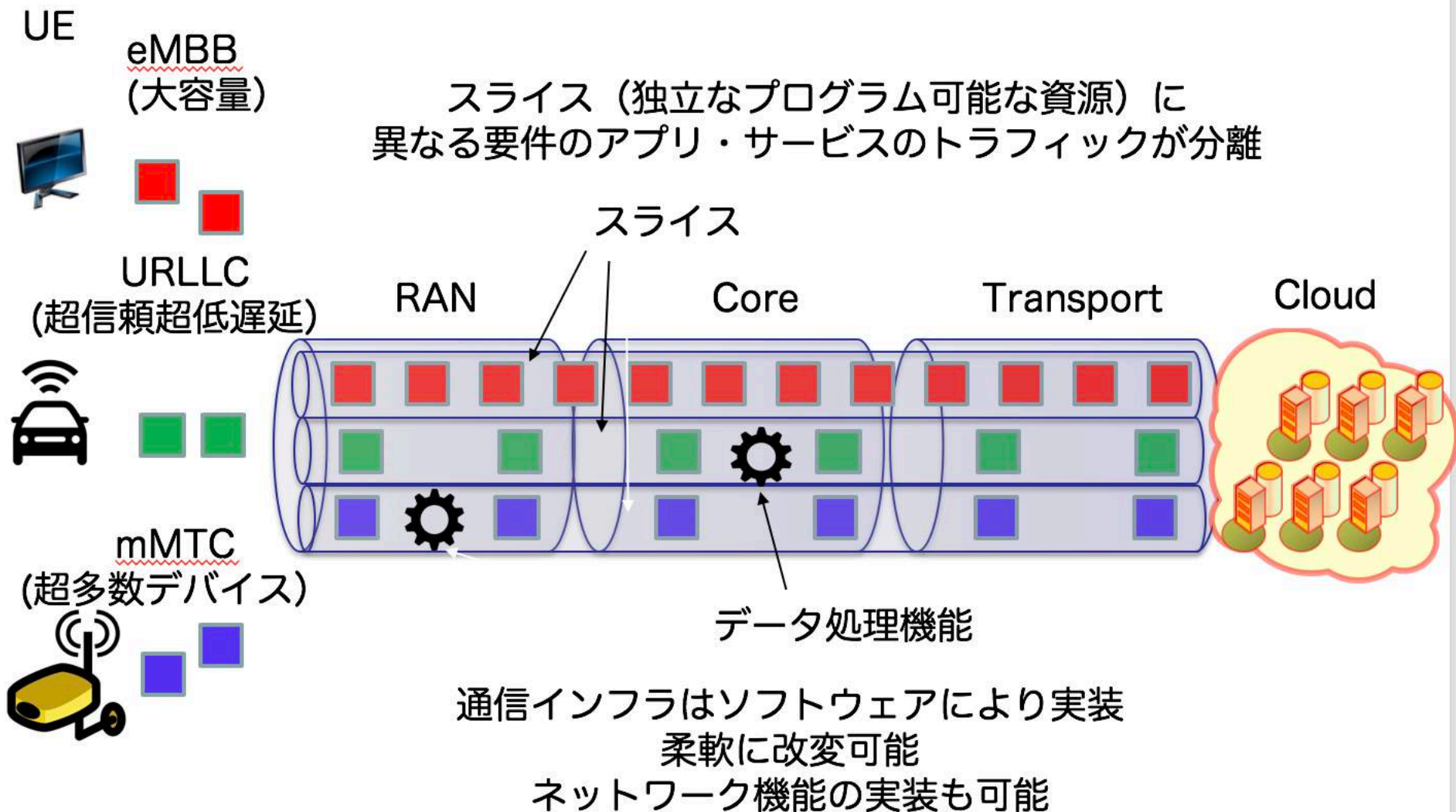
URLLC
(超信頼超低遅延)

mMTC
(超多数デバイス)

画一的な通信インフラに
異なる要件のアプリ・サービスのトラフィックが混在

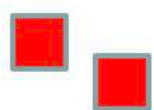


Network Slicing/Softwarizationのある通信インフラ(近未来)

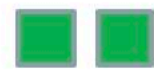


UE

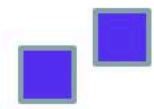
eMBB
(大容量)



URLLC
(超信頼超低遅延)

