

欧州における移動通信システムの  
研究開発と標準化に関する動向

平成 29 年 3 月

国立研究開発法人 情報通信研究機構  
(欧州連携センター)

## 目次

目次.....	1
はじめに.....	2
全体の要約.....	4
General summary.....	6
第1部 欧州における移動通信システムの研究開発の最新動向.....	9
第1章 ファンタスティック 5G プロジェクト（新型エアインターフェイスの研究開発）	10
第2章 セザムプロジェクト（スモールセル技術の研究開発）.....	13
インタビュー調査レポート / ホライゾン 2020 セザムプロジェクト.....	16
第3章 mmMagic プロジェクト（ミリ波の移動通信システムへの利用の研究開発）.....	22
第2部 欧州における第5世代移動通信技術と IoT の標準化と周波数割当政策の動向.....	25
第1章 国際電気通信連合における 5G 向けの周波数割当動向.....	26
第2章 3GPP における第5世代移動通信技術と IoT の標準化に係る動向.....	27
第3章 欧州における第5世代移動通信システムと IoT の標準化および周波数政策に係るイ ベント視察レポート.....	30
第2回グローバル 5G イベント視察レポート.....	30
IoT ネットワークイベント LPWA 2016 視察レポート.....	40
IEEE 5G リスボンサミット視察レポート.....	52

## はじめに

現在、国立研究開発法人情報通信研究機構では、ワイヤレスネットワーク基盤技術に係る研究開発活動の一環として、第5世代移動通信システム(5G)やモノのインターネット(IoT)の推進等に取り組んでいる。5Gでは、従来の移動ブロードバンド通信の性能向上に加え、IoT用途に利用できるように多数端末接続や低遅延の性能要件が検討されている。従来は、ブロードバンド通信のためのネットワークとセンサーネットワークを中心とするIoTのネットワークが独立して設計されてきたが、今後は5Gをインフラの一部としながらIoTを実現したり、IoT用のネットワークを無線アクセス技術の一部として統合するなど、ネットワークシステムの融合が進むことが想定される。また、5Gシステムの要件に関する検討の中で、使用周波数についての議論も行われている。たとえば、ITU-RのWRC-15では、移動通信システムにおけるミリ波利用について、議論すべき周波数帯の候補が決められた。他方、この候補周波数とは独立した周波数を検討する動きや、周波数の議論に加え、運用すべきシステムの種類(LTEの拡張なのか、無線LANベースなのかなど)についても様々な検討が行われているものと考えられる。

以上のような状況を考慮して、1) 欧州における移動通信システムの研究開発の最新動向(5GとIoT、スモールセル技術の利用、ミリ波利用に係る研究開発動向を含む)、2) 欧州における5GとIoTの標準化と周波数割当の動向(ミリ波を含む)について調査する。

### **調査内容**

#### **1) 欧州における移動通信システムの研究開発の最新動向**

欧州における移動通信システムの研究開発の最新動向について、欧州連合(EU)の大型研究開発助成枠組スキームであるホライゾン2020で支援されている3プロジェクト、ファンタスティック5G、セザム、mmMAGICについて調査する。

- ファンタスティック5Gプロジェクトの目的:5Gに求められるネットワークやサービスの多様性に対応するために、6GHz以下を利用するエアインターフェイスを開発する。
- セザムプロジェクトの目的:スモールセル技術に仮想化技術を応用し、新しいビジネスモデルを創出する。
- mmMagicプロジェクトの目的:5G向けに6-100Ghz帯の利用を研究する。

## 2) 欧州における第5世代移動通信技術とIoTの標準化動向

3GPP、ITU、IEEEにおける5GとIoTの標準化活動について調査する。

- 3GPPにおける5GとIoT標準化に係る動向：リリース13、リリース14、リリース15、リリース16の動向
- ITU-Rにおける5G向けの周波数割当動向：WRC-15の結果とWRC-19に向けた準備の動向
- IEEEにおける5G向けの標準化動向：IEEE主催の国際シンポジウムにおける議論

### **調査方法**

以上の調査のため、3つの方法を利用して、情報を収集し、分析する。

- インターネットおよび公刊物、報道記事等を利用した文献調査
- インタビュー調査
- イベント視察調査

インタビュー調査に関しては、セザムプロジェクトに参加しているギリシアのデモクリトス国立科学研究センターと民間研究組織オライオン・イノベーションの研究員にヒアリングを行い、インタビューレポートを報告書内に収録した。

イベント視察調査に関しては、第2回5Gグローバルイベント（2016年11月、イタリア・ローマ）、LPWAイベント（2016年11月、スペイン・バルセロナ）、IEEE5Gサミット（2017年1月、ポルトガル・リスボン）を視察し、視察レポートを報告書内に収録した。

なお、本報告書では、情報を入手したウェブサイトのURLを参考のため注に載せているが、これらの記事はウェブサイト管理運営者の判断で随時移動、修正、削除される可能性がある。従って、本報告書の発表後、注に記されたURLから情報源となった記事にアクセスできないことがありうることを、ここで前もって注記しておきたい。

## 全体の要約

### 第1部 欧州における移動通信システムの研究開発の最新動向

- 欧州委員会の5Gビジョンでは、5Gは多様なIoTサービスへ対応することを要件としており、ホライズン2020のすべての5Gプロジェクトで、移動通信システムとIoTの連携、または融合が進められる。
- 5Gは3GPPで標準化されているので、5Gには3G、LTE(4G)、NB-IoTなどの3GPP技術が融合される見込みであるが、WiFiはIEEEが標準化しているので、LoRaやシグフォックスと一緒に、5Gへ含めて考えてよいか研究者によって意見が分かれる。
- ホライズン2020のファンタスティック5G(Fantastic-5G)プロジェクトは、5Gのヘテロジーニアスな性格に対応するため、6GHz以下の帯域を利用するマルチサービスエアインターフェイスを開発する(研究期間:2015年7月-2017年6月、全予算/EU拠出分:798万6858ユーロ/798万6858ユーロ、コーディネーター:ノキア)。
- ホライズン2020のセザムプロジェクトは、1)NFVとエッジコンピューティングを利用したネットワークのエッジネットワークインテリジェンスとアプリケーションの配備、2)スモールセル網におけるマルチテナンシーの実現、3)スモールセル技術の利用による新しいビジネスモデルの創出を目標とする(研究期間:2015年7月-2017年12月、全予算/EU拠出分:826万6933ユーロ/748万843ユーロ、コーディネーター:ギリシアテレコミュニケーション機関)。
- mmMagicプロジェクトは、5G向けに6-100GHz帯の利用を包括的な観点から研究している(研究期間:2015年7月-2017年6月、全予算/EU拠出分:816万5085ユーロ/816万5084ユーロ、コーディネーター:サムスン)。

### 第2部 欧州における第5世代移動通信技術とIoTの標準化と周波数割当政策の動向

- ITUはEMB(強化された移動ブロードバンド)、MMC(大量マシンタイプ通信)、URLLC(超信頼可能な低遅延通信)の3つをIMT-2020(5G)のユースケースとして定めている。
- ITUにおけるIMT-2020の標準化は、2012年から2020年まで、4段階(2012~2015年、2015~2016年、2017~2018年、2019~2020年)で実施される。2018年以降に、5G技術が具体的に標準化されていく。
- 2015年11月に開催されたITUの世界無線通信会議(WRC-2015)では、WRC-19までにIMT-2020向けに高周波帯(6GHz以上)の利用が研究されることが決まっている。
- IMT-2020向けの割り当てがWRC-19までに検討される高周波帯:24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz、37-40.5GHz、40.5-42.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47-47.2GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz、81-86GHz
- WRC-2015では、24-86GHz帯の周波数について、共用(シェアリング)と互換性について調査することが決定されている。

- ITU は、IMT-2020 に衛星通信を統合することを検討している。
- 多くの人々が 5G 向けの周波数割当を世界的に調和させることの重要性を強調しているが、各地域間での調和は難しいという意見もある（2017 年 1 月 IEEE5G リスボンサミットにおけるポストコンサルティンググループ研究者の意見）。
- 3GPP では、IoT 向け通信技術の標準化が行われたリリース 13 は 2016 年 6 月に凍結された。現在進められている標準化活動はリリース 14 であり、2017 年 7 月に凍結される予定である。
- リリース 13 では、IoT 市場に対応するために、LTE-M、NB-IoT、EC-GSM-IoT を定義した。世界各国の移動通信事業者が IoT 向けにこれらの標準の積極的な利用を予定している一方で、すでにシグフォックスや LoRa 技術を利用する新興事業者が LPWA 向けの IoT 網を市場で展開している。移動通信事業者と新興事業者の関係は複雑であり、単に競合するだけでなく、前者が後者と積極的に提携する場合もあり、移動通信事業者の戦略による。
- 3GPP の 5G アーキテクチャ標準化のロードマップには二段階あり、第一段階はリリース 15（2016 年第 2 四半期-2018 年第 3 四半期）で行われ、5G 商用化に最も急を要する技術を定義し、第二段階はリリース 16（2017 年第 3 四半期-2020 年第 1 四半期）で行われ、すべてのユースケースと要件に対応する予定である。

## General summary

### *First part : the R&D tendencies of mobile communication system in Europe*

- IoT is one of the most important requirements for the European Commission's 5G vision. So, all Horizon 2020 5G projects will contribute to realize a convergence between mobile communication and IoT.
- Is WiFi a part of European 5G vision ? The answer depends on researchers. 3G, LTE or NB-IoT will be included in 5G, because they are 3GPP technologies, but WiFi is developing by IEEE.
- Horizon 2020 Fantastic-5G project develops an air-interface for below 6 GHz bands, which allows networks' heterogeneous characteristics (Period : July 2015 – June 2017, Total budget/EU part : 7 986 858 euro/7 986 858 euro, coordinator : Nokia).
- The objectives of Horizon 2020 Sasame project are to realize 1) multi-tenancy in small cell networks, 2) virtualization of small cell networks, and 3) the creation of new business models (Period : July 2015 – December 2017, Total budget/EU part : 8 266 933 euro/7 48 843 euro, coordinator : Hellenic Telecommunication Organization).
- Horizon 2020 mmMagic project studies the use of mm-wave (6-100 GHz) for 5G (Period : July 2015 – June 2017, Total budget/EU part : 8 165 085 euro/8 165 084 euro, coordinator : Samsung).

### *Second part : The tendencies of radio spectrum policy and standardization for 5G in Europe*

- ITU identified EMB (Enhanced Mobile Broadband), MMC (Massive Machine type Communications) and URLLC (Ultra-Reliable Low latency Communication) as main IMT-2020 (5G) use cases.
- The standardization of 5G in ITU has four phases (2012~2015, 2015~2016, 2017~2018, 2019~2020). After 2018, IMT-2020 specifications will be released.
- WRC-15 of ITU (World Radio Conference in November 2015) decided to study the use of several radio spectrum above 6 GHz for IMT-2020 up to WRC-19.
- Radio spectrum to study for IMT-2020 : 24.25-27.5GHz, 31.8-33.4GHz, 37-40.5GHz, 40.5-42.5GHz, 42.5-43.5GHz, 45.5-47GHz, 47-47.2GHz, 47.2-50.2GHz, 50.4-52.6GHz, 66-76GHz, 81-86GHz.
- WRC-15 also decided to study spectrum sharing in these bands.
- ITU is examining the use of satellite communications for IMT-2020.
- Many people emphasize the importance of global spectrum harmonization for 5G. But, it is regarded as difficult (ex. a researcher of Boston Consultation group in IEEE 5G Lisbon summit in January 2017).
- In 3GPP, Release 13 was frozen in June 2016. Release 14 will be frozen in July 2017.

- Release 13 defined IoT mobile communications technologies like NB-IoT, EC-GSM-IoT and LTE-M for IoT market. Mobile communication operators plan to use these technologies, while rising IoT network companies like Sigfox and LoRa's communication operators have already developed their networks for LPWA (Low Power Wide Area). The relationship between mobile communication operators and new IoT network companies is not simple. Not only, is there a competition between them, but they are also collaborating for some use cases. It depends on mobile communication operator's business strategies.
- The standardization of 5G architecture in 3GPP has two phases : the Release 15 (second term of 2016 – third term of 2018) and Release 16 (third term of 2017 – first term of 2020). Release 15 will define the first part of 5G specifications necessary for commercialization in 2020, and the Release 16 will define 5G specifications for every use cases and requirements.



## 第1部 欧州における移動通信システムの研究開発の最新動向

欧州では、EU のホライゾン 2020（2014 年～2020 年）で次世代の移動通信システム、特に 5G の研究開発が積極的に支援されている。

- 欧州委員会の 5G ビジョンでは、5G は多様な IoT サービスへ対応することを要件としており、ホライゾン 2020 のすべての 5G プロジェクトで、積極的に移動通信システムと IoT の連携、融合が進められる。
- 5G は 3GPP で開発されているので、5G には 3G、LTE（4G）、NB-IoT などの 3GPP 技術が融合されるが、WiFi は IEEE が標準化しているので、5G ビジョンに WiFi が含まれるかどうかは研究者によって意見が分かれる。

以下に、ホライゾン 2020 の 5G プロジェクトを 3 つ記す。第 1 章では、5G 向けに新型エア インターフェイスを研究開発するファンタスティック 5G プロジェクト、第 2 章では、5G 向けにスモールセル技術を利用するセザムプロジェクト、第 3 章では、ミリ波利用を研究する mmMagic プロジェクトについて記す。

## 第1章 ファンタスティック5G プロジェクト (新型エアインターフェイスの研究開発)

ホライズン 2020 のファンタスティック 5G (Fantastic-5G) プロジェクト<sup>1</sup>は、6GHz 以下の帯域を利用するマルチサービスインターフェイスを開発する 5GPPP のプロジェクトである。

### ファンタスティック 5G プロジェクトの基本概要

略称	Fantastic-5G
正式名称	第5世代無線通信網におけるスケーラブルなサービス提供のための柔軟なエアインターフェイス
研究期間	2015年7月-2017年6月 (24か月)
予算 (EU 拠出金)	798万6858ユーロ (798万6858ユーロ)
プロジェクトコーディネーター	ノキア (独)
参加組織	オレンジ (仏)、アールボルグ大学 (デンマーク)、CEA (仏)、カタルーニャ電気通信技術センター (スペイン)、フラウンホーファー協会 (独)、ファーウェイ (独)、インテル (独)、ノキア (デンマーク)、ノキア (フィンランド)、ポリテクニコ・ディ・バリ (伊)、サムスン (英)、セカンスコミュニケーション (仏)、テレコム・鉱業研究院 (仏)、テレコムイタリア、ブレーメン大学 (独)、ウィングス ICT ソリューション (ギリシア)

### ファンタスティック 5G プロジェクトの研究内容

5G の課題のひとつは、通信のヘテロジーニアスな性格に対応することである。5G において、ヘテロジーニアスな性格は、通信の様々な側面、つまり、サービス (モバイルブロードバンド、IoT、ブロードキャスト、自動車通信)、端末 (センサーからタブレットまで)、ネットワークの

<sup>1</sup> [http://cordis.europa.eu/project/rcn/197353\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/197353_en.html)  
<http://fantastic5g.eu>

展開の種類（マクロセルとスモールセル）、ネットワークの環境（低い密度と都市部の超高密度通信）、移動レベル（固定から高速交通まで）で現れ、5Gの要件も多様である（高容量、低遅延、高い信頼性、ユビキタスカバー、高いモビリティ、端末の数、低コスト、低エネルギー）。ファンタスティック5Gプロジェクトでは、モデューラー設計を通して、6GHz帯以下の新しいマルチサービスインターフェイスを開発する。特に、同プロジェクトでは、柔軟性、スケラビリティ、多目的性、効率性、将来における使用可能性を重要視する。以上のため、同プロジェクトでは、エアインターフェイスの部品を開発し、利用する。

以下が研究目標である。

- **目標1:** 柔軟で、多目的で、スケラビリティのあるエアインターフェイスを開発すること。
- **目標2:** ユビキタスカバーと高容量を実現するエアインターフェイスを開発すること。
- **目標3:** 最もエネルギー効率のいいエアインターフェイスを開発すること。
- **目標4:** 3Gや4Gよりも、5Gをより将来的に長く利用できるようにすること。
- **目標5:** システムレベルのシミュレーションとハードウェアの概念実証によって、コンセプトを評価し、認証すること。
- **目標6:** プロジェクトの産業パートナーの間で、5G標準について、コンセンサスを確立すること。

