

欧州における第5世代陸上移動通信技術の研究開発動向調査報告書

平成26年12月24日
情報通信研究機構 欧州連携センター

目次

はじめに.....	1
全体の概要.....	5
General Summary	8
第一部 欧州における 5G 研究開発推進取り組みの動向.....	11
第一章 5G-PPP の動向.....	11
第一節 5G-PPP の概要.....	11
第二節 5G-PPP に対する賛同及び批判的意見.....	12
第二章 英国サリー大学 5G イノベーションセンターの動向.....	13
ヒアリング議事録 サリー大学 5G イノベーションセンター	14
第二部 欧州における 5G 研究開発の動向.....	18
第一章 欧州の研究開発機関における 5G 開発の体制と動向.....	18
仏研究開発機関テレコム・パリテックにおける 5G 研究開発の動向.....	18
ヒアリング議事録 テレコム・パリテック	18
第二章 欧州連合の第七次枠組計画における 5G に係る研究プロジェクト事例	23
第一節 5G の基本概念等の包括的研究.....	23
第二節 高い周波数帯を利用する技術.....	24
第三節 周波数利用効率を向上させる技術.....	25
第四節 LTE の高度化の研究開発.....	25
第五節 ネットワークの高密度化技術（スモールセルの利用技術等）	26
第六節 マッシブアンテナ技術.....	26
第七節 その他の技術	27
第三部 5G とエネルギー消費削減技術	29
第 3 回次世代グリーンワイアレスネットワークに関する国際ワークショップ（聴講報告） 30	
第四部 欧州の 5G に係る周波数割当に関する関心及び議論.....	34
第一章 欧州における 5G 研究者の周波数割当に対する関心.....	34
第二章 5G 向け周波数プランニングのための EU ワークショップにおける議論.....	35
第 1 回 5G 向け周波数プランニングのための EU ワークショップ（聴講報告）	36

はじめに

調査研究の目的

現在、第 5 世代陸上移動通信技術（以下、「5G」という。）の研究開発が加速して進められている。世界の各地域で、5G ビジョンを検討する組織が立ち上げられ、関連技術の研究開発が行われており、一般的に 2020 年頃が導入のターゲットとされている。

日本では、2013 年 9 月に電波産業会 (ARIB) 内に「2020 and Beyond Adhoc (20BAH)」という 5G の概念及び基本構成を議論する場が設置される一方で、総務省が「電波政策ビジョン懇談会」を開催し、5G ネットワークの必要性や性能、標準化と導入に向けた課題について議論しており、今後新たに推進組織を発足させており、産官学連携により国内の 5G 研究開発を進めていくと同時に、国際的な連携を強化していく予定である。情報通信研究機構（以下、「当機構」という。）では、周波数資源活用に係る技術（10GHz 以上の高周波数帯を利用する通信技術やコグニティブ無線技術等）の研究開発等を実施しており、電波のひっ迫した状況を解消すべく、周波数利用率の向上、高い周波数帯域の開拓等の 5G に期待される技術の開発に取り組んでいる。

さて、欧州は LTE のインフラ整備等で他国に遅れをとっているものの、5G で巻き返しを図るべく、研究開発体制を世界に先駆けて整えている。欧州の 5G 研究開発の動向に関しては、特に、1) 5G 研究開発推進取り組みの動向、2) 5G 研究開発の動向の 2 点が重要である。

1) に関して、欧州委員会と欧州の 5G ステークホルダーは、2013 年 12 月に合同で 5G 官民パートナーシップ (5G-PPP) を創設し、産官学連携により 5G 研究開発を押し進めている。欧州委員会は EU の大型研究開発助成プログラムであるホライゾン 2020 を通して、5G 関連技術の研究プロジェクトに対して大規模に助成する予定である（約 7 億ユーロ）。5G-PPP は欧州の 5G 研究開発の方向性を定め、助成により研究開発を牽引していくと考えられており、その動向を注意深く見守る必要がある。なお、欧州委員会は、2014 年と 2015 年を共同研究開発の期間として捉えており、ここ数年で国際的なレベルで 5G についての様々な議論が進展することも予想されており、日本が国際的連携を強化していく上で、EU と非欧州国の関係にも随時注目しなければならない。その他、欧州では、英国のサリー大学に 5G イノベーションセンター (5GIC) が 2012 年に 5G-PPP に先立って設立されており、5G-PPP とは別に、同センターでは、英規制当局 OFCOM、英国放送協会 (BBC)、欧州・非欧州国の大手通信事業者と機器ベンダ等（英ボーダフォン、スペイン・テレフォニカ、日富士通、中ファーウェイ、韓サムスン等）が提携し、研究開発を実施しており、5GIC も無視することのできない欧州の動向の 1