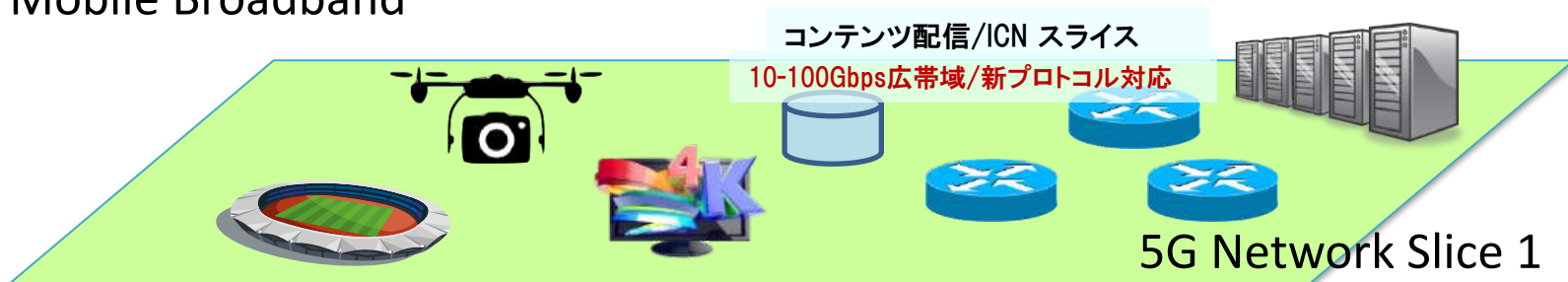


mMTC
(超多数デバイス)