プロジェクトは、6つの作業パッケージからなる。

- **作業パッケージ1:** プロジェクト全体の管理
- **作業パッケージ2:** 各作業パッケージに共通の要素、すなわち、ユースケース、多様な技術ソリューションの単一のエアインターフェイスへの統合、システムレベルシミュレーションの研究
- **作業パッケージ3と作業パッケージ4:** エアインターフェイス（利用する周波数帯域の検討、チャンネルコーディング、SISOとMIMOの受信機設計、適応モデレーションとコーディングスキーム、フレームとコントロールチャンネル設計など）とネットワーク（MIMO、マルチユーザ検知、様々なMIMO伝送モード間の適応モードスイッチング、様々な設定間での干渉特徴の厳密な分析、マッシュブアクセスのための電波資源コントロールとプロトコルのマルチサービス強化）の結合に関わる技術オプションの調査とコンセプト設計
- **作業パッケージ5:** ハードウェアの証明と概念実証
- **作業パッケージ6:** 標準化、研究成果の活用と流布



## 第2章 セザムプロジェクト (スモールセル技術の研究開発)

ホライズン 2020 のセザムプロジェクト<sup>2</sup>は、1) NFV とエッジコンピューティングを利用したネットワークのエッジへネットワークインテリジェンスとアプリケーションの配備、2) スモールセル網におけるマルチテナンシーの実現、3) スモールセル網を利用する新しいビジネスモデルの創出を目的とする。

### セザムプロジェクトの基本概要

略称	SESAME
正式名称	マルチテナンシーとエッジサービス向けのスモールセル調整
研究期間	2015年7月-2017年12月(30か月)
予算 (EU 拠出金)	826万6933ユーロ (748万843ユーロ)
プロジェクトコーディネーター	ギリシアテレコミュニケーション機関 (ギリシア)
参加組織	IP アクセス (仏)、CREATE-NET (伊)、ITALTEL (伊)、バーチャルオープンシステム (仏)、サリー大学 (英)、アトス (スペイン)、ブライトン大学 (英)、バスク大学 (スペイン)、オリオン・イノベーション PC (ギリシア)、i2CAT (スペイン)、デモクリトス国立科学研究センター (ギリシア)、ST マイクロエレクトロニクス (仏)、富士通欧州研究所 (英)、ZHAW (スイス)、カタルーニャ工科大学 (スペイン)、ATHONET (伊)、INCITES コンサルティング (ルセンブルグ)、SISTELBANDA (スペイン)、SMARTNET ANONYMI TOURISTIKI KAI KATASKEVASTIKI ETAIREIA PAROCHIS YPIRESION (ギリシア)

<sup>2</sup> [http://cordis.europa.eu/project/rcn/197343\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/197343_en.html)  
<http://www.sesame-h2020-5g-ppp.eu/5GPPPArea.aspx>

## セザムプロジェクトの研究内容

- 3G と 4G までは、主にデータ容量を増加させること、周波数資源の利用を改善することが重要であったが、5G においては、多くの異なるアプリケーションを利用するため、それ以外の要件、信頼可能性、低遅延などの要件も満たさなくてはならず、根本的な変化が必要になる。特に、5G においては、NFV (Network Function Virtualisation) とエッジクラウドコンピューティングを利用して、ネットワークを仮想化し、ネットワークのエッジに処理能力を割り当てることが重要である。以上のようなネットワークは、新しいビジネスモデルを創出し、通信サービスプロバイダ、移動通信網事業者、仮想移動通信網事業者、サービスプロバイダに大きく影響を与える。
- 通信インフラストラチャの仮想化については研究開発がこれまで進められてきているが、この通信インフラストラチャの仮想化という考えをスモールセル技術へ応用することについては十分に研究されていない。
- スモールセルは 4G においては、すでに重要な技術として確立されており、都市部、また都市部外で、家庭や企業向けに従来の通信網を補完する役割を果たしている。特に、イベント会場やショッピングセンター、コンサート施設などのユーザ数の密度が高い場所でのスモールセルの展開は極めて有用である。
- 通常、移動通信網事業者が自社のマクロセルを補完するために、スモールセルを展開していたが、このようなスモールセルの物理インフラストラチャの所有に基づく従来の**静的アプローチ**は CAPEX (資本的支出) を増加させるとともに、アジリティの障害となるが、その上、**動的な通信シナリオ**に対応できない。例えば、複数のイベントが、予定されていた場所だけでなく、通信インフラストラチャが十分に整備されていない場所でも恣意的に開催されるような場合には、急激な通信容量の増加に対応することができない。ところで、このような場合、移動通信網事業者は、自社でスモールセル網を所有することなく、スモールセル網を所有する第三者企業から特定の場所で、ある一定期間だけ借りて、展開することが可能ではないだろうか。5G 網では、このようなスモールセル網の共有シナリオを実現することが重要である。このため、セザムプロジェクトは、スモールセルの動的利用のシナリオに対応する新しいアーキテクチャを開発する。
- セザムプロジェクトの重要な目標
  - NFV とエッジコンピューティングを利用して、ネットワークのエッジへネットワークインテリジェンスとアプリケーションを置くこと。
  - 5G の通信シナリオに対応するように、従来のスモールセル技術を発展させること。
  - 複数の移動通信網事業者とサービスプロバイダがネットワークを共用できるように、通信インフラストラチャにおけるマルチテナンシーを確立すること。
- セザムプロジェクトでは、従来のスモールセルを「クラウド・イネーブルド・スモールセル (Cloud Enabled Small Cell)」へと発展させ、仮想化技術と NFV によって、ネットワーク・インテリジェンス (処理能力) をネットワークのエッジへ置く。
- クラウド・イネーブルド・スモールセルコンセプトに基づいて、ライトデータセンター (Light DC) と呼ばれるスモールセルを開発する。ライトデータセンターは、低電力プロ

セッサとハードウェアアクセラレータを装備し、エッジコンピューティングインフラストラチャを構築できる。

- セザムプロジェクトは、「サービスとしてのスモールセル (SCaaS)」モデルを拡張し、第三者企業が移動通信網事業者に共有電波アクセス容量を供給することを可能にする
- 資源の効率的な利用、新しいネットワーク機能とサービスの迅速な導入、アップグレードとメンテナンスの簡単さ、CAPEX/OPEX の減少、エコシステムをより開かれたものにするなどがセザムシステムの利点である。
- セザムプロジェクトが新たに導入する要素
  - クラウド・イネーブルド・スモールセル
  - ライトデータセンター
  - 電波アクセス網 (スモールセルによる) でのマルチテナント
  - スモールセルインフラストラチャ事業者と移動通信網事業者間の新しいビジネスモデルの創出
  - ライトデータセンター内の仮想ネットワーク機能間の接続を管理するために SDN の利用
  - 現行の 4G アーキテクチャの再利用
  - より強化されたネットワークとサービス管理のために「Self-X」の特性の発展

## インタビュー調査レポート / ホライゾン 2020 セザムプロジェクト

セザムプロジェクトについて、インターネットを利用した文献調査を補完するため、インタビュー調査を実施した。以下に、そのレポートを収録する。

- 日程: 2017年2月24日
- 先方: デモクリトス国立科学研究センター (ギリシア) とオライオン・イノベーション PC (ギリシア) の研究者 2名

### インタビュー調査の目的

第5世代移動通信技術は新たな通信形態を可能にし、新しいビジネスモデルを創出する可能性がある。ホライゾン 2020 のセザム (SESAME) プロジェクトは、仮想化技術により従来のスモールセル技術を発展させることによって、複数の事業者が共用可能なスモールセル網を実現するとともに、スモールセル網による新しい事業形態を創出することを目的とする。セザムプロジェクトの技術コーディネーターであるデモクリトス国立科学研究センターの研究者と、同研究センターと提携し、プロジェクトに参加しているオライオン・イノベーション PC 社の研究者に、セザムプロジェクトの概要、5G ビジョンなどについて質問した。

### インタビューの概要

#### 先方の組織について

- デモクリトス国立科学研究センター (NCSR) は、ギリシア最大の応用科学と工学の研究センターである。研究センタースタッフは、400名で、その他、300名の研究提携者と100名の博士課程の学生が NCSR に所属している。NCSR は、5つの研究院を持つが、そのうちのひとつ、情報学・テレコミュニケーション研究院を通して、セザムプロジェクトに参加している。NCSR は、SDN/NFV と 5G ネットワーク技術の分野で多くの経験を持つ。
  - NCSR は、セザムプロジェクトのほか、ホライゾン 2020 のソナタ (SONATA) プロジェクトとカリスマ (CHARISMA) プロジェクトに参加している (NFV オーケストレータ、スモールセル 5G 網向けの VNF サービスを提供)。そのほか、NCSR は、ホライゾン 2020 のバイタル (VITAL) プロジェクト (衛星通信網の仮想化など)、ビジョン (VISION) プロジェクト (セキュリティ関係) に参加している。また、NCSR は欧州宇宙機関 (ESA) のクラウドサット (CloudSat) プロジェクトに技術マネージャーとして参加した (2014年~2015年)。

- オライオン・イノベーション PC<sup>3</sup> (以下、オライオンとする) は、2013 年に設立されたスタートアップ企業であり、ネットワーク技術とテレコミュニケーション分野の技術革新を目的としている。オライオンは、EU および国内プロジェクトに積極的に参加し、共著論文を含め、100 本以上の論文 (国際雑誌、学会発表など) を発表している。
  - ・ オライオンは以下の分野のイノベーションを専門としている。
    - ネットワーク管理とモニタリング
    - SDN (Software Defined Networking) と NFV (Network Functions Virtualisation)
    - 無線網と衛星通信網
    - メディア指向のコンテンツデリバリネットワーク
    - デジタル放送
    - 経験品質 (QoE) とサービス品質 (QoS) の査定
  - ・ その他、オライオンは、システム工学・インテグレーションサービス、ネットワーク設計と実行、研究開発コンサルティング、イノベーションソリューションの開発も行っている。
  - ・ オライオンは、セザムのほか、EU プロジェクト、シールド (SHIELD) プロジェクト (仮想ネットワーク機能を通じたネットワークの可視性とセキュリティの研究)、メンタ (MENTA) プロジェクト (ネットワークの可視性とデータトラフィックの特徴づけ)、フレックス (FLEX) プロジェクト (LTE の実験) に参加している。また、オライオンは EU と韓国、EU とブラジルの共同公募プロジェクトにも参加しており、今後、日本との共同公募に参加し、日本と将来的に提携協力関係を構築することを望んでいる。

### セザムプロジェクトについて

#### 欧州の 5G ビジョンと WiFi

- 一般的に言って、WiFi は欧州の 5G ビジョンに含まれていると考えてよい。だが、ホライゾン 2020 の 5G プロジェクトにおいて、WiFi について研究している研究者は少ない。
- セザムプロジェクトでは、WiFi の利用に焦点は置かず、LTE の利用のみ研究しているが、WiFi の利用を除外するわけではない。
- ホライゾン 2020 の他の 5G プロジェクト、コヒーレント (COHERENT) プロジェクトでは、WiFi も含めて、研究開発を実施している。

---

<sup>3</sup> <http://orioninnovations.gr>

## 5Gにおけるスモールセルの役割

- 5Gにおいて、NFV とエッジクラウドコンピューティングを利用して、ネットワークを仮想化し、ネットワークのエッジに処理能力を割り当てることが重要である。仮想化されたスモールセルはネットワークのエッジにおけるマルチテナンシーを可能にする。セザムプロジェクトの技術的な目標は、マルチテナンシーの実現とスモールセルインフラストラチャの仮想化である。
- セザムプロジェクトは、新しいビジネスモデルの創出という経済的な目標も持つ。つまり、セザムのスモールセル技術は、移動通信事業者、仮想通信事業者、OTT (Over-The-Top) コンテンツ・サービスプロバイダがビジネスモデルに応じて、ネットワークを共用することを可能にする。そして、これらの事業者は、サービスとして (as a service)、インフラストラチャやアプリケーションを提供することから利益を得る。
- スモールセルという名称は、ピコセルやフェムトセルなどの異なるサイズの小型セルを意味する。セザムプロジェクトでは、唯一のサイズのスモールセル向けのソリューションを開発しているが、これはどの大きさのスモールセルにも応用できる。

## セザムプロジェクトにおける先方組織の役割

- NCRSD は、セザムプロジェクトの技術コーディネーターを務める。プロジェクト全体のコーディネーターは、ギリシアテレコミュニケーション機関が務める。また、NCRSD は、セザムのパイロットサイトを組織し、テストベッドでの活動に参加している。そのほか、NCRSD は VNF (Virtual Network Function) に関わる開発を実施している。
- オライオンは、セザムプロジェクトで、仮想化された環境向けのネットワーク機能ソリューションを提供している。また、オライオンは既存のファイアウォールと侵入検知ソフトウェアを発展させ、仮想化されたマルチオペレーター向けに適応させている。そして、オライオンは、ネットワークエッジにおけるサービスのビジネスの側面を研究している。
- NCRSD もオライオンも、セザムプロジェクトの VNF に関わる部分を研究している。
- セザムプロジェクトは、二つの VNF の研究を実施しており、一つはサービス VNF であり、LTE ソフトウェアスタックの VNF である。オライオンは前者の研究を実施し、セザムプロジェクトの参加組織である IP アクセスは後者を研究している。

## クラウド・イネーブルド・スモールセルとライトデータセンター

- セザムプロジェクトが設計し、活用する「クラウド・イネーブルド・スモールセル (Cloud-Enabled Small Cells : CESC)」は、世界で初めて提案されたものである。このスモールセルは、単一の端末で、モバイルエッジコンピューティング資源 (PC のような) と一緒に、ネットワーク容量へのアクセスを可能にする。アクセスとエッジコンピューティング資源は、オンデマンドで通信サービスプロバイダへ需要に応じて提供される。ライトデータセンターは、以上のようなスモールセルを実現するため、スモールセルと一緒に置かれる。こうして、ネットワークエッジにデータセンターを置くことができる。

- セザムプロジェクトを欧州委員会に提案した当時は、モバイルエッジコンピューティングというコンセプトは欧州ではまだ生まれていなかった。後から、セザムのライトデータセンターはモバイルエッジコンピューティングと類似するということがわかった。
- 欧州では、一般にインテル社のプロセッサを利用するが、セザムプロジェクトでは、ARM社のハードウェア技術の利用可能性を研究する。プロジェクト参加者のSTマイクロエレクトロニクスがARMの技術を使い、低電力で、低価格のシステムを開発している。
- セザムプロジェクトのスマートセルは、屋内向けのIPAE40をベースにしているが、セザムのスマートセルソリューションは屋外向けの端末にも適用できる。技術的な観点から見て、スマートセルの屋外利用と屋内利用に違いはない。
- セザムプロジェクトにおけるスマートセルノードは、本質的に完全なスマートセルであり、標準バックホールインターフェイス（例えば、3G向けにIu-h、LTE向けにS1）、標準マネージメント接続（例えば、TR069）、MOCN資源共有ポリシーが電波資源マネージャ（RRM）に運ばれることを可能にするデータモデルの変更を備える。3GPP 23.251のMOCNアーキテクチャにおいては、スマートセルはS1接続（あるいはIu-H）を各共用ネットワークに返さなければならない。したがって、例えば、3事業者がLTE基地局を共用する場合、基地局は3つのS1接続を提供する必要がある。セザムプロジェクトの構想では、事業者のファンアウトはLTE基地局ではなく、ライトデータセンターに置かれる。
- 仮想化されたスマートセルのプロトタイプは、概念実証を示しながら開発されている。セザムのスマートセルの背後にある重要なアイデアのひとつは、スマートセルインフラストラチャプロバイダによって管理される、実在するスマートセルの実質と、テナントごとのスマートセルの外観を区別することである。これは仮想スマートセルの管理をプラットフォームそのものから切り離すことにつながる。