つである。

2) に関して、欧州の研究開発体制の一般的な特徴は、加盟 28 カ国からなる欧州連合 (EU) が構成され、各国内で研究開発が行われると同時に、EU の大型研究開発助成プログラムである第 7 次枠組計画 (FP7 : 2007 年 - 2013 年) とホライゾン 2020 (2014 年 - 2020 年) を通して、各国のステークホルダーが提携して研究開発が実施されていること、国際レベルで事業を行う大規模の通信事業者が数多くあること、優秀な研究開発組織が数多くあることである。5G の研究開発に関しても、各国内で研究が実施されるとともに、EU プロジェクトが実施されている。ホライゾン 2020 以前には、FP7 において、4G を高度化する技術も含め、5G につながる技術が数多く研究されている。例えば、FP7 では、高い周波数帯を利用する通信技術 (6GHz 以上、ミリ波等)、周波数利用効率を向上させる技術 (コグニティブ無線技術等)、ネットワークの高密度化技術 (スモールセルの利用技術) の他、エネルギー消費削減を可能にする技術等、当機構の研究開発に類似する様々な研究プロジェクトが実施されており、今後これらの技術が 5G へと結実していくと予想される。特に、欧州委員会は、FP7 の METIS、5GNOW、iJOIN、MCN、COMBO、MOTO、PHYLAWS プロジェクトを EU の代表的な 5G 及び 4G を超えるネットワーク技術のプロジェクトとして考えている。欧州では 5G-PPP により欧州の 5G ビジョンは構想されているものの、そのビジョンを実現する具体的な要素技術は特定されているわけではなく、4G 等の既存技術の高度化と 5G 向け要素技術を組み合わせるのか等、現段階では様々な議論がなされていると考えられ、欧州の 5G 研究開発の具体的な方向性を知るためには、欧州の研究開発機関の 5G 向け研究体制と活動、そして、FP7 のこれらのプロジェクトの概要を調べ、議論を精査する必要がある。また、5G を実現する技術の他に、5G で利用されるアプリケーションやサービスの研究開発の動向にも目を向ける必要がある。特に欧州委員会は、5G により単に移動通信の容量を増大させるだけでなく、モノのインターネット技術 (IoT)、E ヘルス、そして、スマートグリッドやスマートカー、スマートシティを発展させることを強調しており、5G の要素技術と並行して様々な応用技術の開発が実施されていくと考えられる。

以上の他、5G においては、6GHz 以上の高い周波数帯の利用が考えられているので、周波数割当への欧州研究開発者の関心についても知ることも重要である。5G の実用化に当たっては、国際的協調の下で、周波数割当のあり方を議論し、決定することが重要であり、2018 年に開催予定の世界無線通信会議 (WRC-18) において 5G 向けの周波数割当が最終的に決定する見込みであるが、来年 2015 年に開催される世界無線通信会議 (WRC-15) でも 5G 周波数割当が念頭に置かれて議論される可能性が高い。

こうした状況を踏まえ、欧州陣営との連携や 2020 年東京オリンピックまでの 5G 実

用化も視野に入れた我が国における取り組みの参考とする観点から、欧州における 5G の研究開発の動向について調査を行った。

調査研究項目

- ・ 欧州における 5G 研究開発推進取り組みの動向
 - 5G-PPP と 5GIC の動向
- ・ 欧州における 5G 研究開発の動向
 - 欧州の研究機関における 5G 開発の体制と動向
 - EU の FP7 における 5G 研究プロジェクトの概要
- ・ 5G におけるエネルギー削減技術の研究動向
- ・ 欧州における 5G に係る周波数割当に関する関心及び議論

調査方法

- ・ インターネットや公刊物を利用した調査（欧州の関連機関や報道記事等の公開情報の精査）
- ・ 関係者へのヒアリング調査
- ・ 関連 ICT イベントの視察

ヒアリング調査としては、英国のサリー大学 5G イノベーションセンターとフランスの研究開発機関であるテレコム・パリテックを訪問し、研究開発者に直接研究活動について質問した。ICT イベントには、フランスでシュペレックにより主催された次世代通信網におけるエネルギー削減技術に係るワークショップと、欧州委員会主催の 5G 向け周波数割当ワークショップを視察した。本報告書に、ヒアリングの議事録、イベントの視察報告書も収録した。

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。

調査支援組織 : ONOSO

住所 : 2 Boulevard Anatole France, 92100, Boulogne-Billancourt, FRANCE

電話番号 : 01 46 03 06 53 (フランス国外から: 0033 1 46 03 06 53)