Network Slicingユースケース

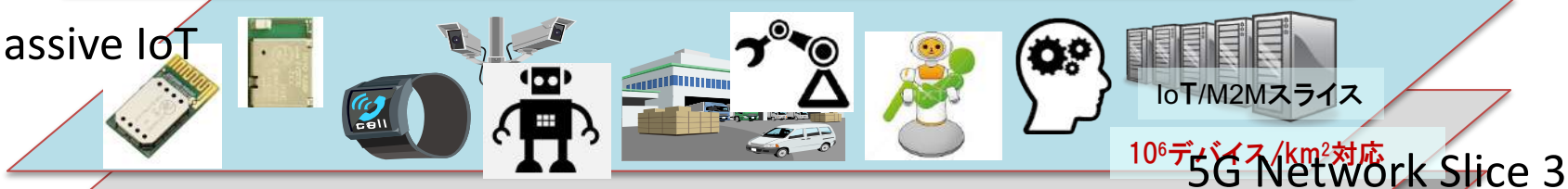
Mobile Broadband



Autonomous Driving



Massive IoT



Other Slices

5G Network Slice 4

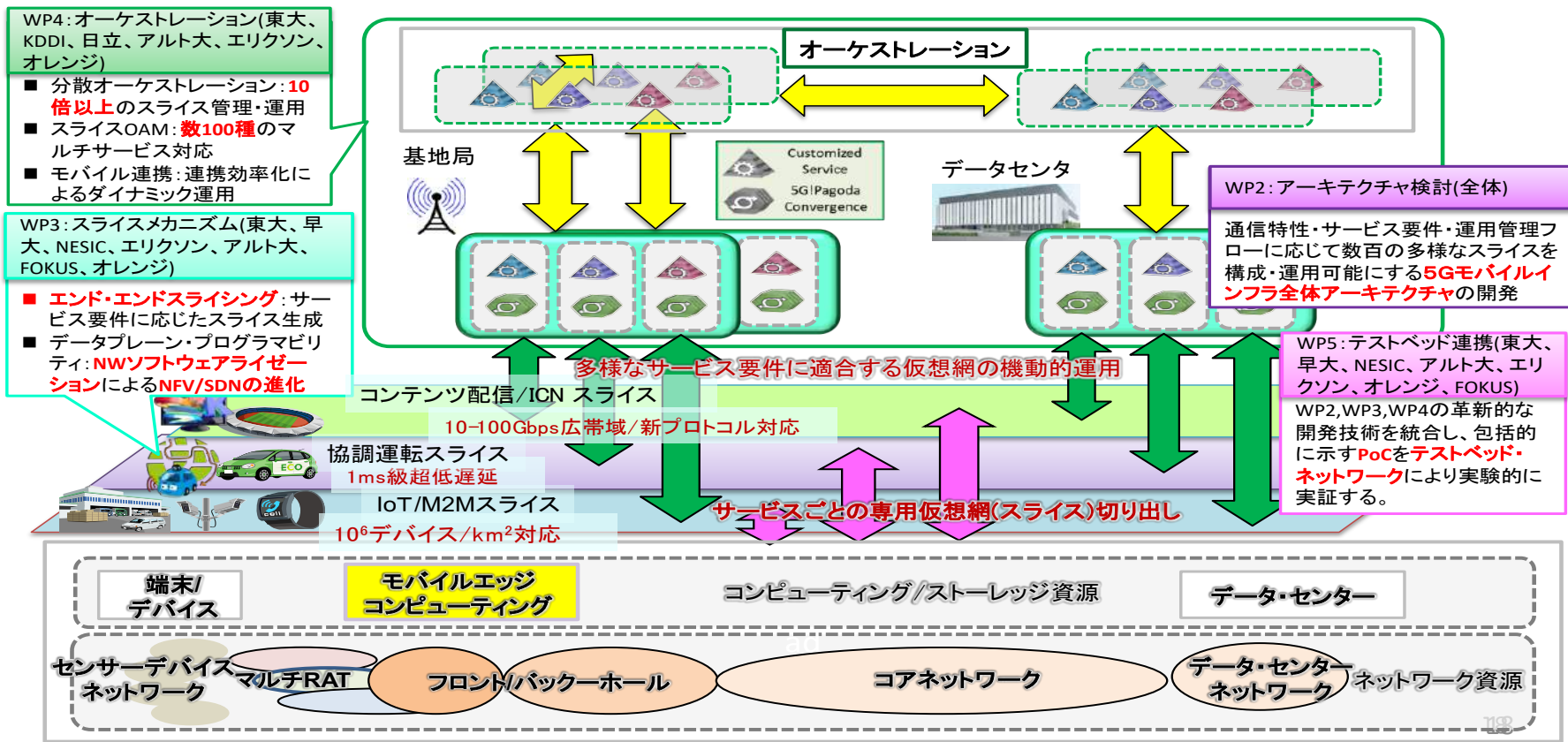
5G Network Slice 5

5G! Pagoda 「サービスに応じたスライス動的生成・管理機能の実証と標準化を目的とする日欧連携5G移動通信基盤テストベッドの研究開発」 (日本側:5組織、欧州側:6組織)

日欧連携により、技術開発項目の定義、テストベッドにおける検証、標準化の検討を実施し、国際標準を獲得

- (1) スライスアーキテクチャの実現と有無線統合エンドツーエンドスライス構築機構
- (2) データプレーンプログラム可能性と先進的プロトコルの収容
- (3) スケーラブルスライス運用管理

5G/IoTサービス毎に、複数ドメインに跨る端末からクラウドまでのE2Eスライスを構築・運用



3GPP標準化



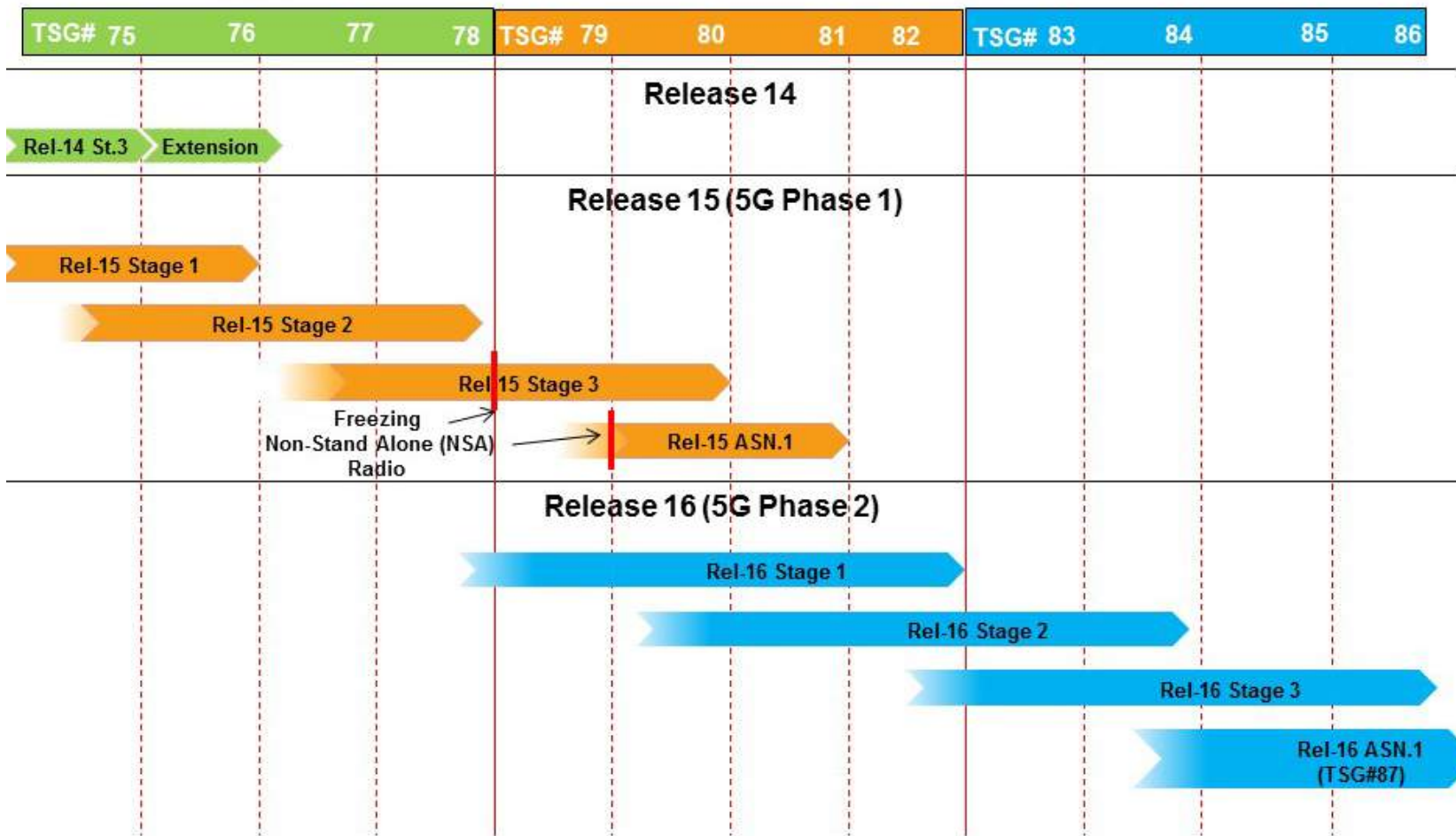
3GPP Ongoing Releases



2017

2018

2019



Release 17



Release 17 Content Approval*

TSG SA Work Areas under discussion at SA#85 (September 2019):