### セザムプロジェクトが想定する動的通信シナリオ

- セザムプロジェクトが想定する動的通信シナリオは、例えば、多数の人々が一定の関心を備えた地理的エリアに集まり、通信のため移動端末を利用しようする場合である。より具体的には、予測不能のストリートイベント（フラッシュモブや告知されていないパフォーマンスなど）、あるいは緊急事態（自然災害や公共安全に関わる事件など）が動的通信シナリオとして特定される。
- 一般的に、セザムのスマートセルは、移動通信事業者のOSS（Operation Support System）とBSS（Business Support System）と相互作用する必要がある。リアルタイム通信は、スマートセルレベルで局地的にQoSを伴ってサポートされる。こうして、二つのアプリケーションの提供、ライブストリーミングのアップリンクのエッジベースによるサポート（エンドユーザのカメラなど）、局地的にサポートされるリアルタイムのグループ通信（安全なグループ通信など）が考えられる。
- 動的通信シナリオにおいて、単一のスマートセル運用事業者が3つの異なる移動通信網事業者（移動通信事業者、仮想移動通信事業者、各種のサービスプロバイダ）にサービスを提供する。第一の課題は、スマートセルクラスターの資源を通信事業者ごとにどのように管理するかというものである。

## セザムのビジネスモデル

- セザムプロジェクトでは、プロジェクトが実現する新しいビジネスモデルのアクターを定義している。まず、スモールセル網運用事業者として、新しい事業者が生まれる可能性がある。例えば、ノルウェイのクラウドベリー（Cloudberry）社はすでに「サービスとしてのスモールセル（Small-cells-as-a-Service）」事業を開始している。ついで、すべてのLANを所有する既存の組織（例えば、地方公共団体）がスモールセル網運用事業者になりうる。これらの事業者はスモールセル網を所有し、大手移動通信事業者にネットワークを貸すことができる。例えば、プライベートLTEネットワークがその例となる。こうして、セザムプロジェクトは、スモールセル網運用事業者と移動通信事業者の両者が利益を得る関係を構築することを目指す。
- LTEのスモールセル網とWiFiは競合しうる。一方で、スモールセルには費用が大きくかかり、他方で、WiFiには費用が安く済み、市民にとっては無料である。だが、スモールセルはサービス水準合意（SLA）をつけることができ、通信サービスを保証することができるという利点がある。スモールセルによる通信はより重要な通信に利用されるだろう。したがって、確かに、スモールセルとWiFiは競合するが、異なる通信サービスを提供するのであって、両者は補完し合い、双方を結合する必要がある（WiFiはセザムプロジェクトの構想外）。

## セザムのアクセス技術と周波数利用

- セザムのスモールセルには、FDD-LTE技術が利用される。
- スモールセルの利用周波数帯は、LTE Band 7（アップリンク：2500MHz-2570MHz、ダウンリンク：2620MHz-2690MHz）であり、6GHz以上の高周波帯は利用しない。
- セザムは、周波数共用に関して、マクロセルに基づくMOCN（Multi-Operator Core Network）アプローチを採用するので、スモールセル網事業者は周波数利用免許を有する移動通信事業者の周波数帯を借りることになる。したがって、スモールセル事業者に新しい特殊な免許は必要にならないが、スモールセル網事業者と移動通信事業者は互いに協力し合わなければならない。
- 移動通信事業者がスモールセル網運用向けに子会社を設立することも可能かもしれないが、他の移動通信事業者とスモールセル網を共有することが前提となるので、難しいかもしれない。

## セザムのIoTとの関係

- セザムプロジェクトでは、現在、IoTシナリオは検討されていないが、セザムのライトデータセンターはIoTゲートウェイにも対応することができるだろう。
- セザムのアーキテクチャは、例えば、LoRa技術やシグフォックスなどのIoTソリューションにも拡張できる。

## セザムプロジェクトの標準化への寄与

- セザムプロジェクトは標準化に向けた具体的なプランを持ち、標準化団体へ大きく貢献している。
- セザムが特定している標準化団体
  - 3GPP、ETSI、産業フォーラム（NGMN、スモールセルフォーラム、ブロードバンドフォーラム）、IEEE SDN、HSA 基金、OCCI、DMTF
  - 特に、3GPP とスモールセルフォーラムが最も重要である。
- セザムの標準化活動
  - モニタリング (DPACC、ARM バンドプロジェクトなど)
  - プレ標準化と周知活動
  - 5GPPP のプレ標準化作業グループへの参加
  - プレ標準化文書共同編集への寄与 (ETSI の作業部会)
  - オープンスタックサミット（アメリカのオースティン、2016年3月）
  - Interop（東京、2016年6月）
  - プレ標準化文書共同編集へのプロジェクトの寄与 (DPACC)
  - アクセルレータ仮想化のためのオープンスタック GAP 分析

### 第3章 mmMagic プロジェクト (ミリ波の移動通信システムへの利用の研究開発)

mmMagic プロジェクトは、5G 向けに 6-100GHz 帯の利用を研究しており、世界のインフラストラクチャベンダ、欧州の通信事業者と研究機関、計測機器ベンダ、中小企業からなるコンソーシアムによって実施されている。プロジェクトの全体のコーディネーターは韓国企業サムスン、技術マネージャーはエリクソンである。ホライズン 2020 の 5G プロジェクトでは、最大のミリ波技術の研究プロジェクトである<sup>4</sup>。

#### mmMagic プロジェクトの基本概要

略称	mmMagic
正式名称	第五世代統合通信向けのミリ波移動通信接続網
研究期間	2015年7月-2017年6月 (24か月)
予算 (EU 拠出金)	816万5085ユーロ (816万5084ユーロ)
プロジェクトコーディネーター	サムスン (英)
参加組織	エリクソン (スウェーデン)、アルト大学 (フィンランド)、CEA (仏)、アルカテル・ルーセント (フィンランド：ノキアと合併)、フラウンホーファー研究所 (独)、ファーウェイ (独)、インテル (独)、IMDEA ネットワークス (スペイン)、ノキア (ポーランド)、ノキア (フィンランド)、オレンジ (仏)、テレフォニカ (スペイン)、ブリストル大学 (英)、クアルコム (スウェーデン)、チャルマース工科大学 (スウェーデン)、キーサイトテクノロジーズ (デンマーク)、ロード・シュツワルツ (独)、ドレスデン工科大学 (独)

- 5G の一般的なビジョン

---

<sup>4</sup> mmMAGIC プロジェクトについては、インターネットを利用した文献調査とともに、5G 関連のイベントに参加し、同プロジェクトについての発表を聞いて、収集した情報を元に記す。

- ・ 大量の端末の接続を可能にする。
- ・ 多目的な移動通信サービス (EMB: 強化されたモバイルブロードバンド、URLLC: 超信頼性の高い低遅延通信、MMC: 大量マシーンタイプ通信) と多様な端末 (ハンドセット、自動車、ドローン、ロボットなど)
- ・ 様々な要件: 大容量データ通信、より単純で低電力、高い信頼性と低遅延
- 6GHz 帯以下はすでに多くが利用されているので、5G にはミリ波の利用が必要である。ミリ波 (6-100GHz) は移動通信サービスにはるかに広い帯域幅を与える。
- WRC-15 で 5G 向けの利用の研究が決定された周波数帯 (24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz、37-40.5GHz、40.5-42.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47-47.2GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz、81-86GHz) は、mmMAGIC プロジェクトがカバーする帯域である。
- mmMAGIC の主な研究トピック
  - ・ ユースケース、主要性能指標、周波数
  - ・ チャンネル計測とモデリング
  - ・ 無線アクセスネットワーク機能、アーキテクチャ、ネットワーク統合
  - ・ ミリ波モバイル無線インターフェイスの設計
  - ・ マルチモードとマルチアンテナ受信機アーキテクチャとスキーム
- 現在までの研究成果 (一部)
  - ・ ユースケースと重要性能指標 (KPI) の特定
    - オン・デマンド・メディア: 接続密度 4000 ユーザ/k m<sup>2</sup>
    - クラウドサービス: トラフィック密度 750Gbps/k m<sup>2</sup>
    - 分配されたクラウドと人口密度の高い都市社会: 接続密度 150000 ユーザ/k m<sup>2</sup>
    - スマートオフィス: トラフィック密度 15000Gbps/k m<sup>2</sup>
    - ホットスポット
    - どこでも 50Mbps 以上のデータ通信
    - 移動車両向けのホットスポット: 移動速度 500km/1 時間
    - ビデオロボットコントロール: 低遅延 1ms / 信頼性 99.9%
  - ・ 周波数分析: 6-30GHz、30-50GHz、70-100GHz という 3 つの帯域を研究し、特に 28GHz、38GHz、73GHz を代表する 3 つの帯域として特定した。これらの帯域について、プロジェクトでは、カバー範囲、容量、モビリティ、端末の複雑さという点から研究している。

- ・ 現在、各周波数帯を可視化するツール(3Dアニメーションツール)を開発している<sup>5</sup>。
  - ・ 計測と地図ベースのチャンネルシミュレーションの実施:6-100GHz帯の8帯域(6GHz、10GHz、14GHz、17GHz、28GHz、41GHz、60GHz、82GHz)
- mmMAGIC プロジェクトは、欧州のどこでも 50Mbps 以上のデータ通信を可能にすることを目標にしており、そのためには、ミリ波以下と以上の帯域を効果的に利用しなければならない。特に、高周波帯によるスポット的なカバーを越えること、ミリ波以下と以上の帯域の利用を連携させること、多様なユースケースにアーキテクチャが対応できるようにすることが問題である。
  - 標準化: ミリ波を利用する無線アクセス技術は、5G アクセス網の主な要素の一つとして考えられており、mmMAGIC プロジェクトで開発されているコンセプトと方法は、3GPP による世界標準化の基礎として利用されている。mmMAGIC は、これまでに 3GPP に 15 の寄与文書、ITU-R に 2 つの寄与文書を提出している。
  - 実証実験: mmMAGIC は、UHD 動画ストリーミング、仮想現実、モバイルゲームをユースケースとして、実証実験を行っている。100Mbps を基本ベースとして、最高で 20Gbps の伝送速度を実現している。1000 人のユーザをサポートするために、100 平方メートルに 40 のスモールセルを配置した。
  - 後継のプロジェクト: mmMAGIC プロジェクトは 2017 年 7 月に終了するが、そのあと、mmMAGIC-II プロジェクトを実施する予定である。このプロジェクトは、18 パートナーと共に、2 年間にわたって研究を行い、特に 3GPP のリリース 15 以降をターゲットにする。同プロジェクトは、特に、バーティカルアプリケーション、例えば、自動運転(ドローンの利用を含む)、公共安全、遠隔機械コントロール(マルチユーザ・マルチインプット・マルチアウトプット(MU-MIMO)技術)、固定無線アクセスの提供を可能にするミリ波通信システムの研究に焦点を置く。

---

<sup>5</sup> 可視化ツールのビデオが公表されている。  
[https://www.youtube.com/watch?v=xX\\_Wt9oUJSE](https://www.youtube.com/watch?v=xX_Wt9oUJSE)

## 第2部 欧州における第5世代移動通信技術とIoTの標準化と周波数割当政策の動向

本報告書第1部では、欧州における移動通信システムの研究開発動向について、特にホライゾン2020の5Gプロジェクトを概観した。ところで、移動通信システムの研究開発の協力で、5GとIoT向けの標準化と周波数割当が進められている。第2部では、第1章で国際電気通信連合における5G向けの周波数割当政策の動向、第2章で3GPPにおける5GとIoTの標準化動向について記す。アメリカに本拠地を持つ標準化団体であるIEEEにおける5G標準化動向については、本報告書第3章に、同組織が5Gイニシアチブの下で、世界各地で開催している5Gサミットを視察した際に作成したレポートを、欧州で開催された他の5GおよびIoT関連のイベントの視察レポートと一緒に収録する。

## 第1章 国際電気通信連合における5G向けの周波数割当動向

世界的な周波数割当を所管する国際電気通信連合（ITU）は、IMT-2020向けの周波数割当を検討している。IMT-2020は実質的に5Gを指すが、ITUでは5Gという名称を利用していない。

- ITUは2015年9月にIMT-2020についてITUのビジョンを発表している<sup>6</sup>。
- ITUはEMB（強化された移動ブロードバンド）、MMC（大量マシンタイプ通信）、URLLC（超信頼可能な低遅延通信）の3つを5Gのユースケースとして定めている。
- IMT-2020の標準化は、2012年から2020年まで、4段階（2012～2015年、2015～2016年、2017～2018年、2019～2020年）で実施される。
- 2018年以降に、5G技術が具体的に標準化されていく。

ITUは、2015年11月に世界無線通信会議（WRC-2015）を開催し<sup>7</sup>、様々な議題が検討されたが、そのひとつがIMT-2020向けの周波数割当であった。WRC-15では、WRC-19で5G向けの周波数帯を特定することが決定されており、WRC-19までに高周波帯（6GHz以上）の利用が研究されることが決まっている（規則238）。

- IMT-2020向けの割り当てが検討される高周波帯：24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz、37-40.5GHz、40.5-42.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47-47.2GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz、81-86GHz
- 多くの人が5G向けの周波数割当を世界的に調和させることの重要性を主張しているが、各地域間での調和は難しいという意見もある（2017年1月IEEE5Gリスボンサミットにおけるポストコンサルティンググループ研究者の意見）。

その他、WRC-15では、以下の点が決定している。

- 6GHz帯以下に関しては、1.427-1.518GHz帯、3.4-3.6GHz帯が新たに移動通信サービスに利用すること。
- 24-86GHz帯の周波数について、共用（シェアリング）と互換性について調査すること。

また、ITUは、IMT-2020に衛星通信を統合することを検討している。衛星通信は、物理的な攻撃や自然災害に陸上通信よりも強く、端末を簡単に展開できるという利点を持つ。静止衛星および非静止衛星による通信は、IMT-2020向けの高速度バックホール接続、既存の陸上通信網の補完、IoT向けのバックホールに利用でき、5G網のグローバルな展開を補助できる。

---

<sup>6</sup> <http://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083-0-201509-I/en>

<sup>7</sup> <http://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/2015/Pages/default.aspx>

## 第2章 3GPP における第5 世代移動通信技術とIoT の標準化に係る動向

国際的な標準化団体である 3GPP は、第 3 世代移動通信技術 (3G)、第 4 世代移動通信技術 (4G:LTE) の標準化を実施してきたが、現在は、4G 標準のバージョンアップと第 5 世代移動通信技術 (5G) の標準化を実施、また準備している。

IoT 向け通信技術の標準化が行われたリリース 13 は 2016 年 6 月に凍結し、現在進められている標準化活動はリリース 14 であり、2017 年 7 月に凍結予定である。5G の本格的な標準化活動は、リリース 15 とリリース 16 において実施される予定である。3GPP の 5G アーキテクチャ標準化のロードマップには二段階あり、第一段階はリリース 15 (2016 年第 2 四半期-2018 年第 3 四半期) で行われ、5G 商用化に最も急を要する技術を定義し、第二段階はリリース 16 (2017 年第 3 四半期-2020 年第 1 四半期) で行われ、すべてのユースケースと要件に対応する予定である。以下に、動向が明らかになっているリリース 13 からリリース 15 までの概要について記す。

リリース 13 では、IoT 市場に対応するために、LTE-M(eMTC)、NB-IoT、EC-GSM-IoT を定義した。これらの技術は、移動通信事業者 (キャリア) が自社のインフラストラクチャを利用して、IoT 網を展開することを可能にし、今後、LoRa アライアンスが標準化している LoRa 技術を利用する LoRa 網事業者やシグフォックス (Sigfox) などの IoT 網新興事業者と競合する可能性がある。だが他方で、移動通信事業者は、上記 3 つの 3GPP 技術を補完するために、LoRa 網事業者やシグフォックスと提携もしており、両者の競合と提携は単純なものではなく、各移動通信事業者の IoT 網戦略やビジネスモデルに依存する (この点については、本報告書第 2 部第 4 章に収録したスペインのバルセロナで開催された LPWA イベントの視察レポートを参考にしていきたい)。

### 参考:LPWA 技術の特徴

	EC-GSM-IoT	LTE M	LPWA		
			NB-IoT	シグフォックス	LoRa
通信距離	35 km まで	100 km まで	35 km まで	12 km まで	10 km まで
周波数帯	免許要・8-900	免許要・LTE バ	免許要・LTE バ	免許不要・	免許不要・