メールアドレス : k.ono@onosofr

担当 : 小野 浩太郎

全体の概要

以下に、本報告書の全体の概要について記す。より詳しい情報については、報告書の本文を参照していただきたい。

第一部では、欧州における 5G 研究開発推進政策、特に EU の 5G-PPP と英国のサリー大学が主導する 5G イノベーションセンターについて記す。欧州では、EU レベルで、産官学連携によって 5G-PPP という 5G 研究開発推進政策が実施されており、欧州各国での取り組みについて話題になることは少ない。例えば、フランスには政府が主導する 5G 開発推進政策はなく、研究支援機関により 5G 向けの公募が実施されているのみである。だが、英国では、サリー大学に 5G イノベーションセンターという 5G 向けの大型研究組織が創設されており、同大学の研究者と国際的企業、欧州の通信事業者、そして、英規制当局 OFCOM と英国放送協会が合同で研究開発を進めており、注目されている。

5G-PPP は 2013 年 12 月に設立され、予算は全部で 14 億ユーロ (EU 側拠出金: 7 億ユーロ / プライベート側拠出金: 7 億ユーロ) が用意されており、ホライゾン 2020 を通して、5G 研究に助成する予定である。5G-PPP には欧州の大手通信事業者と IT 機器ベンダが主にメンバーとして加入しているが、FP7 の METIS プロジェクト (2012 年 11 月～2015 年 4 月) に参加しているメンバーの多くが 5G-PPP にも参加しており、METIS プロジェクトと 5G-PPP のつながりは非常に深い。また、5G-PPP には、非欧州国から、日本、韓国、中国、アメリカの企業が参加しており、国際性が高く、標準化活動や周波数割当も視野に入れて、5G の研究開発が進められる予定である。だが、5G-PPP に参加する研究開発機関の数は多くなく、今後ホライゾン 2020 を通した研究公募にどのように参加していくのか動向に注目する必要がある。

5G-PPP に対しては賛同的な意見ばかりがあるわけではない。FP7 の時と比べて、欧州委員会は過度に多大な力を大企業に与えてしまっているという批判的意見もある。大企業は 5G-PPP を完全にブロックしており、中小企業、そして、大学と研究機関のための場所があまりなく、大企業が提案する研究プロジェクトとは別の、その代替えとなるようなプロジェクトを提案することはとても難しい状況にあり、研究の多様性を妨げている。大企業は欧州委員会に対するロビー活動に成功し、また、欧州委員会は 5G 研究開発について研究機関を信用していない。以上のような 5G-PPP に対する厳しい評価が欧州の研究者の側にはあり、欧州における 5G 研究開発が 5G-PPP により一枚岩の結束を誇るわけではないと見ることもできる。

英国のサリー大学コミュニケーションシステム研究センター (CCSR) は、2012 年にイングランド高等教育助成評議会より助成を受け、5G イノベーションセンター (5GIC) を設立している。現在、5GIC では、サリー大学の研究者とグローバル企業が 5G 技術とその標準を開発するために協力し、研究活動を行っており、5GIC は FP7 の METIS と並ぶ、5G 技術の包括的な研究の実施を目指す欧州の大規模研究開発プロジェクトの 1 つである。なお、5GIC は、現在、EU の 5G 研究開発プロジェクトである METIS や 5G-PPP には参加してはいないものの、今後 5G-PPP に正式に合流する可能性がある。5GIC では、7 つの研究プロジェクト分野 (コンテンツとユーザ/ネットワークコンテキスト、新しい物理レイヤ、Light MAC と RRM、マルチセル・ジョイント・プロセッシング、アンテナと伝搬、システムアーキテクチャと共存、テストベッドと概念実証) を対象にして、5G の包括的な研究が実施されている。

第二部では、欧州の研究機関における 5G 開発の具体的な体制及び動向と EU の FP7 におけ

る 5G 関連の研究プロジェクトについて記す。

仏テレコム・パリテックの研究者マルソー・クープシュー氏は、将来のセルラー網の性能評価についての研究（リレー技術の性能、28GHz 帯のミリ波を利用する通信の性能等）、周波数割当管理とコグニティブ無線技術の研究（LSA とセンシング型のコグニティブ無線技術等）、セルラー網向けの電波資源管理の研究（スモールセルの電波干渉の問題等）、グリーン・セルラー網の研究（再生可能エネルギーの利用も含む）、無線通信網における動画の質を向上させる研究を実施している。特に、センシング型のコグニティブ無線技術の研究に力を入れており、同技術の研究は 5G において中心的な役割を担うと考えている。

2013 年 2 月のプレス発表で、欧州委員会は、FP7 の METIS、5GNOW、iJOIN、MCN、COMBO、MOTO、PHYLAWS プロジェクトを EU の代表的な 5G 及び 4G を超えるネットワーク技術の研究プロジェクトと考えている。