- 5G System Enhancement for Advanced Interactive Services (5G_AIS)
- Cellular IoT enhancement for the 5G System (5G_MCIoT)
- System enhancement for Proximity based Services in 5GS (5G_ProSe)
- Enhancement of support for 5G LAN-type service (5GLAN_enh)
- Integration of Satellite in 5G Systems (SGSAT_ARCH)
- Architectural enhancements for 5G multicast-broadcast services (5MBS)
- Study on enhancement of support for 5G Wireless and Wireline Convergence (5WWC_enh)
- Application Awareness Interworking between LTE and NR (AALLTE_NR)
- Extended Access Traffic Steering, Switch and Splitting support in the 5G system architecture (eATSSS)
- 5G Enhancement for unmanned aerial vehicles - UAVs (EAV)
- Enhanced IMS to 5GC Integration (eIMS5G)
- Enhancement to the 5GC LoCation Services-Phase 2 (eLCS_ph2)
- Enablers for Network Automation for 5G - phase 2 (eNA_Ph2)
- Enhancement of support for Edge Computing in 5GC (enh_EC)
- Enhanced support of Non-Public Networks (eNPN)
- Enhancement of Network Slicing Phase 2 (eNS_Ph2)
- Enhancement of 5G UE Policy (eUEPO)
- Architecture enhancements for 3GPP support of advanced V2X services - Phase 2 (eV2XARC_Ph2)
- Supporting Flexible Local Area Data Network (FLADN)
- Supporting Unmanned Aerial Systems Connectivity, Identification and Tracking (ID-UAS)
- Enhanced support of Industrial IoT - TSC/URLLC enhancements (IIoT)
- Support for Minimization of service Interruption (MINT)
- Multimedia Priority Service Phase 2 (MPS2)
- Support for Multi-USIM Devices (MUSIM)
- System architecture for next generation real time communication services (NG_RTC)
- Service-based support for SMS in 5GC (SB_SMS)
- Smarter User Plane (SUP)
- UPF enhancement for control and Service Based Architecture (UPCAS)
- Usage of User Identifiers in the 5G System (UUIS)

TSG RAN Work Areas under discussion For final decision at RAN#86 (December 2019):

Integration of Satellite in 5G Systems (SGSAT_ARCH)

- Small data transfer optimization
- Sidelink enhancements
- NR above 52.6 GHz (incl 60GHz unlicensed)
- Multi SIM operation
- NR multicast b
- Coverage enh
- NB-IoT and eM
- Industrial IoT &
- MIMO enhanc
- NR for Non Terrestrial Networks
- Integrated Access and Backhaul enhancements
- Generic enhancements to NR-U
- Power saving enhancements
- RAN data collection enhancements
- Positioning enhancements

3GPP TR 38.811 V15.1.0 (2019-06)

TR 38.811 looks at the possible Non-Terrestrial Network architecture options, including satellite/aerial with gNB on board (Section 4.7):