	Mhz	バンド	バンド (In-band or Guard-band)	920MHz	920MHz
標準化	3GPP で標準化は終了 (リリース 13)	3GPP で標準化は終了 (リリース 13)	3GPP で標準化は終了 (リリース 13)	ETSI (標準化は終了)	LoRa アライアンス (標準化は終了)
最大通信速度	70 Kbps	1 Mbps	62 kbps (DL) / 26 kbps (UL)	100 Kbps	10 Kbps
モジュールチップの価格	4.5 ドル (2016) / 2.97 ドル (2020)	5 ドル (2016) / 3.3 ドル (2020)	4 ドル (2016) / 2-3 ドル (2020)	4 ドル (2015) / 2.64 ドル (2020)	4 ドル (2015) / 2.64 ドル (2020)

出典 ノキア

☆上記のノキア資料の表では、EC-GSM-IoT と LTE-M は LPWA 技術に分類されていないが、移動通信業者の産業団体である GSMA のホワイトペーパーでは両技術は LPWA 向けの技術として考えられている<sup>8</sup>。

リリース 14 では、30 以上の点が研究されている<sup>9</sup>。例えば、LTE-M、NB-IoT、EC-GSM-IoT 技術の強化、LTE を拡張した V2X アプリケーション (V2X は、自動車間のダイレクトコミュニケーションと自動車とネットワークの間のネットワークコミュニケーションを含む。V2X コミュニケーションのフレームワークは、2017 年 3 月に定義される予定である)、低遅延の実現のための LTE エアインターフェースの強化が研究される。5G に関しては、SMARTER という名称で、70 以上のユースケースが研究されており、リリース 15 以降の 5G の本格的な標準化活動を準備している。SMARTER<sup>10</sup>では、様々なユースケースを 4 つのグループに分けている。

- 大量 IoT: 大量の端末を利用する IoT (スマートホーム、スマートシティ、スマートユーティリティ、e-ヘルス、スマートウェアラブル)
- クリティカルコミュニケーション (遅延、信頼性、産業コントロールの可能性など)

<sup>8</sup> <http://www.gsma.com/connectedliving/3gpp-low-power-wide-area-technologies-white-paper/>

GSMA は、2016 年 10 月に『3GPP LPWA 技術』というホワイトペーパーを発表しており、LPWA 技術の展望について分析し、報告している。

<sup>9</sup> <http://www.3gpp.org/release-14>

<sup>10</sup> [http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1786-5g\\_reqs\\_sal](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1786-5g_reqs_sal)

- 強化されたモバイルブロードバンド（大容量、高密度、カバー、高いモビリティ、固定通信と移動通信の融合、スモールセル展開など）
- ネットワーク運用（柔軟な機能、新しい価値創造、最適化と強化、セキュリティなど）

リリース 15 では、5G の初期の技術仕様が研究される<sup>11</sup>。

- 5G には、二つの異なる展開シナリオがある（非スタンドアローン展開とスタンドアローン展開）。前者は、5G 網向けに LTE をコントロールプレーンアンカーとして利用することを含むが、後者はフルコントロールプレーンキャパビリティを含む。
- 5G の周波数帯域は、6GHz 以下と以上である。
- 5G の核となる部分は前方互換であるべきであり、他の要素が後のリリースにおいて付加可能でなければならないことが強調されている。

また、リリース 15 では、5G 向けの新しい要素だけでなく、LTE Advanced Pro 仕様も標準化される。

---

<sup>11</sup> この点については、本報告書第 2 部第 3 章に収録した第 2 回グローバル 5G イベントの視察レポートを参考にしてください

### 第3章 欧州における第5世代移動通信システムとIoTの標準化および周波数政策に係るイベント視察レポート

欧州における第5世代移動通信システムとIoTの周波数割当政策と標準化の動向について調査するために、欧州で開催されて3つのイベントを視察した。その際に作成した視察レポートを以下に収録する。

#### 第2回グローバル5Gイベント視察レポート

- 日程: 2016年11月9日～10日
- 場所: イタリア・ローマ

##### 1) イベント全体の概要

世界の各地域、各ステークホルダーの代表が集まって、5Gについて討議する「グローバル5Gイベント」の第二回会合がイタリアのローマで開催された。グローバル5Gイベントは、2015年10月にポルトガルのリスボンでMoUが締結され開催が決定され、第一回イベントは2016年5月・6月に中国の北京で開催されていた。

イベントでは、様々な視点から5Gについて討議されたが、世界、そして、欧州の動向については、特に以下のポイントが重要である。

- 国際電気通信連合 (ITU) における周波数割当政策動向: 2015年度世界無線通信連合 (WRC-15) では、WRC-19で5G向けの周波数帯を特定することが決定されており、WRC-19までに高周波数帯の利用が研究されることが決まっている (24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz、37-40.5GHz、40.5-42.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47-47.2GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz、81-86GHz)。また、ITUは、24-86GHz帯の周波数について、共用 (シェアリング) と互換性について調査することに同意している。
- 3GPPにおける標準化動向: 3GPPの5Gアーキテクチャ標準化のロードマップには二段階ある。第一段階はリリース15 (2016年第2四半期-2018年第3四半期) で行われ、5G商用化に最も急を要する技術を定義し、第二段階はリリース16 (2017年第3四半期-2020年第1四半期) で行われ、すべてのユースケースと要件に対応する。リリース14は2017年7月に終了予定である。
- 欧州連合における周波数割当政策動向: 周波数割当政策について、欧州委員会の上級諮問機関であるRSPGは、6GHz帯以下に関しては、1GHz以下の帯域、特に700MHz帯 (国土全体と屋内の5Gカバーを実現するため)、3.4-3.8GHz帯 (都市部での5G新サービス向け) の利用を推進している。6GHz帯以上については、特に、24.5-27.5GHz、31.8GHz-33.4GHz、

40.5-43.5GHz を検討している。その中でも、RSPG は、24.5-27.5GHz が重要であると考えている。

- 欧州連合の 5GPPP: 5GPPP は 3 期あり (第 1 期: 2015 年～2017 年半ば、第 2 期: 2017 年半ば～2019 年半ば、第 3 期: 2019 年半ば～2020 年以降)、現在は第 1 期にあたる。ホライズン 2020 では、5GPPP のもと、5G の技術要素に合わせて、多くの研究が実施されている: 無線技術関係のプロジェクト (METIS-II、COHERENT、5G-NORMA、SPEED-5G、FANTASTIC-5G、mmMAGIC)、フロントホール/バックホール技術関係のプロジェクト (5G-Xhaul、5G-Crosshaul)、ハードウェア関係のプロジェクト (Flex5Gware)、ネットワーク自動化関連のプロジェクト (CogNet、SELFNET、5Gex)、SDN、NFV、クラウド、仮想化関連のプロジェクト (SuperFluidity、VirtuWind、SONATA、SESAME)。
- 5G のアプリケーション: 5G は多様なユースケースへの対応を実現するが、独企業ボッシュは、5G の産業利用 (ロボット、拡張現実、工場の自動化、移動コントロールパネル、位置情報技術、ロジスティック) の展望について発表した。5G の産業への利用は、ドイツ政府の産業政策である「インダストリー4.0」に合致する。また、同社は、産業アプリケーションのほかに、新しいアプリケーションとして、5G の自動運転技術への利用を挙げた。

## 2) イベントの各プレゼンテーションの概要

欧州組織の代表者のプレゼンテーションの概要について記す<sup>12</sup>。

### トピック: 5G 産業団体のパースペクティブ

#### 5G インフラストラクチャ協会議長 (欧州産業界の代表)

- 5G インフラストラクチャ協会は、5G 官民パートナーシップ (5GPPP) における欧州委員会のパートナーである。
- 現在、世界各地に 5G イニシアチブがある。欧州では、EU の第 7 次枠組計画 (FP7) とホライズン 2020 における研究助成、フィンランドの 5G テストネットワーク・フィンランド、ドイツの TU ドレスデンに設立された 5G ラボ、英国のサリー大学に設立された 5G イノベーションセンターがある。
- 5GPPP は 3 期ある (第 1 期: 2015 年～2017 年半ば、第 2 期: 2017 年半ば～2019 年半ば、第 3 期: 2019 年半ば～2020 年以降)。現在は第 1 期にあたる。
- 2016 年 7 月、欧州の産業界は欧州における 5G 展開のビジョンや課題について記した『5G 宣言』を欧州委員会に提出した<sup>13</sup>。

---

<sup>12</sup> プレゼンテーション資料:

<https://5g-ppp.eu/event/second-global-5g-event-on-9-10-november-2016-in-rome-italy/>

<sup>13</sup> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/commissioner-oettinger-welcomes-5g-manifesto>

- 2016年9月、欧州委員会は、5Gに係る行動目標などを定めた『5G 行動計画』<sup>14</sup>を公表している（以下がその主な内容）。
  - 行動1：トライアルと展開：2020年までにEU加盟国内の一つの都市で5Gの利用可能にし、2025年までにEU加盟国のすべての都市部と主要な地上交通経路をカバーする。
  - 行動2：5Gの初期段階の周波数帯域：2016年末までに、5Gの本格的な展開開始のための初期周波数帯域の暫定リストを作成する。
  - 行動3：5Gの本格的な展開のための周波数帯域：2017年末までに、欧州における本格的な5G商業展開のため調和化された周波数帯域（6GHz以下と以上）の全セットを作成する。また、6GHz以上の5G帯域の認可のため、推奨アプローチを定める。
  - 行動4：ロールアウト計画：主要な光ファイバ網とセルの展開シナリオのモニタリング向けに、ロールアウトと品質の目標を定める。
  - 行動5：標準化：2019年末までにグローバルな5G最終標準の策定、無線アクセス網とコアネットワーク向けのホーリスティックな標準化アプローチを定めること、2017年末までに産業界の横断的なパートナーシップの締結。
  - 行動6：技術的実験と商用化前トライアル：2017年にできるだけ早く、主要な技術的実験の計画を策定（新端末とアプリケーションを含む）、2017年3月までにプレ商用化トライアル実施の詳細なロードマップの策定。
  - 行動7：加盟国による5Gの初期採用：加盟国が公共の安全とセキュリティ向けの通信サービスを改善するために、5Gインフラストラクチャを利用することを促進する。
  - 行動8：民間投資と公的支援を結集させる。
- 5Gインフラストラクチャ協会には、政策テーマごとにワーキンググループ（WG）がある。
  - プレ標準WG：標準化のロードマップの策定など
  - 周波数WG：1Ghz以下の帯域、3.4～3.8GHz、6Ghz以上の帯域（24.5-27.5GHz、31.8-33.4GHz、40.5-43.5GHz）の検討
  - 包括的ビジョンと社会問題への挑戦WG
  - 5GPPP 契約約定およびKPIWG
  - 5G国際提携WG：日本も含めた世界各地の5Gイニシアチブと提携する。
  - トライアルWG：2017年の第1四半期までに欧州トライアルロードマップを策定。2018年まで欧州各地で各組織がトライアルを実施し、2018年以降は、各トライアルを提携させる。

---

<sup>14</sup> <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-588-EN-F1-1.PDF>

- ・ コミュニティ成立と広報 WG
- ・ 中小企業支援 WG
- 5G インフラストラクチャ協会には、技術テーマごとにワーキンググループ (WG) がある。
  - ・ アーキテクチャ WG
  - ・ ユースケースと性能評価モデル WG
  - ・ ソフトウェアネットワーク WG
  - ・ ネットワーク管理 WG
  - ・ セキュリティ WG

### トピック: 柔軟な5G システムアーキテクチャの設計

#### 3GPP SA2 議事長 (中ファウエイ)

- 3GPP における移動通信システム関連の標準化動向について紹介する。
- 3GPP の第4世代移動通信技術 (4G) には、後から、LPWA 向けに少量データ通信、低コスト、低電力の技術仕様が付け加えられた。
- 5G は多様なアクセスシステム、柔軟なカスタマイゼーション、仮想化の利用を特徴とする。
- 5G はボトムアップで設計される。
- 3GPP の TSG SA ワーキンググループ 2 が、5G のアーキテクチャについて作業している。
- 3GPP の 5G アーキテクチャ標準化のロードマップ: 5G アーキテクチャ標準化の第一段階はリリース 15 (2016 年第2 四半期-2018 年第3 四半期) で行われ、第二段階はリリース 16 (2017 年第3 四半期-2020 年第1 四半期) で行われる。
- 5G アーキテクチャの第一段階では、ネットワークスライシングのサポート、QoS フレームワーク、UE/モビリティ管理、データセッション管理、データセッションコンティニュイティ、効率的ユーザプレーンパス、ネットワーク機能インタラクション、ポリシー/チャージングコントロール、セキュリティ、インターワーキングと 4G からの移動、IMS のサポート、ネットワークディスカバリ/セレクション、ネットワークキャパビリティエクスポジャが検討される。
- 中でも、ネットワークスライシングが最も重要である。これは通信事業者が同じインフラストラクチャ上で、複数の多少とも独立したネットワークを展開することを可能にする。また、各スライスは、異なるサービスとビジネス向けにカスタマイズされる。

### トピック: 5G 向けのグローバルに調和化された周波数

#### 国際電気通信連合 (ITU)

- 2015年度世界無線通信連合（WRC-15）では、WRC-19で5G向けの周波数帯を特定することが決定されており、WRC-19までに以下の周波数帯が研究されることが決まっている。
  - 24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz、37-40.5GHz、40.5-42.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47-47.2GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz、81-86GHz

#### EUの無線周波数政策グループ（RSPG）副議長（スウェーデン郵便・電気通信規制庁）

- RSPGは、周波数政策について欧州委員会を支援する上級諮問機関である。
- RSPGは、2016年11月に5Gについて意見書（「欧州のための5Gに向けた戦略的ロードマップ」）<sup>15</sup>を公表している。以下に、主要なポイントを記す。
  - 国土全体と屋内の5Gカバーを実現するためには、1GHz以下の帯域、特に700MHzで、5Gを展開する必要がある。
  - 3.4-3.8GHzが都市部での5G新サービスの展開にとって、最も重要な帯域である。この帯域は現在すでに利用することができ、5G展開の第一線へと欧州を置く。
  - すべての移動通信に割り当てられている帯域を5Gへ準備する。
  - 24GHz以上の帯域を5G向けに特定する必要がある。特に、24.5-27.5GHz、31.8GHz-33.4GHz、40.5-43.5GHzを検討している。その中でも、RSPGは、24.5-27.5GHzが5G向けに高周波帯として重要であると考えている。また、24GHz以上の帯域で、周波数共有と移行という課題について、帯域利用可能性について検討する予定である。

#### トピック：5G エアインターフェイスと周波数資源管理

##### 3GPP RAN 議長（クアルコムテクノロジー）

- 3GPPで標準化されている無線技術を紹介する。
- 3GPPは、4GであるLTEを改良するとともに、新しい5Gの標準化作業を実施している。
- 免許要帯域は3GPP技術の利用者（移動通信事業者など）にとって重要であるが、時期を得た免許不要帯域の利用は免許要周波数をトラフィック需要が増えた際に補完する。この免許不要帯域へのトラフィックのオフロードのため、3GPPでは二つのオプションを検討している：LTE/WiFi インターワーキングとLAA（Licensed Assisted Access）。
  - 3GPPのリリース13では、LTE/WiFi インターワーキングについて、LWA（LTE-WLAN Aggregation）とLWIP（LTE-WLAN Radio level Integration with IPsec Tunnel）を定義している。リリース14では、eLWA（enhanced LWA）とeLWIP（enhanced LWIP）について作業している。

---

<sup>15</sup> [http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2016/11/RSPG\\_News\\_Release\\_on\\_5Gpdf](http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2016/11/RSPG_News_Release_on_5Gpdf)  
[http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion\\_5Gpdf](http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5Gpdf)