プロジェクト名 略称	研究期間	予算 (EU 拠出分)	コーディネーター	参加組織数
METIS	2012 年 11 月-2015 年 4 月 (30 ヶ月)	2675 万 3537 ユーロ (1588 万 5000 ユーロ)	エリクソン (スウェーデン)	28 組織
MiWaveS	2014 年 1 月~2016 年 12 月 (全 36 ヶ月)	1134 万 9195 ユーロ (735 万 8113 ユーロ)	CEA-LETI (仏)	14 組織
MOTO	2012 年 11 月~2015 年 10 月 (全 36 ヶ月)	438 万 6408 ユーロ (287 万 2000 ユーロ)	タレスコミュニケーション・セキュリティ (仏)	11 組織
5GNOW	2012 年 9 月~2015 年 2 月 (全 30 ヶ月)	352 万 6991 ユーロ (249 万 997 ユーロ)	フラウンフォーハー協会 (独)	6 組織
iJOIN	2012 年 11 月~2015 年 4 月 (全 30 ヶ月)	571 万 4635 ユーロ (368 万 9000 ユーロ)	IMDEA ネットワークス (スペイン)	12 組織
MAMMOET	2014 年 1 月~2016 年 12 月 (全 24 ヶ月)	438 万 4904 ユーロ (304 万 7000 ユーロ)	テクニコン (オーストリア)	8 組織
MCN	2012 年 11 月~2015 年 10 月 (全 36 ヶ月)	1570 万ユーロ (1040 万ユーロ)	SAP (独)	18 組織
COMBO	2013 年 1 月~2015 年 12 月 (全 24 ヶ月)	1117 万 1419 ユーロ (744 万 9000 ユーロ)	JCP コンサルト (仏)	16 組織
PHYLAWS	2012 年 11 月~2015 年 10 月 (全 36 ヶ月)	406 万 6970 ユーロ (281 万 186 ユーロ)	タレスコミュニケーションズ・セキュリティ (仏)	5 組織

第三部では、5G 技術におけるエネルギー消費削減の側面について記す。ICT とエネルギー消費削減は二つの関係を持ち、一方で、ICT はなおエネルギー消費が増大している部門であり、今後さらに増えていくことが見込まれているが、他方で、ICT によるエネルギー消費のモニタ

一等で、他の部門のエネルギー消費の削減に貢献することができる。5G-PPP が決定した 5G の 7 つの KPI において、「2. 提供されるサービス毎に 90% のエネルギーを削減する」と大幅なエネルギー消費削減目標が定められるとともに、ホライズン 2020 の ICT 部門の 2014 - 2015 年度作業プログラムにおいても、エネルギー消費削減は研究達成課題の一要素である。なお、フランスでは、2014 年 10 月に第 3 回次世代グリーンワイアレスネットワークに関する国際ワークショップが開催され、次世代通信網、特に 5G とエネルギー消費の削減について研究発表が行われ、欧州で関心が高いテーマの一つであることが伺える。

第四部では、欧州における 5G 向けの周波数割当政策の動向について記す。モノのインターネット等により、今後さらにトラフィック量が増大することが予想されており、それに対応するために、5G では 6GHz 以上の高い周波数帯の利用、そして、LSA 等の新しい周波数利用制度について検討されている。6GHz 以上の高い周波数帯の利用に関しては、多くの研究者が必要不可欠と考えており、すでにミリ波等の帯域について研究開発を実施している。周波数利用制度に関しては、5G 向けに、従来の排他的免許、無免許 (WiFi 等)、周波数共用という三つを組み合わせたことが検討されている。周波数共用に関しては、技術的な問題というよりも、政治的、法的、またはビジネス上のソリューションの問題とみなす研究者もいる。また、2014 年 11 月、ブリュッセルでは、第 1 回 5G 向け周波数プランニングのための EU ワークショップが欧州委員会の主催で開かれた。現段階では、6GHz 以上の帯域を 5G に利用することが共通意見としてあるものの、5G に連続した周波数ブロックを与えるべきかどうか、情報格差は生じないか、LSA を適用するかどうかなど、数多くの問題が検討事項としてある。今後、欧州内での 5G 向け周波数割当のハーモナイゼーションについての議論が本格化し、特に ITU の WRC-15 後に加速していくと考えられる。

General Summary

This is a general summary of the “Report on the 5G R&D situation in Europe”. See the text of the report for more information.

PART I : the R&D promotion policy for 5G in Europe - 5G-PPP and 5GIC -

5G-PPP (5G Public and Private Partnership) has strongly promoted the 5G R&D in EU level, while “national” R&D promotion policies for 5G are not as remarkable as 5G-PPP in Europe. For instance, in France, there are calls for 5G R&D by ANR (L’Agence Nationale de la Recherche), the French research promotion organization, but the French government has not taken strong initiative for 5G R&D yet. In Britain, a big research centre for 5G, 5G Innovation Centre (5GIC), was founded in 2012 (before 5G-PPP) in the University of Surrey with a huge grant from the Higher Education Funding Council for England and some global companies (about 60 million pounds). But 5GIC also might be under 5G-PPP. So, 5G-PPP is very influential in Europe.