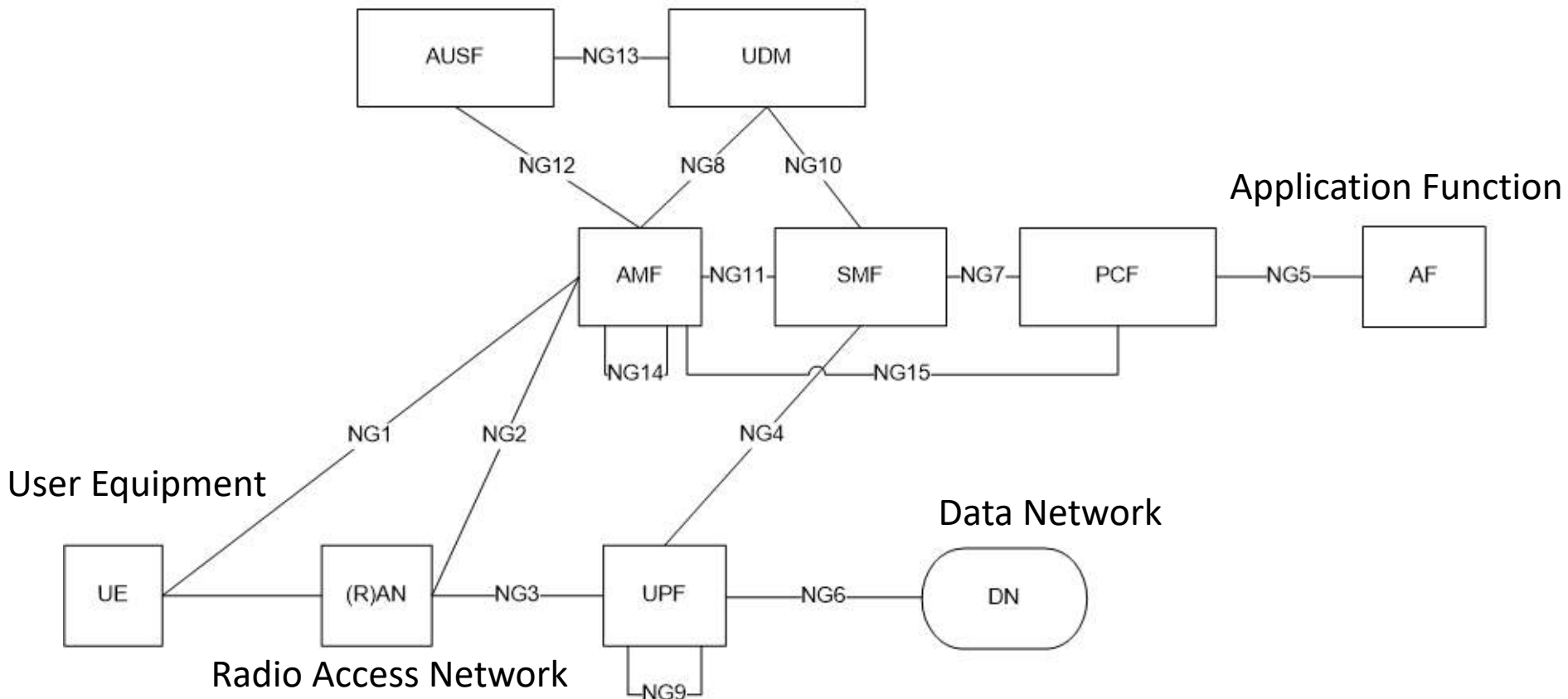


* Mainstream Rel-17 specification work will start at the beginning of 2020, with the functional freeze of physical layer aspects scheduled for the second quarter of 2021.

The ASN.1 freeze should follow in September 2021.

There are a large number of work areas to be discussed. Realistically, we will only be able to take on board a sub-set of them within Rel-17.

3GPP TR 23.799 5G Architecture



AMF(Access and Mobility Management Function): アクセス・モビリティ・管理機能

SMF(Session Management Function): セッション管理機能

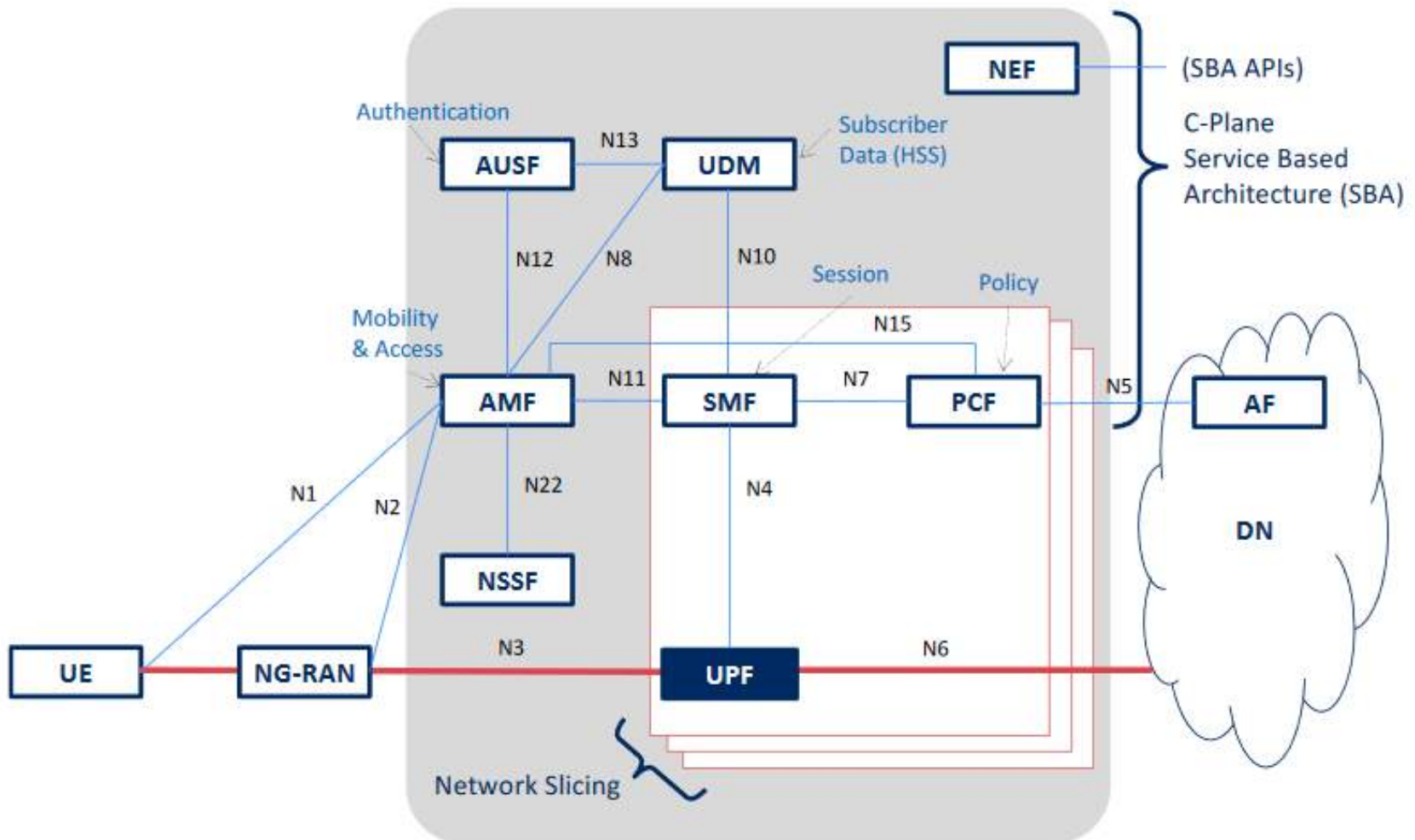
UPF(User Plane Function): EPSのSGW/PGWのUプレーン機能に相当