- ・ LAA については、リリース 13 で、LAA ダウンリンクを定義した。リリース 14 では、LAA アップリンクを定義する予定である。
- IoT: リリース 13 では、IoT 市場に対応するために、LTE-M(eMTC)、NB-IoT、EC-GSM-IoT を定義した。
  - ・ LTE-M は MTC (Machine Type Communications) 向けに LTE を強化したもの
  - ・ NB-IoT は、低価格の IoT 市場向けに最適化された新しい無線技術
  - ・ EC-GSM-IoT は、GSM/EDGE を IoT 向けに準備した。
- リリース 14 では、以下の点について、これらの 3 つの技術を強化する: ポジショニング強化 (LTE-M、NB-IoT、EC-GSM-IoT)、マルチキャストとモビリティ強化 (LTE-M、NB-IoT)、新しいパワークラスとアクセス/ページング強化 (NB-IoT)、高データレートと VoLTE サポート (LTE-M)
- V2X (Vehicle to X) : リリース 14 では、LTE を拡張し、V2X アプリケーションをサポートさせる。V2X は、自動車間のダイレクトコミュニケーションと自動車とネットワークの間のネットワークコミュニケーションを含む。V2X コミュニケーションのフレームワークは、2017 年 3 月に定義される予定である。
- 低遅延 LTE: 3GPP は、低遅延の実現のため、LTE エアインターフェイスを強化している。
- 5G のタイムラインには、二つの段階が予定されている<sup>16</sup>。第一段階では、2018 年 9 月までにリリース 15 を完了させ、5G 商用化に最も急を要する技術を定義する。第二段階では、2020 年 3 月までにリリース 16 を完了させ、すべてのユースケースと要件に対応する。
- タイムライン: リリース 14/2017 年 7 月、リリース 15/2018 年 9 月、リリース 16/2020 年 3 月
- 5G の核となる部分は前方互換であるべきであり、他の要素が後のリリースにおいて付加可能でなければならない。
- リリース 15 のターゲット
  - ・ 二つの異なる展開シナリオがある: 非スタンドアローン展開とスタンドアローン展開: 前者は LTE をコントロールプレーンアンカーとして利用することを含むが、後者はフルコントロールプレーンキャパビリティを含む。
  - ・ 5G 向けに様々なアーキテクチャが評価される。決定は、2016 年 12 月か 2017 年 3 月になされる予定である。
  - ・ 5G は強化されたモバイルブロードバンドと低遅延および高い復元能力を実現する。
  - ・ 5G の周波数帯域は、6GHz 以下と以上である。
- 3GPP の TSG RAN (Technical Specification Group RAN) では、以下の研究を実施している。

---

<sup>16</sup> [http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1787-ontrack\\_5g](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1787-ontrack_5g)

- ・ 次世代アクセス技術のためのシナリオと要件
- ・ 6GHz 以上の周波数帯向けのチャンネルモデル
- ・ 新しい無線アクセス技術
- 3GPP の TSG SA (Technical Specification Group System Aspects) では、以下の研究を実施している。
  - ・ SMARTER (新しいサービスと市場の技術イネーブラー)
    - 大量 IoT のユースケース
    - クリティカルコミュニケーションのユースケース
    - 強化されたモバイルブロードバンドのユースケース
    - ネットワーク運用のユースケース
  - ・ 次世代システムのためのアーキテクチャとセキュリティ

### 新経済におけるバーティカル向け5G

#### ボッシュ (独企業)

- ボッシュは、年間 710 億ユーロ、250 の製造場を持つ企業であり、自動車向けソリューション、産業技術、エネルギー・ビルディング技術、消費者向け製品を生産している。
- ボッシュにとって、5G はエクストリームブロードバンド (最高 10Gbps、どこでも 100Mbps)、mMTC (大量マシンタイプ通信: 10 年間のバッテリー寿命、超低コスト、大量端末)、URLLC (信頼性の高い低遅延コミュニケーション: ultra-Reliability Low Latency Communication: 1ms 以下の低遅延) に利用できる。
- 5G の産業利用の例: ロボット、拡張現実、工場の自動化、移動コントロールパネル、位置情報技術、ロジスティックなど。
  - ・ 5G の産業への利用は、ドイツ政府の産業政策である「インダストリー4.0」に合致する。

#### 図版: 主要要件の概要

	産業向け			自動運転向け	
利用例	クレーンなどのコントロール	状況のモニタリング	拡張現実	隊列走行	センサーデータの交換
遅延	1 ミリ秒以下	100 ミリ秒	10 ミリ秒	5 ミリ秒以下	50 ミリ秒以下
データ通信速度	Kbits-Mbits	Kbits	Mbits-Gbits	Kbits	Mbits
典型的なデータ	20-50 バイト	1-50 バイト	200 バイト以上	500 キロバイト	ストリーム/パ

ロックサイズ			下		ケット
バッテリー寿命		10年間	1日		

- クレーンなどのコントロールの要件を満たすことが最も難しい(信頼性の高い低遅延コミュニケーション)。
- 状況のモニタリングは大量マシーンタイプ通信 (mMTC) に当たる。
- 拡張現実にはエクストリームブロードバンドと低遅延を実現する必要がある。

### モバイルブロードバンドとそれを越えた5G ロードマップ

#### 5G インフラストラクチャ協会 (欧州代表)

- ホライゾン 2020 では、5G の技術要素に合わせて、多くの研究が実施されている。
  - ・ 無線技術関係のプロジェクト: METIS-II、COHERENT、5G-NORMA、SPEED-5G、FANTASTIC-5G、mmMAGIC
  - ・ フロントホール/バックホール技術関係のプロジェクト: 5G-Xhaul、5G-Crosshaul
  - ・ ハードウェア関係のプロジェクト: Flex5Gware
  - ・ ネットワーク自動化関連のプロジェクト: CogNet、SELFNET、5Gex
  - ・ SDN、NFV、クラウド、仮想化関連のプロジェクト: SuperFluidity、VirtuWind、SONATA、SESAME
- 5G の必要性: 5G 網は、社会の変化 (工場、エネルギー、eヘルス、自動車、メディア・エンターテイメント部門で) をサポートし、第四次産業革命を主導する。
- 5G の特徴: 5G は様々なユースケースの要件に対応し、新しいビジネスの機会を与える。つまり、ユースケースが 5G 要件を方向付ける。5G では、特に、ネットワークスライシング、ソフトウェア化、コミュニケーションとコンピューテーションの統合、ヘテロジニアスな技術の統合を実現する。
- 5G と衛星通信: 多様なユースケースに対応するために、5G では、陸上通信と衛星通信を結合する必要がある。衛星通信は、ユビキティ、復元力、マルチキャスト/ブロードキャスト、グローバルな移動体向け通信 (航空など)、公共の安全と緊急事態へ対応という点で陸上通信を補完する。
- 5G の周波数割当政策: 2015 年世界無線通信会議 (WRC-15) では、WRC-19 までに ITU 内で研究される 5G 向けの周波数帯 (6GHz 帯以上) が議論された。また、ITU は、24-86GHz 帯の周波数について、2017 年 3 月までに共用 (シェアリング) と互換性について調査することに同意している。だが、商用化の第一段階では、6GHz 以下の帯域の 5G 向け利用が促されている (700MHz や 3.4-3.8GHz など)。
- 5G インフラストラクチャ協会が提案した 5G 向け周波数帯

- ・ 3.4-3.8GHz: 特に都市部でのモバイルブロードバンド
- ・ 24.25-27.5GHz と 31.8-33.5GHz: モバイルブロードバンド
- ・ 700MHz: mMTC (大量マシンタイプ通信) と URLLC (信頼性の高い低遅延コミュニケーション) のユニバーサルカバレッジ
- 5G 展開のために必要なこと
  - ・ バラバラになることを避けること (すべての標準化段階を尊重し、包括的に調和化された標準を策定する)
  - ・ 迅速に行動し、またビジネス指向であること (2017年に欧州全域での5Gトライアルの実施、2018年にプレ商用化トライアルの実施、トライアルも含めた国際提携の推進)

### 3) ホライゾン 2020 の 5G プロジェクトの概要

グローバル 5G イベントでは、各地域の代表によるカンファレンスのほか、ホライゾン 2020 から助成されている幾つかの 5G プロジェクトがスタンドを出し、プロジェクトを紹介していた。以下に、ミリ波を利用する通信技術を研究するプロジェクト、mmMAGIC のスタンドでインタビューした際のレポートを収録する<sup>17</sup>。

- ミリ波を利用する無線アクセス技術は、5G アクセス網の主な要素の一つとして考えられており、mmMAGIC プロジェクトで開発されているコンセプトと方法は 3GPP による世界標準化の基礎として利用されている。
- mmMAGIC プロジェクトは、世界のインフラストラクチャベンダ、欧州の通信事業者と研究機関、計測機器ベンダ、中小企業からなるコンソーシアムによって実施されている。プロジェクトの全体のコーディネーターは韓国企業サムスン、技術マネージャーはエリクソンである。
- WRC-15 で 5G 向けの利用の研究が決定された周波数帯 (24.25-27.5GHz、31.8-33.4GHz、37-40.5GHz、40.5-42.5GHz、42.5-43.5GHz、45.5-47GHz、47-47.2GHz、47.2-50.2GHz、50.4-52.6GHz、66-76GHz、81-86GHz) は、mmMAGIC プロジェクトがカバーする帯域である。
- mmMAGIC は、これまでに 3GPP に 15 の寄与文書、ITU-R に 2 つの寄与文書を提出している。
- 現在までの研究成果 (一部)
  - ・ ユースケースと重要性能指標 (KPI) の特定
    1. オン・デマンド・メディア: 接続密度 4000 ユーザ/k m<sup>2</sup>

---

<sup>17</sup> インタビューで得た情報をスタンドで入手したプロジェクト資料で補完した。

2. クラウドサービス：トラフィック密度 750Gbps/k m<sup>2</sup>
  3. 分配されたクラウドと人口密度の高い都市社会：接続密度 150000 ユーザ/k m<sup>2</sup>
  4. スマートオフィス：トラフィック密度 15000Gbps/k m<sup>2</sup>
  5. ホットスポット
  6. どこでも 50Mbps 以上のデータ通信
  7. 移動車両向けのホットスポット：移動速度 500km/1 時間
  8. ビデオロボットコントロール：低遅延 1ms / 信頼性 99.9%
- ・ 周波数分析：6-30Ghz、30-50Ghz、70-100Ghz という 3 つの帯域を研究し、特に 28GHz、38Ghz、73Ghz を代表する 3 つの帯域として特定した。これらの帯域について、カバー範囲、容量、モビリティ、端末の複雑さという点から研究している。
  - ・ 現在、各周波数帯を可視化するツール（3D アニメーションツール）を開発している。
  - ・ mmMAGIC プロジェクトは、どこでも 50Mbps 以上のデータ通信を可能にすることを目標にしており、そのため、ミリ波以下と以上の帯域を効果的に利用しなければならない。特に、高周波帯によるスポットカバーを乗り越えること、ミリ波以下と以上の帯域の利用を連携させること、多様なユースケースにアーキテクチャが対応できるようにすることが問題である。

## IoT ネットワークイベント LPWA 2016 視察レポート

- 視察期間: 2016年11月15～16日
- 場所: スペイン・バルセロナ

### イベントの概要

現在、IoT 網の展開に向けて、低電力、長距離通信を特徴とする LPWA (Low Power Wide Area) 向けの技術動向へ注目が集まっている。既存の技術では、LPWA の要件に対応するのが困難であった。例えば、Bluetooth、Zigbee などの短距離無線技術は低電力であるが、長距離通信は難しく、3G や 4G などのセルラー技術は長距離通信に向いているが、低電力ではなく、バッテリーの寿命が短いという欠点を持つ。問題は、LPWA 向けに複数の技術があり、新興勢力と既存勢力の競合が見られることである。仏シグフォックスや LoRa アライアンスが提供するオープン標準を利用する企業（以下、LoRa 企業とする）などの新興事業者がすでに IoT 網を展開し、勢力を増している一方で、移動通信事業者が 3GPP のリリース 13 で標準化された EC-GSM-IoT、LTE-M (LTE MTC Cat M1)、NB-IoT といった技術の採用を強く推進しており、両者の競合あるいは共存が将来的にどのように進むのか、LPWA 技術の動向を見守る必要がある。

このような背景を踏まえて、LPWA2016 イベントでは、英ボーダフォン、仏オレンジ、独ドイツテレコムなど、欧州の大手移動通信事業者（及び韓国の SK テレコム）、シグフォックスや LoRa 技術を利用する新興の IoT 網事業者、研究機関（アルト大学など）、そして、スマートシティ政策を実施している地方公共団体（ダブリン市など）が、それぞれ IoT 事業の戦略と展望について発表し、討議した。多くの発表者は移動通信事業者であり、移動通信事業者の LPWA 戦略が特に示された。以下に、カンファレンスで明らかになった LPWA 技術の動向について記す。

### カンファレンス全体のポイント

#### 移動通信事業者の戦略

- 以下に、移動通信事業者が採用している LPWA 向けの通信技術を表にして記す（カンファレンスで明瞭に示されたものだけ、○（採用及び採用予定）、△（検討中）、×（不採用）で記す）。

企業名	EC-GSM-IoT	LTE-M	NB-IoT	LoRa	シグフォックス
英ボーダフォン	?	?	○	?	?
仏オレンジ	○	○	△	○	×
スイスコム	?	?	?	○	?
西テレフォニカ	?	?	○	?	○
ベルギー・プロキシマス	?	?	?	○	?
ドイツテレコム	?	?	○	?	?
ノルウェイ・テレノール	?	?	○	○	?
テレコムオーストリア	?	?	○	?	?
スウェーデン・テレ2	?	?	○	○	○
韓国・SK テレコム	?	○	△	○	?

- 多くの通信事業者がNB-IoTを採用している(オレンジとSKテレコムを除く)。だがまた、多くの事業者がNB-IoT だけですべてのIoTのユースケースに対応できるとは考えておらず、LoRa 技術を採用するか、あるいはシグフォックスと提携することによって、NB-IoT 網を補完することを戦略としている(ボーダフォンを除く)。したがって、IoT 網の新興事業者と既存の通信事業者が常に対抗しているわけではない。LoRa あるいはシグフォックスの免許不要帯域を利用する技術によって、どのように3GPPの技術を補完するかという点に、各通信事業者の戦略に違いが見られる。しかし、今後、ある唯一の技術の採用が最終的に進むという可能性もないわけではなく、競合と共存がどのように発展していくか、さらにLPWA 技術の動向に注目する必要がある。
- 中ファアーウェイとともに早い段階からIoT 向けの通信技術の開発に取り組んできたボーダフォンは、NB-IoT 網の早期展開を目指しており、LoRa とシグフォックスの技術に関心を示していない。同じく、ドイツテレコムもファアーウェイと提携して、NB-IoT 網の早期展開のために力を入れている。
- オレンジは、LTE-M が最も広くユースケースに対応できると判断し、NB-IoT 網の展開には前向きではない。同社はLoRa 技術をLTE-M を補完するために採用しているが、シグフォックスに関しては、対応できるユースケースが少ないとして、同社は関心を示していない。同社は、EC-GSM-IoT を、LTE 網がまだ十分に展開されていないアフリカなどの地域で利用することを予定している。
- シグフォックスと積極的に提携しているのは、テレフォニカとテレ2である。ドイツテレコムは、シグフォックスネットワークオペレーター(シグフォックス網を各国で展開する

事業者)であるシンプルセルと提携して、チェコ共和国でネットワーク展開を行うことを決定したという情報があるものの<sup>18</sup>、カンファレンスではシグフォックスとの提携には言及されず、NB-IoT 戦略についてのみ発表された。カンファレンスには参加していないが、フランスの移動通信事業者である SFR はシグフォックスと提携したことを発表している<sup>19</sup>。

- テレ2は、IoT のユースケースすべてに対応する必要があるとし、LoRa とシグフォックスの双方と提携している。
- テレノールは、IoT 網事業に人工知能技術を利用したビッグデータ分析を組み合わせるサービスを強調した。オレンジも同じく、IoT にビッグデータ分析を結合させるサービスを提供している。
- SK テレコムは、NB-IoT と LoRa の共存について疑問を呈した。また、SK テレコムの発表では、EC-GSM-IoT と LTE-M は LPWA 技術として分類されておらず、GSMA のホワイトペーパーで両技術が LPWA 向けの技術として考えられているのと異なる<sup>20</sup>。
- NB-IoT は、2017 年以内に世界で複数の事業者によって商用サービスが開始される予定である。また、NB-IoT の 22 のパイロット試験が 2017 年半ばまでに行われる予定である。
- 幾つかの移動通信事業者が NB-IoT オープンラボを設立している（英ボーダフォン、ETISALAT（アラブ首長国連邦）、テレコムイタリア、チャイナモバイル、チャイナユニコム、LG Uplus など）。