Founded in December 2013, 5G-PPP is a 1.4 billion euro (700 million euro from the European Union side and 700 million euro from private side) joint initiative between the European Commission and 5G infrastructure Association (composed by European and International big IT companies, telecom operators, research organisations and SMEs), for aiding 5G R&D in Europe through Horizon 2020 (2014 -2020), a European large research promotion program. Most of 5G-PPP partners, which are telecom operators and ICT vendors, have also participated into METIS project (from November 2012 to April 2015) financed by FP7 (the Seventh Framework Program : 2007 - 2013), the last European large research promotion program. So, 5G-PPP is profoundly related to METIS project. In addition to European companies, non-European ones, for example, Japanese, Korean and American ones, are also partners of 5G-PPP and METIS project. So, 5G-PPP is very international 5G R&D promotion policy. However, so far, many European research organizations haven’t participated into 5G-PPP.

There are not only positive opinions to 5G-PPP. Some European researchers criticize that the European Commission has given too much power to big companies in Horizon 2020 compared to FP7. They have blocked 5G-PPP, and there is not enough place for SMEs and research organizations. So, it is very difficult to propose other projects than ones proposed by big companies, and it will prevent a diversity of 5G R&D in Europe. The big companies succeeded in lobbying for the European Commission, which doesn’t trust European research institutions. So, 5G-PPP is very powerful, but it’s also possible to say that 5G R&D is not completely unified by 5G-PPP in Europe.

In 5GIC, the University of Surrey, international companies, European telecom operators, BBC and OFCOM work together to develop 5G technologies and standards. 5GIC is a big European research project for 5G like FP7 METIS project. This British research centre has seven research areas (Content and User/Network Context, New Physical Layer, Light MAC and RRM, Multi-cell Joint Processing, Antennas and Propagation, System Architecture and Coexistence and Test-bed & Proof of Concept). It has not participated into METIS and 5G-PPP, but it might join in 5G-PPP in near future.

PART II : the 5G R&D situation in Europe – the R&D activities for 5G in Telecom Paris Tech and FP7 projects for 5

In Telecom Paris Tech, which is a very famous French organization for higher education and research in telecommunication sector, Dr. Marceau Coupechoux is conducting research on 5G, for example, performance evaluation of future cellular networks (performance evaluation for cellular relay, communication in 28 GHz bands etc), spectrum management and cognitive radio technologies (License Shared Access and sensing technologies), spectrum resource management for cellular networks (interference problem in small cell networks), green cellular networks (including sustainable energy, in particular solar energy), quality of video in wireless communication networks. According to him, cognitive radio technologies will have a leading role for 5G

In February of 2013, The European Commission considered several projects of FP7 like METIS, 5GNOW, iJOIN, MCN, COMBO, MOTO and PHYLAWS as 5G or beyond 4G research projects.

Project title acronyme	Research period	Total budget (EU contribution)	Coordinator	The number of participant
METIS	November 2012 – April 2015 (30 months)	26,753,537 euro (15,885,000 euro)	Ericsson (Sweden)	28
MiWaveS	January 2014 – December 2016 (36 months)	11,349,195 euro (7,358,113 euro)	CEA-LETI (France)	14
MOTO	November 2012 – October 2015 (36 months)	4,386,408 euro (2,872,000 euro)	Thales communications & security (France)	11
5GNOW	September 2012 – February 2015 (30 months)	3,526,991 euro (249,0997 euro)	Fraunhofer - Gesellschaft (Germany)	6
iJOIN	November 2012 – April 2015 (30 months)	5,714,635 euro (3,6890,00 euro)	IMDEA Networks (Spain)	12
MAMMOET	January 2014 - December 2016 (24 months)	4,384,904 euro (3,047,000 euro)	Technikon (Austria)	8
MCN	November 2012 – October 2015 (36 months)	15,700,000 euro (10,400,000 euro)	SAP (Germany)	18
COMBO	January 2013 – December 2015 (24 months)	11,171,419 euro (7,449,000 euro)	JCP Consult (France)	16
PHYLAWS	November 2012 – October 2015 (36 months)	4,066,970 euro (2,810,186 euro)	Thales communications & security (France)	5

PART III : 5G and energy consumption

ICT and energy consumption have two kinds of relationship. On the one hand, ICT is now an only sector where energy consumption keeps increasing, on the other hand, ICT can contribute to reduce energy consumption by monitoring it thanks to Smart Home, Smart City and Smart Grid technologies. In Europe, energy consumption is one of the big issues for 5G R&D. In the KPIs (Key Performance Indicators) for 5G defined by 5G-PPP, the second one is “Saving up to 90% of energy per service provided. The main focus will be in mobile”. And reducing energy consumption is a very important target in Horizon 2020. In France, there was an international workshop for green wireless networks in October 2014, where European stakeholders talked about their vision and research for 5G and energy consumption.