AUSF(Authentication Service Function): UE認証機能

UDM(Unified Data Management): 加入者契約情報、認証情報を保存

PCF(Policy Control Function): ポリシールールを保存し、Cプレーン機能に提供

5G System: Network Slicing



5G周波数の割り当て

○ 以下のとおり、割当てを実施。

[3.7GHz帯及び4.5GHz帯] 2枠割当て：NTTドコモ、KDDI/沖縄セルラー電話
※ 1枠当たり100MHz幅 1枠割当て：ソフトバンク、楽天モバイル

[28GHz帯] 1枠割当て：全ての申請者
※ 1枠当たり400MHz幅

なお、割当て（開設計画の認定）に当たり、全者共通の条件及び個者への条件を付すこととする。

【3.7GHz帯】



【4.5GHz帯】



【28GHz帯】

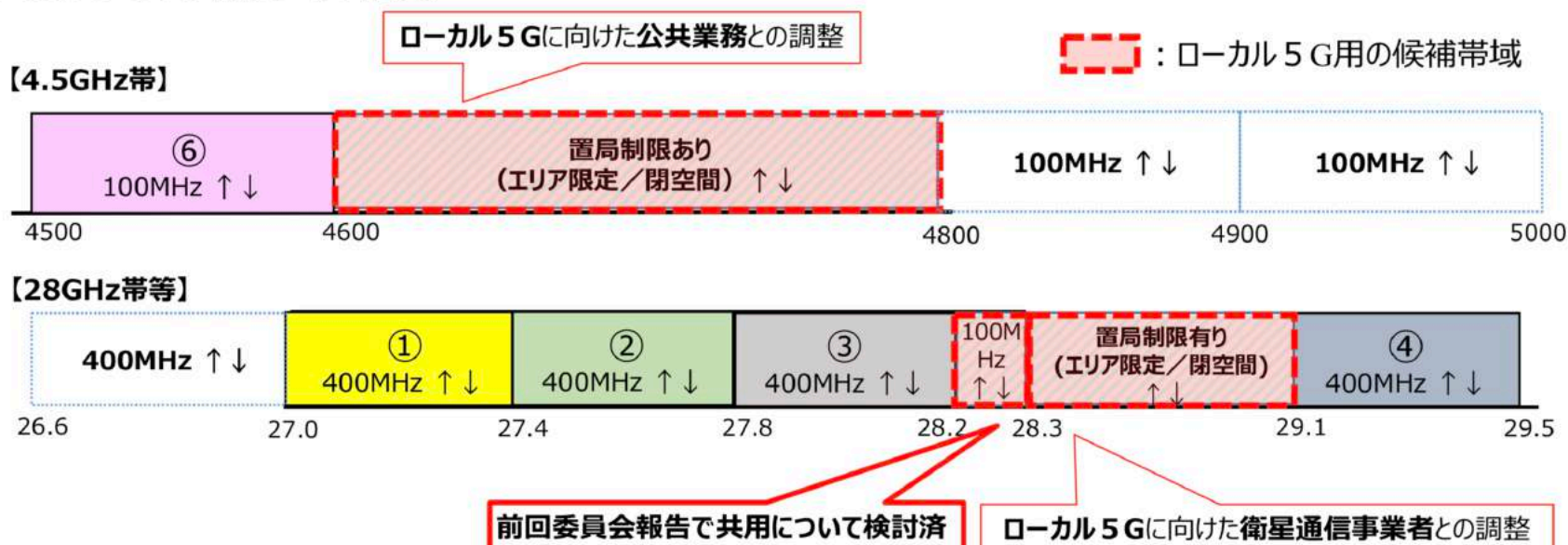


日本におけるローカル5Gの利用 (2020年を目標)

■ ローカル5Gの導入目的・役割

IoTの普及に代表されるように通信ニーズの多様化が進んでおり、5G時代においてはより一層の多様化が進むことが想定されるため、携帯電話事業者による全国サービス提供に加え、地域ニーズや産業分野の個別ニーズに応じて、様々な主体が柔軟に構築／利用可能な第5世代移動通信システム（ローカル5G）を導入し、5Gの地域での利用促進を図る。