## その他

- エブリネットの予測では、2015 年の IoT 接続市場の占有率は、90 パーセントが免許不要の短距離通信（Wifi、Bluetooth、Zigbee、Z-Wave）と固定通信、LPWA（免許要と免許不要を含む）が 1 パーセント、8 パーセントがセルラー通信、1 パーセントが衛星通信である。2020 年には、免許不要の短距離通信と固定通信が 63 パーセント、LPWA（免許要と免許不要を含む）は 22 パーセント、セルラー通信は 14 パーセント、衛星通信は 1 パーセントになる見込みである。2015 年から 2020 年にかけて、LPWA の市場占有率は著しく拡大する見込みである（1 パーセントから 22 パーセントへ）。
- 3GPP の技術は、免許を要する周波数帯域を利用するので、QoS（サービス品質）が高いという利点、また既存の基地局を利用してネットワークを展開できるという利点があるという指摘があった。

---

18

<https://www.t-mobile.cz/en/press-releases/press-news-archive/t-mobile-to-cover-the-czech-republic-with-the-sigfox-network-for-the-internet-of-things.html>

19

<http://www.sfr.com/presse/communiqués-de-presse/communiqué-de-presse-sfr/03222016-1230-altice-sfr-et-sigfox-annoncent-un-par-tenariat-strategique-dans-linternet-des-objets>

<sup>20</sup> <http://www.gsma.com/connectedliving/3gpp-low-power-wide-area-technologies-white-paper/>

GSMA は、2016 年 10 月に『3GPP LPWA 技術』というホワイトペーパーを発表しており、LPWA 技術の展望について分析し、報告している。

- シングフォックス網の長所としては、低価格の他に、すでにエコシステムができ上がっており、事業展開を迅速に進めることが可能であるということが利点としてあげられた。逆に、NB-IoT のエコシステムはまだしばらくの間未成熟ではないという指摘があった。
- シングフォックスによれば、LPWA 技術は複数あるが、ユースケースによって顧客は技術を選び、また、技術の淘汰と共存は価格などのビジネスモデルによって決定されていく。
- 商用サービス向けに、LoRa を採用する IoT 事業者は世界で 25 か国以上ある。

## **カンファレンスのプレゼンテーションの概要**

以下に、カンファレンスにおける IoT 網事業者のプレゼンテーションと質疑応答の概要を記す。

### **A) 移動通信事業者**

#### **英ボーダフォン**

- ボーダフォンは中ファアーウェイと提携し、2016 年 9 月にスペインのマドリッドで、NB-IoT 技術の実証実験を 4G 網を利用して完了し、2017 年に商用向けサービスの開始を見込んでいる。
- ボーダフォンの 5G ビジョンでは、NB-IoT は IoT 向けの 5G 構成要素である。
- NB-IoT のユースケースとしては、スマートホーム、スマートビルディング、スマートメータリング、スマートシティ、流通・自動車、追跡（自転車や動物）、農業などがある。
- ボーダフォンでは、NB-IoT のセキュリティの強化を研究している。
- NB-IoT は、スマートシティの諸要件、コネクティビティ、低価格、寿命の長いバッテリー、セキュリティという満たす。
- NB-IoT は、既存の陸上移動通信の基地局を使ってグローバルなカバーを実現できる点が利点である。ボーダフォンの既存の 85 パーセントの 4G 基地局は、NB-IoT にソフトウェアでアップグレードできる。また、NB-IoT はボーダフォンに免許付与された周波数を利用するので、QoS を提供できる。
- ボーダフォンは、欧州において、NB-IoT の商用サービスを、2017 年の第 1 四半期にドイツ、アイルランド、オランダ、スペインで開始する予定である。
- ボーダフォンは、世界 50 か国で 35 の提携パートナーと NB-IoT 展開の戦略を持つ。
- 移動通信事業者の世界的な産業団体である GSMA には、NB-IoT の利用を推進する NB-IoT フォーラム<sup>21</sup>があり、議長をボーダフォンが務める。

---

<sup>21</sup> <http://www.gsma.com/connectedliving/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/>

- ボーダフォンは、ファーウェイとともに、2016年2月にNB-IoT オープンラボを創設している<sup>22</sup>。

## 仏オレンジ

- 予測では、2018年のIoTとM2Mによるオレンジの収入は6億ユーロである（モバイルバンキングは4億ユーロの予定である）。
- オレンジは世界中の28か国で、移動通信とM2M事業を行っている。
- オレンジのIoT戦略は4分野に分けられる：1) コネクティビティ、2) 端末、3) 企業向けサービス、4) 個人向けサービス（カンファレンスでは、特に1) についてのみ発表）。
- コネクティビティ：現在、IoT向けの通信技術は複数あり、提供するアプリケーションによって、異なる通信技術が利用される。例えば、4G以上はコネクティッドカーなど、2Gと4Gは医療（患者のモニタリング）、セキュリティ、決済、ウェアラブル端末などに利用されるが、LPWAはスマートビルディング、スマート農業、スマートメーター、スマートシティ、スマートホームなどに利用される。
- オレンジは、2015年初頭に、LPWA向けの技術としてLoRaを採用した<sup>23</sup>。
- オレンジによれば、LoRaの長所は、低電力、モジュールの低価格、長距離通信、両方向通信、地理的位置情報、小型・ナノゲートウェイなどである。LoRaは、スマートシティやスマート産業において、1日に少数のメッセージを送信する低コストセンサーに適しており、いかなる場所でもアドホックな展開が可能である。
- オレンジは、フランスのグルノーブル市でLoRa網の商用サービスを開始した。これはB2B向けのユースケースに対応し、データブニュ（DATAVENUE）というデータ管理プラットフォームを展開した（IoTとビッグデータを結合したサービス）<sup>24</sup>。また、オレンジは、LoRa網について130のMoUをB2Bカスタマー及びスタートアップと締結した。
- 2016年、オレンジは、LoRa網で1500市町村を含む19の都市地域をカバーし、2016年半ばにデータブニュプラットフォームを利用した完全な商用サービスを開始した。2017年第1四半期までに120の都市地域をカバーするのが目標である。
- オレンジは、LoRaのエコシステムの展開に貢献している：LoRaの性能と相互互換性の認証プログラムの実施、LoRaのB2B向け製品の開発、スタートアップ企業や開発者にLoRaスターターキットを配布、LoRa製品のコンクール（LoRa challenge）の実施。
- オレンジの研究組織であるオレンジラボは、GSMAを通して、移動通信技術を利用するIoT（モバイルIoT）の標準化に貢献している。
- 現在、モバイルIoTには3つの技術がある：EC-GSM-IoT（2G GSMの発展）、LTE-M（4G LTEの発展）、NB-IoT（4G LTEの発展）。これらの技術の共通の特徴は、既存の2Gと4G

<sup>22</sup> <http://www.iot-now.com/2016/02/24/43215-huawei-and-vodafone-partner-to-create-worlds-first-strategic-nb-iot-open-lab/>

<sup>23</sup> フランスでは、オレンジとブイグテレコムがLoRaを選択し、SFRがシグフォックスを選択している。

[http://www.challenges.fr/high-tech/telecoms/internet-des-objets-altice-sfr-choisit-sigfox-plutot-que-lora\\_32890](http://www.challenges.fr/high-tech/telecoms/internet-des-objets-altice-sfr-choisit-sigfox-plutot-que-lora_32890)

<sup>24</sup> <https://datavenue.orange.com/discover>

網をソフトウェアアップグレードすることでIoT 網を展開できるので、ネットワークの展開のコストを抑え、迅速に展開できること、3GPP で標準化されている技術であること、モジュールが低価格であること、低電力であることである。

- オレンジは、世界中で様々な事業を行っており、一つの技術でこれらの多様なサービスに対応することは不可能なので、複数の技術を組み合わせる。
- オレンジによれば、LTE-M が最も多くのユースケースに対応する：例 スマート環境と産業（スマートメータリングなど）にはLoRa とLTE-M が、自動車と流通にはLTE-M（国内全域をカバーする必要がある）が、スマートホーム（インドアカバー）にはLoRa とLTE-M が、個人向けのIoT（ウェアラブル端末など）にはLoRa とLTE-M が適している。
- オレンジのIoT 戦略において、LTE-M が支柱であり、ユースケースや地域に応じて、LoRa とEC-GSM-IoT を組み合わせる。EC-GSM-IoT（2G）は、LTE 網が十分に展開されていないアフリカなどの国で利用する。オレンジは、NB-IoT は、低容量通信の静止端末を利用し、屋内カバーを要求するユースケースには適切でないと判断した。
- オレンジによれば、LTE-M、EC-GSM-IoT、LoRa を組み合わせ、それら全ては5G の要素となる。
- フランスでは4 組織がLoRa を利用しているので、競争があり、各事業者が違いを出さなければならぬ。その際、商用モデルの構築が重要である。
- オレンジは、シグフォックスは利用できるユースケースが少ないと判断した。

#### ドイツテレコム

- ドイツテレコムは、LPWA 向けとしてNB-IoT 技術に注目している。
- ドイツテレコムは、ボーダフォンと同じく、ファーウェイと提携して、NB-IoT の迅速な商用化を目指している。同社は、2015 年10 月に世界に先駆けてNB-IoT を商用ネットワークで作動させた。これは、3GPP のリリース13 でNB-IoT の標準化作業が終了する前（2016 年7 月終了）であった。また、同社は2016 年10 月にはNB-IoT のE2E システムを商用ネットワークで作動させた。
- ドイツテレコムが考えるNB-IoT のユースケースは、スマートパーキング、スマート廃棄物処理、スマートメータリング、コネクティッド機器（工事現場の機器など）などである。
- ドイツテレコムは、NB-IoT のエコシステムを開発するために、2016 年7 月にNB-IoT プロトタイピングハブプログラム<sup>25</sup>を開始し、産業界にNB-IoT のアプリケーションを開発するために必要な初歩的なキットを提供している。このプログラムに欧州とイスラエルの24 のスタートアップ企業が集まっている。

---

<sup>25</sup> <https://www.hubraum.com/NB-IoT-2016>

## ノルウェイ・テレノール

- テレノールは、人工知能の研究に力を入れており、人工知能に特化した研究所を持つ。人工知能を利用するビッグデータ分析にとって、IoT はデータを収集する手段である。
- テレノールは、「ODIN IoT イノベーションネットワーク」という人工知能と IoT に焦点を当てたオープンイノベーションイニシアチブを実施している。同イニシアチブでは、LPWA のインフラストラクチャを大学や地方公共団体に提供し、開発者やスタートアップ企業に LPWA のサービスなどを開発させている。同イニシアチブでは、LoRa と NB-IoT の双方の技術を利用する。
- テレノールは、NB-IoT による IoT 網の展開に力を入れている。テレノールによれば、4G がスマートフォンに対して果たした役割を NB-IoT が IoT に対して果たす。
- テレノールは、NB-IoT を利用するスマートパーキングの商用パイロット試験をノルウェイで 2017 年 1 月から 3 か月間実施する。同試験では、テレノールはファーウェイなどと提携する。

## スウェーデン・テレ2

- IoT 向けの技術は複数あるが、それぞれ長所と短所がある。
- ブルートゥース、WiFi、Zigbee などの短距離無線通信は、移動通信、屋内通信、短距離通信に向いているが、バッテリーの寿命が短く、長距離の通信に向いていない。
- GSM、3G、4G などの移動通信は、長距離通信、高速通信、カバー範囲という点で強みを持つが、バッテリーの寿命が短いという欠点を持つ。
- シグフォックス、LoRa などの LPWA は、長距離通信、長いバッテリー寿命、低コストという長所を持つが、高速通信は難しいという短所を持つ。
- LoRa やシグフォックスなどの免許不要の LPWA 技術は、NB-IoT などの免許要の IoT 通信技術を補完する。
- NB-IoT の課題は、ネットワーク展開のために、通信事業者はローミングと互換性について同意しなければならないことである。
- 顧客は事業の必要に応じて、IoT の通信技術を選択するので、IoT 網事業者が複数の技術を提供するのは当然である。テレ2によれば、IoT 向けの通信技術は共存していく。
- テレ2は、オランダでシグフォックスと提携している。
- テレ2は、スウェーデンで、LoRa 網を展開する予定である（2016 年 11 月より）。
- テレ2の IoT 戦略では、IoT 向けの通信技術全て（衛星通信、WiFi、移動通信、固定通信、LPWA）を連合させ、顧客の全ての端末に対応する管理レイヤを開発する。

## スペイン・テレフォニカ

- テレフォニカは、2015 年にシグフォックスに投資している。

- テレフォニカは、NB-IoTに力を入れており、2017年から展開する予定である。また、NB-IoTはシグフォックスによって補完される（シグフォックスは単純なアプリケーション向け）。これら二つの技術は共存可能である。
- テレフォニカによれば、LPWAの収入は、単なるIoTの接続サービスよりも、その他のE2Eサービスと付加サービスから得られる。

#### ベルギー・プロキシマス (Proximus)

- LPWAは複数の技術でカバーされる。
- プロキシマスはLoRaをベルギーで国内展開している。
- プロキシマスは、LoRa網の展開の検討を開始してから（2014年11月）、1年後には商用サービスを開始しており（2015年10月）、とても迅速だった。
- プロキシマスは、個人向けのマイ・シング (My thing) と企業向けのEncoという二つのサービスを提供している。
- プロキシマスは、2018年から2020年にかけて、NB-IoT、LTE-Mを改善する。

#### スイスコム

- スマートシティは生活の質を向上させる。
- スイスのローザンヌ市で、LEDを利用するスマートライティングを設置し、低エネルギー、低コストを実現した。
- スイスコムは、LPWA向けにLoRaを利用する。
- スイスには、NOVACCES<sup>26</sup>というIoTプラットフォームを提供するスタートアップ企業がある。

#### テレコムオーストリア

- テレコムオーストリアは、M2Mコンペテンスセンターを持つ。
- テレコムオーストリアは、LPWA向けの技術としてNB-IoTに力を入れており、2016年にNB-IoTの試験をノキア、インテルと提携し、LTE網を用いて実施した。
- IoTの通信技術に関しては、LPWAに注目が集まるが、一定の顧客を持つのでeSIMを忘れてはいけない。

#### 韓国・SKテレコム

- SKテレコムは、IoTの下分野として、「小さなモノのインターネット (Internet of small thing : IoST)」を定義する。

---

<sup>26</sup> <http://www.novaccess.ch/index.html>

- IoST の特徴は、低速通信、低電力、低コストコンピューティングである。
- SK テレコムは IoST のために LoRa と LTE-M を組み合わせて展開する。
- 韓国では、LTE-M 網と Lora 網がすでに国土全体で展開されている (LoRa 網は 2016 年 7 月に展開終了)。
- SK テレコムは、屋内向けの LoRa ゲートウェイを二つ開発している。
- LoRa のユースケースは、マンホール内のモニタリング、スマートセンサー (屋内の二酸化炭素量など)、セーフウォッチ (腕時計型の警報端末)、洪水モニタリング、土壌モニタリング、携帯型端末などの物や子供、ペットのトラッキングなどである。
- LTE-M のユースケースは、天候観察と自動車のトラッキングと情報共有などである。
- SK テレコムは、NB-IoT については検討中であり、LoRa との共存が難しいと考えている。
- LoRa 網のバックホール (LoRa ゲートウェイから LoRa ネットワークサーバまで) には、固定有線か LTE を利用する。

## B) LoRa 事業者

### LoRa アライアンス

- LPWA 市場は巨大である。
- IoT の展開にとって重要な点が 4 つある：通信、低電力、長距離、オープン標準。
- LoRa アライアンスは、LoRa のエコシステムをつくる製品を認証している。
- LoRa アライアンスには、49 か国から 400 組織以上が参加し、23 の企業が LoRa 網を国内展開することを発表している (日本ではソフトバンク)。
- 技術仕様はオープンであり、LoRa 製品はオープン標準に基づく。
- LoRa の標準は内部の技術委員会が決定している。