PART IV : the Spectrum Policy for 5G in Europe

Data traffic is increasing, and will go on increasing because of new communication technologies, for example, Internet of Things. So, the use of higher than 6 GHz bands and the introduction of new spectrum use systems are considered for 5G in the world. As regards the use of higher bands, many European researchers think the use of higher than 6 GHz bands is necessary for 5G, and they have already started their research for these bands, for example, millimetres wave bands. As regards new spectrum use systems, the combination of exclusive license, spectrum use without license like WiFi and spectrum sharing (License Shared Access) is under examination for 5G in Europe. Some European researchers think spectrum sharing is a political, legal or business solution rather than technical one. In November 2014, there was a first EU workshop on spectrum planning for 5G. The use of higher than 6 GHz bands is a common opinion among European stakeholders, however, many problems have not been resolved yet, for example, consecutive spectrum bloc for 5G, digital divide, License Shared Access etc. Spectrum harmonization for 5G has just started in Europe, and it will accelerate after the World Radio Conference in 2015 (WRC-15) organised by ITU (the International Telecommunication Union).

第一部 欧州における 5G 研究開発推進取り組みの動向

第一部では、欧州における 5G 研究開発推進取り組みの動向として、欧州連合（以下、EU とする）の 5G インフラストラクチャ・パブリック・プライベート・パートナーシップ (5G-PPP)¹ と、英国のサリー大学に設置された 5G イノベーションセンター (5GIC)² について記す。欧州では、EU レベルで、5G-PPP という 5G 向けの産官学による研究開発推進政策が実施されており、欧州各国での推進取り組みについて話題になることは少ない。例えば、フランスでは、政府が主導する 5G 開発推進政策はなく、研究支援機関により 5G 向けの公募が実施されているのみである。とは言え、英国では、サリー大学に 5G イノベーションセンターという 5G 向けの大型研究組織が創設されており、同大学の研究者と国際的企業、欧州の通信事業者、そして、英規制当局 OFCOM と英国放送協会が合同で研究開発を進めており、注目されている。5GIC に関しては、同センターの所長であるラヒミ・タファズリ氏にヒアリングを行い、同研究機関の動向を調査した。その際の議事録も本部末に収録した。

第一章 5G-PPP の動向

第一節 5G-PPP の概要

5G-PPP は、欧州委員会、欧州産業、欧州研究機関による産官学合同の研究開発イニシアチブであり、次世代の移動通信網とサービスを創造することを目的としている。5G-PPP は、プライベート側（民間企業と研究機関）が、「5G インフラストラクチャ協会」という団体を設立し、欧州委員会と契約協定を締結することによって創設されている。5G-PPP は 2013 年 12 月に設立され、予算は 14 億ユーロ（EU 側拠出金：7 億ユーロ / 企業側拠出金：7 億ユーロ）が用意されており、欧州大型研究助成プログラムであるホライゾン 2020 を通して、研究プロジェクトを助成する予定である。ホライゾン 2020 LEIT ICT 作業プログラム（2014 年—2015 年度）には、「ICT-14：将来インターネットのための先端 5G ネットワークインフラストラクチャ」という枠が設けられており、1 億 2500 万ユーロが拠出される予定である（公募締切日：2014 年 11 月 25 日）。

5G インフラストラクチャ協会には、欧州の大手通信事業者と IT 機器ベンダが主にメンバーとして加入している。本報告書第二部で紹介する EU の第七次枠組計画 (FP7) の 5G 研究開発プロジェクトである METIS プロジェクト（2012 年 11 月～2015 年 4 月）に参加しているメンバーの多くが 5G-PPP にも参加しており、METIS プロジェクトと 5G-PPP のつながりは非常に深い。5G インフラストラクチャ協会と METIS プロジェクトの両者に参加する組織は、ノキア・ソリューションズ・ネットワークス（フィンランド）、アルカテル・ルーセント（仏）、ドイツテレコム、フランステレコム、テレコムイタリア、エリクソン（スウェーデン）、テレフォニカ（スペイン）、ドコモ（日）、ファーウェイ（中）である。また、以上から分かるように、5G-PPP には、非欧州国から、日本、韓国、中国、アメリカの企業が参加しており、国際性が高く、標準化活動や周波数割当も視野に入れて、5G の研究開発が進められる予定である。なお、欧州の有名な研究機関（独フラウンフォーハー協会等）の多くは 5G-PPP には直接参加していない。

5G インフラストラクチャ協会のメンバー

¹ <http://5G-PPP.eu>

² <http://www.surrey.ac.uk/5gic>

産業：アルカテル・ルーセント（仏）、アストリアム・サテライト（仏）、アトス（仏）、ドイツテレコム、ドコモ・コミュニケーション研究所ヨーロッパ（独）、エリクソン（スウェーデン）、ファーウェイテクノロジーズ・デュッセルドルフ（中）、NECヨーロッパ（英）、ノキア・ソリューションズ・ネットワークス（フィンランド）、オレンジ・ラボ（フランステレコム）、ポルトガルテレコム、SES（ルクセンブルグ）、テレコムイタリア、テレフォニカ（スペイン）、テレノア（ノルウェー）、テレスパジオ（伊）、タレス・アレニア・スペース（仏・伊）、トルコテレコミュニケーション