<ローカル5Gの候補帯域の状況>



総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会報告 概要(案) 2019/6

今後のICT産業社会の構造変革

① 我が国の社会構造の変化

- 人口減少、過疎化の進展により、条件不利地域におけるサービス提供がますます困難になると想定されることから、効率的なサービス提供を通じた現行サービスの維持が課題
- 高度 ICT サービスが国民生活に不可欠な基盤となり、利用できないことが社会的排除につながらないようにするとともに、提供条件の適正化等を通じて利用者利益を確保することが重要

② ネットワーク構造の変化

- ネットワーク仮想化の進展による**設備と機能の分離**等を通じ、**電気通信事業者以外の役割が拡大する**等、**基幹的なサービスの提供に関わる主体が多様化**することが想定
- 5G の本格導入を見据えると、固定通信と移動通信の融合等、既存の市場区分を越えた事業者間連携等が進展すると考えられる
- 不可欠なサービスにおける提供の公平性・適正性等を確保するため、技術革新に柔軟に対応可能なルールの在り方が求められている

今後の情報通信産業で注目すべき方向性

情報通信の民主化 (Democratization)

アンライセンス通信・自営網通信 基幹的サービス提供の主体が多様化

ソフトウェア化 情報通信インフラの柔軟化・アジャイル化
CAPEXの削減

地域まるごとテストベッド (地域連携)

成功モデルユースケースの横展開による国全体の社会・技術レベル向上

5G・衛星連携ユースケース（例）

- 有事通信

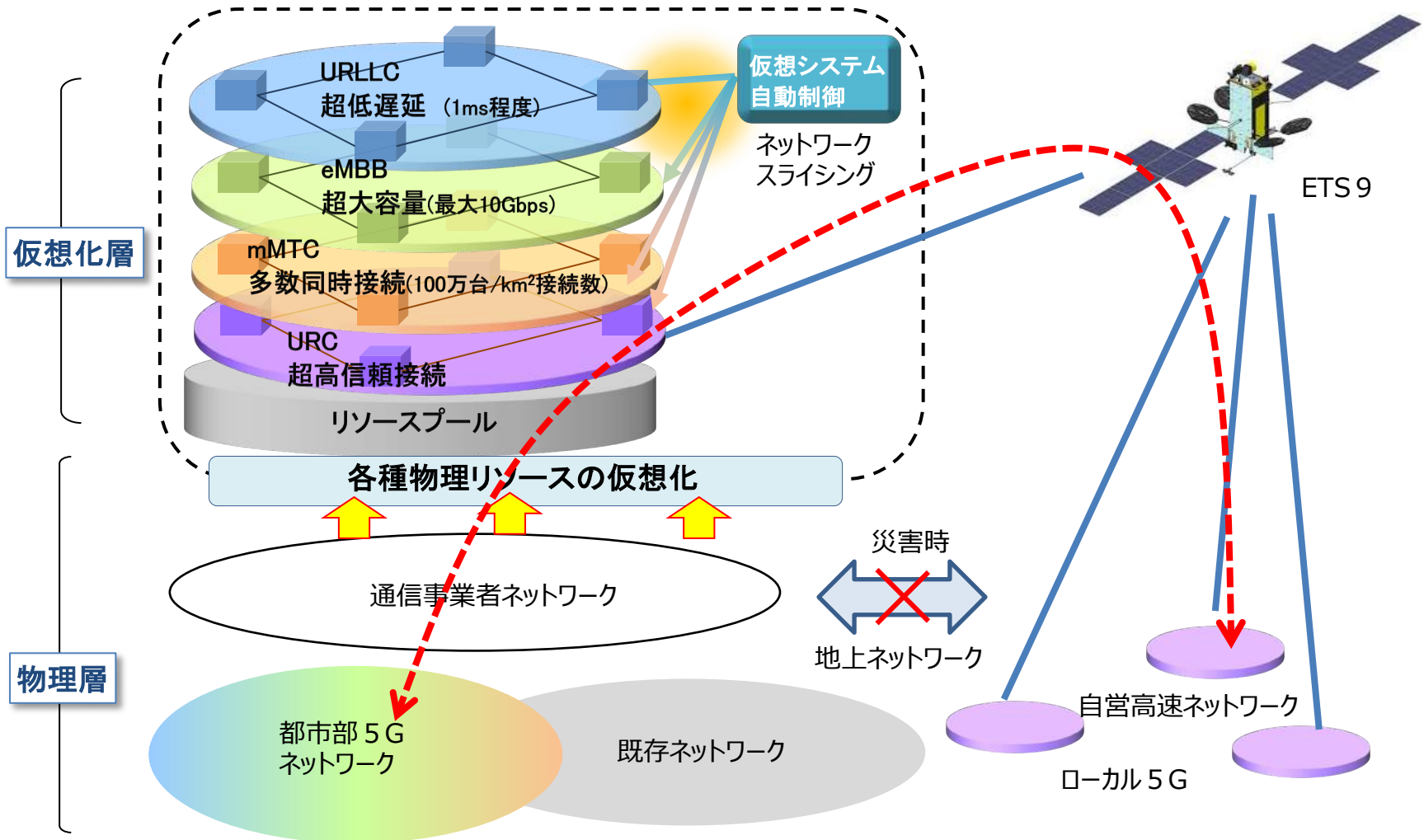
- 公衆5Gと自営5G＋衛星通信の連携
- 被災地オンデマンド Local 5G
- アプリケーションの選択的優先度通信