### エブリネット (Everynet)

- LPWA の市場は巨大である。LPWA 市場はプラットフォーム、端末、システムインテグレーション、ネットワーク展開、通信機器も含む。
- アメリカでは 2016 年 3 月に、新規無線通信契約者の人数に関して、IoT が携帯電話とタブレットを超えた。
- エブリネットの予測では、2015 年の IoT 接続市場の占有率は、90 パーセントが免許不要の短距離通信 (Wifi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave) と固定通信、LPWA (免許要と免許不要を含む) が 1 パーセント、8 パーセントがセルラー通信、1 パーセントが衛星通信である。2020 年には、免許不要の短距離通信と固定通信が 63 パーセント、LPWA (免許要と免許不要を含む) は 22 パーセント、セルラー通信は 14 パーセント、衛星通信は 1 パーセント

ントになる見込みである。2015年から2020年にかけて、LPWAの市場占有率は著しく拡大する見込みである（1パーセントから22パーセントへ）。

- IoT分野では、ユースケースが通信技術を決定的にする。より具体的には、顧客が通信技術を決定的にする際には、アプリケーション、QoS、SLA、ネットワークの利用可能性、周波数帯、端末の利用可能性、コストについて検討する。
- 現在、IoT向けの通信技術は複数あり、ユースケースに応じて、組み合わせる必要がある。シグフォックス、Ingenu、LoRaはモバイルIoT（EC-GSM-IoT、LTE-M、NB-IoT）の技術と補完的である。
- 免許不要帯域利用のLPWA技術は新規参入が可能である。
- エブリネットは、LoRa技術に力を入れているが、免許要のアプローチも開発している。
- エブリネットは、IoTのプラットフォームとツールを開発している。

### C) シグフォックスネットワークプレイヤー

#### スロバキア・シンプルセル (SIMPLECELL)

- シンプルセルはシグフォックス網を展開するシグフォックスネットワークプレイヤーである。
- 予測では、2024年までに、西洋諸国では住民一人あたり10以上の端末を所持している（そのうちLPWA端末は3つ以上）。
- IoT網の展開には時間がかかるので、IoTアプリケーション企業は早く事業に着手しなければならない。
- シグフォックスネットワークプレイヤーであるシンプルセルの強みは、技術とエコシステムがすでに完成しており、IoTアプリケーション企業を支援できる体制が整っていることである。
- シンプルセルは、2年半前からスロバキアとチェコですでにシグフォックス網を展開している。

#### オランダ・アエリア (AEREA)

- アエリアは、シグフォックス網をオランダで展開している。
- アエリアは、当初Wimax網を風力発電所などで展開していた。
- シグフォックスは、価格が安く、IoT網の展開が早く、簡単である。シグフォックス網はOPEX（運用費や業務費）が低い。
- 長い寿命のバッテリーは、多くの場合、アクセスするのが難しい場所に設置されている（地下など）。その場合、端末数が多い場合、バッテリーを替えるのが非常に大変な作業となる。
- 重要なことは、最も状況に適した接続サービスを提供することである。

- IoTの民間向けと公的機関向けではビジネスモデルが異なる。例えば、公的機関向けでは、セキュリティが重要であり、サービス品質保証（SLA）を高める必要がある。
- シグフォックスは、NB-IoT と並ぶ選択肢の一つである。

#### D) ウェイトレス

##### アーム (ARM)

- アームはソフトバンクに買収され、同社の傘下にある。
- アームは、ウェイトレス (Weightless) のプロモーターメンバーの一つである。
- ウェイトレス<sup>27</sup>は、LPWA 向けのオープン標準とその標準化団体の名称である。プロモーターメンバーには、アームのほか、アクセンチュア、M2COMM、ソニー・ヨーロッパ、テレンザである。
- ウェイトレスによれば、将来的にLPWA 分野を単一の標準が占有することは避けがたい。
- 移動通信は音声とデータ通信には良いが、他の通信サービスに向いているわけではない。
- 将来的に、3GPP で標準化が進められている IoT 通信技術とウェイトレス標準が残り、シグフォックスと Lora は生き残っていかないだろう。ウェイトレスは、NB-IoT などのモバイル IoT を補完する。
- ウェイトレスは、IoT 分野での Wi-Fi アライアンスのようになるだろう。

#### E) 研究機関

##### フィンランド・アルト大学電気工学部通信・ネットワークング科

- アルト大学電気工学部通信・ネットワークング科 (以下、アルト大学とする) では、NB-IoT の研究を実施している。
- NB-IoT は LTE に技術を負っており、LTE の帯域内 (in-band) と LTE のガードバンドの周波数利用が考えられる。
- アルト大学は無線通信技術について、エリクソンとファーウェイと提携している。
- アルト大学は NB-IoT の実証実験を大学キャンパス内で 900MHz 帯を利用して実施している。
- 現在、1) NB-IoT の仮想化、2) NB-IoT のフェムトセルによる展開、3) 通信サービスのユビキタスなカバーのために NB-IoT 標準を衛星通信に利用する研究にも注目が集まっている。

---

<sup>27</sup> <http://www.weightless.org>

- NB-IoT は、リナックスの標準的なコンピュータで利用され、仮想化するのが簡単である。
- NB-IoT は、セルラーM2M 通信を超えるアプリケーションを持つ可能性がある（衛星通信など）。

#### **F) 通信業界団体**

##### **GSMA**

- 世界の移動通信事業者の産業団体である GSMA は、2015 年 8 月にモバイル IoT イニシアティブを立ち上げ、IoT の通信技術として 3GPP のリリース 13 で標準化され、免許が必要となる周波数帯域を利用する EC-GSM-IoT、LTE-M、NB-IoT の商用化を推進している。
- これらの技術は、2016 年にトライアルが進み、2017 年に世界で商用化が開始される。

## IEEE 5G リスボンサミット視察レポート

- 日程: 2017年1月19日(木)
- 場所: ポルトガル・リスボン

### イベント全体の概要

アメリカに本拠地を持ち、電気・電子工学の世界最大の専門家組織である IEEE は、IEEE 5G イニシアチブのもと、IEEE 5G サミットを実施している。これは世界の 5G ステークホルダーを集め、包括的な 5G ビジョン、研究開発、周波数、標準化などのトピックについて討議するイベントであり、世界各国で順番に開催されている。2016年8月にアメリカのボストンで初めて開かれ、欧州では、2016年9月にドイツのドレスデン、今回2017年1月にリスボンで行われており、2017年7月には日本の東京で開催される予定である。

以下に、カンファレンス全体のポイントを記す。

- EU と欧州産業による 5GPPP は、現在、第2段階(2016-2017、第3段階は2018-2020)にある。この段階では、概念実証、実験、バーティカル産業(5Gを利用する各種産業:自動車産業、工場機器産業など)のアプリケーションに焦点を置く。
- 5G 網展開には莫大な費用がかかる。欧州委員会によれば、5G 網展開にバーティカル産業も巻き込むべきであり、バーティカル産業も展開費用を出すことが解決策の一つである。
- ホライゾン 2020 の mmMAGIC プロジェクトの主な目標は、6-100GHz 帯 (ITU の WRC-15 で 5G 向けの利用が検討されている帯域) で移動電波アクセス技術向けの重要な概念と要素を開発することであり、3GPP における標準化にも貢献している。mmMAGIC プロジェクト後、mmMAGIC-II プロジェクトを実施する予定であり、このプロジェクトは特に 3GPP のリリース 15 以降をターゲットにする。
- エリクソンによれば、5G 網では LTE の進化と新しい電波技術(高周波帯の利用)の緊密なつながりが重要である。IoT に関しては、シグフォックスや LoRa アライアンスの技術を利用する新興事業者がすでに LPWA の通信サービスを提供しており、エリクソンは現在の市場動向を注意深く観察し、評価しようとしている。だが、将来的にこれらの新興事業者が成功するようには思えない(スピーカーの個人的意見)。

- ノキアが構想する 5G ユースケースは、5G to home、自動車向け情報サービス、ホットスポット、無線遠隔医療手術、人工知能を備えた無線サービスロボット、ドローンによる運送サービス、運送トラックの高密度の自動隊列走行などである。
- IEEE では、多数の接続された端末が配置された住宅地やスタジアムやコンサートホールなどの非常に密集した環境での通信というシナリオのため、2014 年に新しい研究タスクグループ、HEWG (High Efficiency Working Group) を設置し、IEEE802.11ax の標準化の研究を開始した。また、IEEE では、5G 向けの標準化作業をタッチインターネット (tactile internet) とビッグデータ (ネットワーキング分野) の研究グループで実施している。
- ITU は、EMB (強化された移動ブロードバンド)、MMC (大量機械タイプ通信)、URLLC (超信頼可能な低遅延通信) という 3 つのユースケースを定めている。ITU における標準化プロセスは全部で 4 段階あるが、現在既に第 1 段階を終了し、第 2 段階にある。また、ITU は、IMT-2020 に衛星通信を統合することを検討している。衛星通信は、物理的な攻撃や自然災害に陸上通信よりも強く、端末を簡単に展開できるという利点を持つ。
- 3GPP では、5G の多数の性能要件を満たすために、新しい周波数帯 (NR) のインターフェイス、発展した LTE のインターフェイス、NR コアネットワーク (NextGen)、発展した LTE コアネットワーク (EPC) の標準化を行っている。標準化の優先順位は、EMB と幾つかの URLLC から標準化を始めて、ついで、MMC と URLLC を補完する。EMB から先に標準化する理由は、5G ユーザが EMB のサービスには費用を支払いやすいからである。
- ポルトガルの通信事業者である NOS は、スマートメータリングに関して、ファーウェイと提携して、NB-IoT 網を展開する予定である。
- すべてのボーダフォンの基地局は、NB-IoT 技術を 2020 年までにサポートする。

## 各プレゼンテーションの概要

以下に、各プレゼンテーションの概要について記す<sup>28</sup>。

### IEEE 5G イニシアチブの概要

- IEEE は、5G 研究開発推進向けに IEEE 5G イニシアチブ<sup>29</sup>を実施している。IEEE 5G サミットはその一環である。
- IEEE の 5G ビジョン

<sup>28</sup> 各スピーカーのプレゼンテーション資料はインターネット上で入手できる。

<http://www.5gsummit.org/lisbon/slides/slides.html>

<sup>29</sup> <http://5g.ieee.org>

- 5G は LTE が発展しただけではない。
- 新しいサービス、新しい技術、新しい周波数帯域（6GHz 以上、ミリ波）、新しい産業、新しいビジネスモデルの存在
- マルチコネクティビティ
- 3G、4G の見直し
- IEEE 5G イニシアチブの活動
  - 5G に係るグローバルな技術共同体の確立
  - 5G に関係する標準化の好機と標準化のギャップを特定
  - 5G の技術アーキテクチャの発展
  - 5G に関係するカンファレンス、出版、教育、研修の実施

#### トピック：グローバルビジョン

#### 5G テストと承認および 5G 行動計画：欧州委員会 コネクト総局

- 5G のグローバルビジョン：異なるモノ、異なるプレイヤーがひとつの包括的な仮想ネットワークを利用する。
- 5G とは何か？：ヘテロジーニアスなマルチシステムに、ソフトウェア定義システムおよびコグニティブ機能が融合した移動通信技術。
- 5G がなぜ必要か？：最先端サービス、新型のサービスを提供し、複数の要件を満たす。
- 5G の展開：3G、4G、WiFi などと統合されて、5G は展開される。
- 5GPPP の現在の段階は、第 2 段階（2016-2017）に当たる。第 2 段階では、概念実証、実験、バーティカル産業（関連する各種の産業：自動車産業、工場機器産業など）のアプリケーションに焦点を置く。
- ホライゾン 2020 の 2017 年度の公募では、ICT-07-2017 5G PPP 重要な技術とシステムの研究と承認、ICT-08-2017 5GPPP 融合技術、ICT-09-2017 5G を超えたネットワークキング研究で、5G が研究助成される。
  - 重要な技術とシステム（1 億 100 万ユーロの助成）：電波ネットワークのアーキテクチャと技術、オプティカルコア、SDN/NFV、アーキテクチャ、NET mgmt
  - 融合技術（4500 万ユーロの助成）：光技術を利用するユビキタスな 5G アクセス、柔軟なネットワークアプリケーション、アクセス融合における提携
  - 国際提携（600 万ユーロの助成）

- ・ コーディネーションと支援活動 (300 万ユーロの助成)
- 5GPPP の第三段階 (2018-2020)
  - ・ 検証、デモ/トライアル、電波とネットワークの統合
  - ・ 統合された検証トライアル、サービス、機能/無線、電波とネットワークとアプリケーションの統合
- 一般的に言って、EU は研究については強いが、他国、特にアジア諸国と比べて、通信インフラストラクチャの展開が遅れている。こうして、現在の欧州委員会は、5G 網の展開政策に積極的である。
- 欧州委員会の 5G 網展開の目標
  - ・ 2018 年：幾つかの地域で初期 5G 網展開開始
  - ・ 2020 年：少なくとも各 EU 加盟国の主要都市ひとつで 5G の商用サービスの提供開始
  - ・ 2025 年：EU 地域圏で都市部すべてと主な交通経路で 5G の商用サービスの提供 (2020 年以降、積極的な 5G 網展開を開始)
- 5G のほか、欧州委員会は 2020 年までに EU のすべての都市で無料 WiFi 網を展開させることを目標としている。
- 欧州委員会は、5G の社会的、経済的影響について研究している。5G がもたらすアプリケーション、サービスは多大な利益を生むが、5G 網展開には莫大な費用がかかる。
- 5G 網を展開するためにはどこから費用を捻出するか大きな問題である。欧州委員会としては、5G 網展開にバーティカル産業も巻き込むべきであり、同産業も展開費用を出すことが解決の一つであると考えている。

#### 5G 周波数チャレンジと経済：ボストンコンサルティンググループ

- 技術とビジネスの関係について研究している。
- ITU で 5G に利用する周波数帯域が検討されているが、各地域間での調和は難しい。
- 欧州の周波数規制機関は、現在、4G と 5G 向けに低中帯域の割り当てに焦点を当てている (例えば、700MHz、1.4GHz、2.3GHz、3.4GHz、3.6GHz、24.5GHz など)。
- 5G 向けには、20GHz 以上の帯域に最も多くの利用可能な周波数がある。例えば、米国の連邦通信委員会は、27.5-28.35GHz、37-40GHz、64-71GHz 帯を 5G に利用可能としている。

## トピック: 周波数パースペクティブ

### ホライズン 2020 mmMAGIC プロジェクト: サムスン・エレクトロニクス研究開発院

- 5G の一般的なビジョン
  - 大量の端末の接続を可能にする。
  - 多目的な移動通信サービス (EMB: 強化されたモバイルブロードバンド、URLLC: 超信頼性の高い低遅延通信、MMC: 大量マシーンタイプ通信) と多様な端末 (ハンドセット、自動車、ドローン、ロボットなど)
  - 様々な要件: 高容量データ通信、より単純で低電力、高い信頼性と低遅延
- 5G にはミリ波の利用が必要である。6GHz 帯以下はすでに多くが利用されており、ミリ波 (6-100GHz) は移動通信サービスにはるかに広い帯域幅を与える。
- ITU の WRC-15 の 5G に関連する結果:
  - 6GHz 帯以下: 1.427-1.518GHz 帯と 3.4-3.6GHz 帯が、新たに移動通信サービスに利用されることが決定した。
  - 6GHz 帯以上: 24.25-27.5 GHz 帯、31.8-33.4 GHz 帯、37-40.5 GHz 帯、40.5-42.5 GHz 帯、45.5-47 GHz 帯、47-47.2 GHz 帯、47.2-50.2 GHz 帯、50.4-52.5 GHz 帯、66-75 GHz 帯、81-86GHz 帯を、WRC-19 までに移動通信サービスに割り当てるべきか検討する帯域として特定された。
- サムスンの 5G に関する活動
  - ミリ波テストベッド (2013 年 4 月)
  - カバー率テスト (2015 年)
  - ハンドオーバー能力の研究
  - 端末とチップセットの研究
  - 固定無線アクセスの研究
- 韓国の 5G ロードマップ
  - 2016 年、ソウルで 5G 試験ネットワークの展開
  - 2017 年、ピョンチャンで 5G 試験ネットワークの展開
  - 2018 年 2 月、ピョンチャン冬季オリンピックで、世界初の 5G 試験サービスの提供 (放送などのサービス)
- mmMAGIC プロジェクトの主な目標: 6-100GHz 帯で移動電波アクセス技術向けの重要な概念と要素を開発すること。これらの帯域は ITU の WRC-15 で 5G 向けの利用が検討されている。