研究機関：CEA-LETI（仏）、カタルーニャ・テレコミュニケーション技術センター（スペイン）、国立テレコミュニケーション・インターユニバーシティコンソーシアム（伊）、IMDEA ネットワークス基金（スペイン）、テレコミュニケーション研究院（ポルトガル）、ボローニャ大学（伊）

中小企業：Integrasy（スペイン）、Interinnov（仏）、M.B.I（伊）、ネクストワークス（伊）、Quobis（スペイン）、Sequans Communications（仏）

新メンバー：サムスン・電子工学研究院（韓）、ADVA オプティカル・ネットワーキング（独）、リスボン大学（ポルトガル）、TNO（蘭）、インテル・モバイルコミュニケーション（米）、IBM リサーチ（米）

5G-PPP が定めた KPI

5G-PPP は、5G 網の KPI（Key Performance Indicator）として、以下7つの点を挙げている

1. 2010 年時と比較して、1000 倍高い無線通信分野の容量とより変化に富んだサービスの能力を提供する。
2. 提供されるサービス毎に 90% のエネルギーを削減する。
3. 主要なエネルギー消費が無線アクセス網に由来する通信網
4. サービス製作の平均タイムサイクルを 90 時間から 90 分に縮減させる
5. 安全、信頼可能で、依存可能なインターネットの創造（サービス提供のための停止時間なし）
6. 70 億人以上が利用する 7 兆以上の無線端末が接続する無線通信リンクの非常に濃密な展開を促進する。
7. より進んだユーザー・プライバシーコントロールを可能にする

第二節 5G-PPP に対する賛同及び批判的意見

世界最大の 5G 研究開発推進政策とも言われる 5G-PPP であるが、実際に、研究開発者はどのように 5G-PPP を評価しているのか。次章で詳しく紹介する英国サリー大学 5GIC 所長のラヒミ・タファズリ氏は、5G-PPP との関係について、以下のように述べている。

- ・ 5GIC は、EU の 5G 研究開発プロジェクトである METIS や 5G-PPP には参加していないが、これは主導権や研究テーマ等を巡る対立等があるからではなく、単に我々の方が EU よりも先に始めたからである。
- ・ 5GIC も 5G-PPP に参加し、5G-PPP 下のプロジェクトと位置付けられるように、現在 EU に申請を行っているところである。これが認められれば、EU から資金の提供を受けることができ、より大規模な研究ができることになる。5G の研究テーマは広範に亘るため、資金提供元はいくつあってもいい。

以上のように、5GIC は、5G-PPP を研究資金の提供元の一つとして考えており、今後 5G-PPP に合流する可能性がある。

だが、5G-PPPに対しては賛同的意見ばかりがあるのではない。本報告書第二部で詳しく紹介する仏研究機関テレコム・パリテックのマルソー・クープシュー氏は、特に、5G-PPPでは欧州委員会が大企業に力を与えすぎているという理由で批判的である³。以下に批判のポイントを記す。

- ・ FP7 と比べて、欧州委員会は大企業に多大な力を与えており、大企業は 5G-PPP を完全にブロックしている。こうして、5G-PPP には中小企業、そして、大学と研究機関のための場所があまりない。つまり、大企業が研究開発を方向づけており、研究機関が参加するのは難しい。
- ・ 大企業が提案する研究プロジェクトとは別の、その代替えとなるようなプロジェクトを提案することはとても難しく、研究に多様性がない。
- ・ 大企業は研究機関と比べて、視野が短期的である。
- ・ FP7 と同じく、5G-PPP の公募は非常に事務作業が多く、研究機関が参加するのが難しい。

なお、同研究者は大企業が 5G-PPP において大きな力を得たのは、欧州委員会に対するロビー活動に成功したからであり、また欧州委員会は研究機関や大学を 5G 研究開発に関してあまり信用していないとしている。以上のような 5G-PPP に対して厳しい評価を下す研究者も欧州にいる。

第二章 英国サリー大学 5G イノベーションセンターの動向

英国のサリー大学コミュニケーションシステム研究センター (CCSR) は、2012 年にイングランド高等教育助成評議会より助成を受け、5G イノベーションセンター (5GIC)⁴ を設立しており、現在、5GIC ではサリー大学の研究者とグローバル企業等が 5G 技術とその標準を開発するために協力し、研究活動を行っている。2015 年には、サリー大学キャンパス内に 5GIC 向けの研究施設、そして、専用のテストベッドが設立され、異なる周波数帯の試験、バックホール接続向けの無線通信と光固定通信を繋ぐ試験が行われる予定である。