- 僻地におけるリモートセンシング

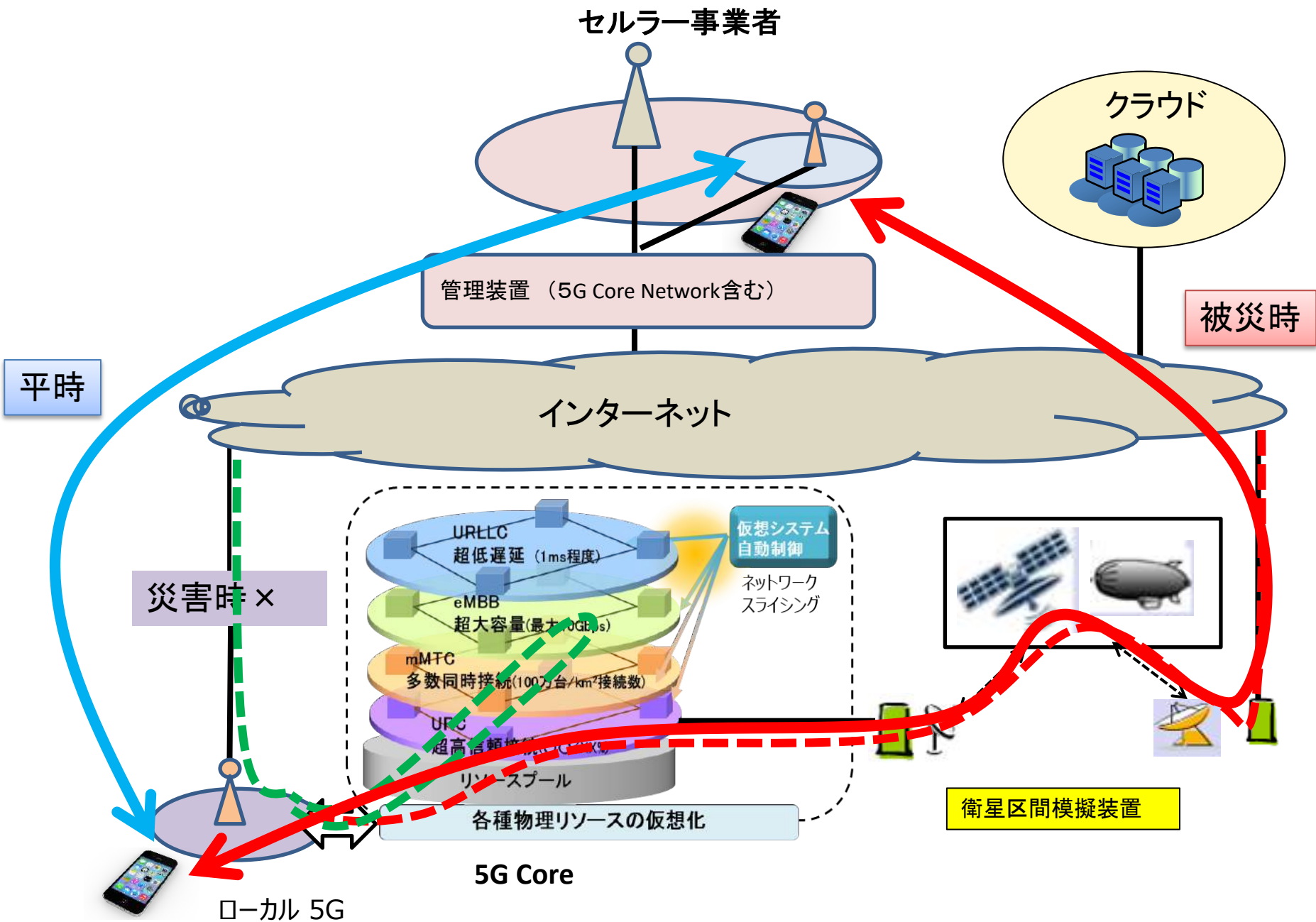
- 遠隔地・離島・山岳地帯・砂漠
- 海洋IoT から遠洋IoTへ

ローカル5Gと衛星5G災害時ユースケース

個別サービス対応エンド・ツー・エンドスライス



5G/Local5G/NTN展開の概念



まとめ

- Beyond 5G / 3GPP Release 17では衛星通信と5Gの連携が重要となる
- 我が国において最も利便性が明確となるユースケースを特定し、インフラ技術のR&Dを工藤する必要がある
- 技術・政策・予算確保等で先行する欧州の連携は必須
- 「情報通信の民主化(Democratization)」特にLocal5Gと衛星通信の連携の検討が先行する可能性が高い