- 研究トピック：
  - 周波数、ユースケース、KPI 要件
  - マッシブチャネル計測とチャネルモデル
  - アーキテクチャ構成要素と統合
  - アクセスとセルフバックホールのためのエアインターフェイス
  - マルチノードとマルチアンテナ
- mmMAGIC プロジェクトは 2017 年 7 月に終了するが、そのあと、mmMAGIC-II プロジェクトを実施する予定である。このプロジェクトは、18 パートナーと共に、2 年間にわたって研究を行い、特に 3GPP のリリース 15 以降をターゲットにする。同プロジェクトは、特に、バーティカルアプリケーション、例えば、自動運転（ドローンの利用を含む）、公共安全、遠隔機械コントロール（マルチユーザ・マルチインプット・マルチアウトプット（MU-MIMO）技術）、固定無線アクセスの提供を可能にするミリ波通信システムの研究に焦点を置く。

#### ネットワーク化された 5G 無線アクセス：エリクソン

- エリクソンの 5G 網ビジョン：既存の技術の進化と新しい電波アクセス技術の融合が 5G 網を構成する。特に、LTE の進化と新しい電波技術（高周波帯の利用）の緊密なインターワーキングが重要である。
- 新しい電波技術の重要なポイントは、低遅延、前方互換、マルチサービス、ビーム中心、マルチコネクティビティ、無駄のなさである。
- IoT に関しては、シグフォックスや LoRa アライアンスの技術を利用する新興事業者がすでに LPWA の通信サービスを提供しているが、現在の段階ではこれらの事業を評価するのが難しい。エリクソンは現在の市場動向を注意深く観察している。だが、個人的には IoT の新興事業が将来的に伸びるとは思っていない。

#### トピック：ネットワークとバーティカルパースペクティブ

#### 完全に没入的でインタラクティブな経験のための 5G とサービスとしてのマシン：

##### ノキア

- ノキアが考える 5G のユースケースについて紹介する。
  - 5G to home：5G を固定無線アクセス向けに利用する。特に、住宅地などで複数の家屋に 100Mbps のブロードバンド接続サービスを提供する。
  - 人口密度の高い都市部での自動車向け情報サービス：5G による 2K と 4K ビデオストリーミングサービス（8K と 3D 放送の準備）、360 度ビデオ、仮想現実アプリケーション、オンラインゲーム、ビデオ会議

- ・ ホットスポット：例 カーレース場での利用：従来、観客は自動車が観客席を通る時以外は巨大スクリーンで観戦していたが、5G を使って、カメラを載せて走る自動車の映像を仮想現実端末によって観客に提供できる。
  - ・ 無線遠隔医療手術：5G 網により、ロボットを用いて、医師が外科手術を行う。
  - ・ 人工知能を備えた無線サービスロボット：無線ロボットを利用して、特に高齢者向けのサービスを提供する。医療費の削減を可能にする。
  - ・ ドローンによる運送サービス：米アマゾンが構想している「Amazon Prime Air」サービスの実現。
  - ・ 運送トラックの高密度の自動隊列走行：人件費削減、燃料削減を可能にする。
- ノキアの 5G to home の構成：家屋内に 5G 向け小型端末（CPE：顧客屋内機器）と家屋外部にエアインターフェイス（5GTF と呼ばれるアンテナ）を設置し、5G 基地局は家屋から 200～500 メートル離れ、28GHz 帯を利用して端末と通信を行う。基地局からは光通信網を利用する。
  - 5GTF のプレ標準は、28GHz と 39GHz 帯を利用する。
  - 5G 向けの機器の開発は、2017 年に顧客屋内機器（CPE）、2018 年以降にユーザ端末が開発される。
  - 5G によるカバー：700MHz 帯を利用して、広域屋内をカバー（100Mbps）、ミリ波は範囲の狭い局所的な利用（10Gbps）。
  - ノキアは、現在、Airscale（基地局など）と AirFrame（移動通信キャリアのデータセンター向け）という 5G 対応機器をすでに開発している。

#### トピック：標準化パースペクティブ

##### 5G 周波数 ポルトガルの状況：ANACOM

- 5G には 6Ghz 帯以下と以上の周波数が利用される。
- 調和され、広い帯域幅が必要である。
- コグニティブ技術や新しい周波数共有ソリューションが需要である。
- 衛星通信などにも、周波数を割り当てなければならないという問題がある。

##### 5G 向けのプロトコルと標準化活動：テッサロニキアレキサンダーTEI

- IEEE では、IEEE802.11ax の標準化作業を実施している。
- 現在のシナリオは、多数の接続された端末が配置された住宅地やスタジアムやコンサートホールなどの非常に密集した環境での通信である。

- このシナリオのため、IEEE は 2014 年に新しい研究タスクグループ、HEWG (High Efficiency Working Group) を設置し、IEEE802.11ax の標準化の研究を開始した。目標は周波数のダイナミックな利用を可能にすることである。
- IEEE802.11ax の要件
  - 802.11n と 802.11ac と比べて、ユーザの高密度環境でユーザごとに 4 倍の通信速度を可能にする。
  - ユーザの高密度環境で QoS 要件を満たす
  - 周波数利用効率を高める。
  - 資源の有効利用
  - エネルギー利用効率の向上
  - IEEE802.11ac などとの下位互換性の確保
- IEEE では、5G 向けの標準化作業をタッチインターネット (tactile internet) とビッグデータの研究グループで実施している。
  - タッチインターネットは遠隔ロボット操作 (例えば、遠隔外科手術システムなど) を可能にする技術システムであるが、5G 要件のひとつである低遅延によって実現される。タッチインターネットの標準化は、IEEE 1919.1 作業グループが実施している<sup>30</sup>。
  - IEEE のビッグデータイニシアチブ<sup>31</sup>では、ビッグデータの標準化作業を実施しているが、第 4 作業グループはネットワーク部分の標準化作業を行っており、5G に関わる。
- IEEE では、5G に関して、研究雑誌の出版と教育研修を実施している。

#### 5G のための標準と周波数: ITU

- ITU は、2000 年、3G 標準である IMT-2000 を標準化し、2012 年、4G 標準である IMT-Advanced を標準化している。現在、ITU では、5G 標準である IMT-2020 の標準化のための研究を進めている。
- 世界的な標準の策定は、世界でのローミングを可能にし、また、どこでも同じサービスと機器を利用することができるので、サービスと機器のコストを下げることによって、経済的に大きな影響を与える。

---

<sup>30</sup> <https://standards.ieee.org/develop/project/1918.1.html>

<sup>31</sup> 参考: <http://bigdata.ieee.org>

- ITUは5Gのユースケースとして、EMB（強化された移動ブロードバンド）、MMC（大量機械タイプ通信）、URLLC（超信頼可能な低遅延通信）の3つを特定している。
- 例えば、自動車の自動操縦（Self driving car）にはURLLCの要件、大量のIoT端末を利用するスマートシティにはMMCの要件、3DビデオにはEMBの要件が重要である。

### ITUにおける5G標準化プロセスの図版

- ITUにおけるIMT-2020（5G）の標準化は4段階に分けられている。現在は既に第1段階を終了し、第2段階にある。2018年以降に、5G技術が具体的に標準化されていく。
- WRC-15では、IMT-2020向けの利用が検討されるべき6GHz以上の幾つかの周波数帯（6GHz帯以上：24.25-27.5 GHz帯、31.8-33.4 GHz帯、37-40.5 GHz帯、40.5-42.5 GHz帯、45.5-47 GHz帯、47-47.2 GHz帯、47.2-50.2 GHz帯、50.4-52.5 GHz帯、66-75 GHz帯、81-86GHz帯）が特定され、WRC-19で決定される<sup>32</sup>。
- WRC-15では、これらの6GHz以上の周波数帯に関して周波数共用（シェアリング）と互換性について検討することが決定している。
- ITUは、IMT-2020に衛星通信を統合することを検討している。衛星通信は、物理的な攻撃や自然災害に陸上通信よりも強く、端末を簡単に展開できるという利点を持つ。静止衛星および非静止衛星は、IMT-2020向けの高速バックホール接続、既存の陸上通信網の補完、IoT向けのバックホールに利用でき、5G網のグローバルな展開を補助できる。

### なぜ、いつ、どこで、なにで、どのようにして、5G標準を策定するか：3GPP

- OECDは5Gの目標を、GDPの増大、雇用の創出、経済のデジタル化と定めている。欧州委員会は5Gの目標を、産業のデジタル変化、経済成長の最大化と定めている。これらの目標は、5Gが全ての産業部門の要求に合致するように設計された場合にのみ達せられる。
- 5Gの主要なポイントは、ユースケースの多様性、性能要件の多様性、人々だけではなくモノを接続することであり、単一の技術ではこれら全ての要件を満足させることができない。
- 多数の性能要件を満たすために、3GPPは4つの点で5Gの標準化を進めている。
  - 新しい周波数帯（NR）のインターフェイス

---

<sup>32</sup> [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/oth/0c/0a/ROCOA000000C0014PDFE.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0c/0a/ROCOA000000C0014PDFE.pdf)

- 発展した LTE のインターフェイス
  - NR コアネットワーク (NextGen)
  - 発展した LTE コアネットワーク (EPC)
- 標準化は、EMB (強化された移動ブロードバンド) と幾つかの URLLC (超信頼可能な低遅延通信) から標準化を始めて、ついで、MMC (大量機械タイプ通信) と URLLC を補完する。EMB から先に標準化する理由は、5G ユーザが EMB のサービスに費用を支払いやすいからである。
- ETSI では、5G 技術の標準化が進められている。
  - NFV
  - オープンソース MANO
  - モバイルエッジコンピューティング
  - ミリ波トランスミッション
  - 次世代プロトコル
  - モバイルブロードキャストコンバージェンス
- 上記に加えて、3GPP では 5G に関わる以下の技術を従来標準化してきている。
  - ホワイトスペースの利用と周波数共用 (免許必要と免許不要の帯域)
  - エネルギー効率
  - 衛星通信の利用
- 5G ロードマップ
  - 2020 年が 5G 網展開開始の目安である。
  - 2020 年が選択されたのは、技術的な理由ではなく、政治的な理由である。2020 年には日本で夏季オリンピックが行われる。だが、2020 年より 5G 網展開が早まる可能性もある。
    - 各移動通信事業者は展開を急ぐ。
    - 2018 年 2 月に韓国で冬季オリンピックが開催される。
    - 2019 年 9 月に日本でラグビーワールドカップが開催される。
  - SK テレコム、KT、NTT ドコモ、ベライゾンが 5G トライアルスペシフィックアライアンスを形成している。
    - 5G 網展開を加速し、2017 年と 2018 年の早期展開を狙う。

- 3GPP では、5G を 2 段階で標準化する。第 1 段階は 2018 年の 5G 初期展開に間に合う分だけ技術仕様を発表する（リリース 15）。第 2 段階は 2020 年の 5G 展開を目指し、5G システム全体の技術仕様を発表する（リリース 16）。
- リリース 15 以前、リリース 13 とリリース 14 でもすでに 5G の目標に対応する技術が標準化されている。
  - 無線関連の事例
    - プロキシミティ・サービス強化（リリース 13、14）
    - IoT 無線接続技術（NB-IoT、LTE-M、EC-GSM-IoT）（リリース 13）
    - LTE キャリアアグレーション強化（リリース 13、14）
    - LTE サイドリンクに基づいた V2V サービスのサポート（リリース 14）
    - LTE と EMBMS の強化（リリース 13、14）
  - システム関連の事例
    - セルラーIoT システム強化（リリース 13）
    - コアネットワーク（リリース 13）、強化されたコアネットワーク（リリース 14）
    - ユーザプレーンとコントロールプレーンの分離（リリース 14）
    - VNF のサポート（リリース 14）
    - ブロードミッションクリティカルアプリケーション – ビデオとデータ（リリース 14）
- 5G の障害
  - 移動通信事業者はバーティカル産業、交通、ヘルスケア、農業などと一緒に事業を進まなければならない。
  - ICT 標準化団体は他の産業部門の標準化団体と一緒に標準化作業を進まなければならない。
  - 各国の政府の中で、5G に関して、全ての省庁が互いに調整して提携しなければならない。
  - 規制法は、特に市場へのインパクトが大きい場合、見直されなければならない。

### トピック：ポルトガルパースペクティブ

このトピックでは、欧州の研究開発企業が 5G に関わる技術、製品、サービスなどを紹介した。

## ユビウェア (UBIWHERE)

- ユビウェア<sup>33</sup>は、電気通信・将来インターネットとスマートシティ分野（データ分析を含む）で研究開発を実施しているポルトガル企業である。
- ユビウェアは、数多くのEUプロジェクト、国内プロジェクトを実施するとともに、企業向けにアプリケーションを開発している。
- スマートシティ向けには、バイクエモーション（貸し自転車の共有システム）やシティブレイン（環境、モビリティ、決済向けのアプリケーション）というプロジェクトを実施している。
- ユビウェアは、スマートシティのため、URBSENSE<sup>34</sup>という都市インフラストラチャ全体を人間の身体組織と類否して捉えるコンセプトを打ち出している（中央神経系は人工知能、周辺神経はアクセス網、循環器系は交通システム、呼吸器系は環境、筋肉システムはエネルギー系）。アクセス網には5Gの利用も考慮されている。

## アルトラン (ALTRAN)

- アルトランは、フランスに本拠地を持つ研究開発部門のコンサルタント企業であり、ポルトガルにも支社を持つ。
- アルトランは、多くのEUプロジェクト、国内プロジェクトに参加し、研究機関ともつながりが深い。
- プロジェクトの例
  - VDSNET：ライブストリーミング配信サービスを提供する技術：SDN を利用して、動画のアップロードを改善する。
  - PLUTO：モバイル自動ロボット：人間の動きをまねる遠隔操作可能なロボット
  - VueForge：ビッグデータを利用する産業分析

## アルティス・ラボ (ALTICE Labs)

- アルティス・ラボは、オランダに本拠地を持つアルティスグループの一組織であり、ポルトガルに支社を持つ。
- アルティス・ラボは、数多くのホライゾン 2020 の5Gプロジェクトに参加している。

---

<sup>33</sup> <http://www.ubiwhere.com/en/>

<sup>34</sup> <http://urbsense.com/#0>

- ・ SUPERFLUIDITY プロジェクト：クラウドエッジシステム
- ・ SONATA プロジェクト：仮想化されたソフトウェアネットワークプログラミングとオーケストレーション
- ・ SELFINET プロジェクト：仮想化され、ソフトウェアで定義されたネットワークにおける自己組織ネットワーク管理の枠組み
- ・ CHATISMA プロジェクト：インテリジェントで安全なメディアアクセスのための最先端 5G クラウド RAN アーキテクチャ

## NOS

- NOS はポルトガルの通信事業者である。
- 5G の 3 つのユースケース：MMC（大量マシンタイプ通信）、EMB（強化されたモバイルブロードバンド）、URLLC（超信頼可能な低遅延通信）
  - ・ MMC：スマートメータリング、スマートシティ、モビリティなど
  - ・ EMB：固定無線通信、ホットスポット（スモールセル 5G：3.5GHz 帯はマクロレイヤ、24-29GHz 帯はスモールセルを利用し屋内で利用）、仮想・拡張現実（エンターテイメント向け）
  - ・ URLLC：遠隔操作（遠隔外科手術など）、自動車・ロボットコントロール、産業向けアプリケーション
- MMC のスマートメータリングに関しては、NOS はファーウェイと提携して、NB-IoT 網を展開する予定である。
- 4G は国土全体のカバーに利用され、5G は都市部とホットスポットで使われる。

## セルフィネット (CELFINET)

- セルフィネットは、ポルトガルの研究開発企業である。
- セルフィネットは、RAN の管理システムである VISION マネージャーを開発している。5G については、エネルギー効率の最適化システム、QoS ベンチマーキングプラットフォームを開発している。

## ボーダフォン・ポルトガル

- 5G ビジョン
  - ・ すべてのモノがつながれ、人間中心からモノ中心のネットワークへ移行する。
  - ・ データはどこにでもある。
  - ・ クラウドを利用する新しいアーキテクチャ：ネットワークスライシング

- 新しいアクセス網技術：高周波の利用
- すべてのボーダフォンの基地局は、NB-IOT 技術を 2020 年までにサポートする。