5GIC パートナー組織

資金提供パートナー: AIRCOM インターナショナル (現米 TEOCO 社: 通信事業者向けのネットワーク管理コンサルティング)、BBC (英国放送協会)、BT (英通信事業者)、COBHAM (英通信機器メーカー)、EE (英通信事業者)、富士通ヨーロッパ研究所 (富士通の欧州研究所)、ファーウェイ (中通信機器ベンダ)、Rohde&Schwartz (独エレクトロニクス企業)、サムスン (韓通信機器ベンダ)、テレフォニカ/O2 (スペイン・移動通信事業者)、ボーダフォン (英移動通信事業者)

その他のパートナー: ASCOM (スイス)、CATAPULT (英)、Chemring (英)、ITRI (台湾・工業技術研究院)、OFCOM (英国通信規制当局)

5GIC プログラムは、5G-PPP とつながりが深い EU の FP7 プロジェクト、METIS (期間: 2012 年 11 月～2015 年 4 月 / 総予算: 2675 万ユーロ) と比べて、やや先行して開始され、また予算額 (総予算: 約 6000 万ポンド) も大きい。また、参加メンバーを見れば分かるように、国際性が極めて豊かであること、試験機器ベンダ、通信機器ベンダ、固定・移動通信事業者、放送事業者、規制当局がバランスよく参加していることが 5GIC の特色であり、5G 技術の包括的な研究を目指していることが分かる。なお、5GIC は、現在、EU の 5G 研究開発プロジェクトである METIS や 5G-PPP には参加してはいないものの、5G-PPP 下のプロジェクトと位置付けられ

³ 同研究者とのヒアリングの議事録を同報告書第二部第一章第一節に収録したので、そちらも参考にいただきたい。

⁴ <http://www.surey.ac.uk/5gic>

るように申請を行っている最中であり、今後 5G-PPP に正式に合流する可能性がある。

5GIC についてより詳しく調査を行うために、5GIC 所長であるラヒミ・タファゾリ氏にヒアリングを行った。以下に、ヒアリング議事録を収録する。

ヒアリング議事録 サリー大学 5G イノベーションセンター

先方:

サリー大学教授 ラヒミ・タファゾリ氏 (Rahim Tafazolli) ⁵

当方:

NICT 欧州連携センター長 岡本 成男

日程:

2014 年 12 月 12 日 (金) 午前 11 時から正午まで

場所:

先方事務所 (英国・ギルフォード)

ヒアリングの概要

5GIC について

- 2012 年、サリー大学コミュニケーションシステム研究センター (CCSR、現・コミュニケーションシステム研究所 (ICS)) に、5G イノベーションセンター (5GIC) を設置した。
- サリー大学とパートナー企業・研究機関が提携し、研究活動を行っている。予算は、約 6000 万ポンド。うち英国政府からの支援は 1500 万ポンド程度で、残りはパートナーからの拠出で賄っている。
- AIRCOM インターナショナル (現米 TEOCO 社: 通信事業者向けのネットワーク管理コンサルティング)、BBC (英国放送協会)、BT (英通信事業者)、COBHAM (英通信機器メーカー)、EE (英通信事業者)、富士通ヨーロッパ研究所 (富士通の欧州研究所)、ファーウェイ (中通信機器ベンダ)、Rohde&Schwartz (独エレクトロニクス企業)、サムスン (韓通信機器ベンダ)、テレフォニカ/O2 (スペイン・移動通信事業者)、ボーダフォン (英移動通信事業者) が資金提供パートナーとして参加。その他のパートナーとして、ASCOM (スイス)、CATAPULT (英)、Chemring (英)、ITRI (台湾・工業技術研究院)、OFCOM (英国通信規制当局) が参加している。
- 7つの研究プロジェクトエリア (コンテンツとユーザ/ネットワークコンテキスト、新しい物理レイヤ、Light MAC と RRM、マルチセル・ジョイント・プロセッシング、アンテナと伝搬、システムアーキテクチャと共存、テストベッドと概念実証) に、それぞれ 5 人から 10 人の当大学研究員が所属しており、合計で 60 人から 70 人程度の体制となっている。それに加えて、研究プロジェクトエリアごとに、各パートナーから 2、3 人の研究員が派遣されている。
- 人員の増加により研究室のスペースが足りなくなり、2015 年には、当キャンパス内の別の建物に 5GIC 向けの研究施設が建設される予定である。また、同年、5GIC は専用のテストベッドを設立し、異なる周波数帯の試験、バックホール接続向けの無線通信と光固定通信を繋ぐ試験を行う予定である。

EU のプロジェクトとの関係について

⁵ 参考: http://www.surrey.ac.uk/ics/people/rahim_tafazolli/index.htm

- 5GIC は、METIS と並ぶ、5G 技術の包括的な研究の実施を目指す欧州の大規模研究開発プロジェクトの1つである。
- FP7 下において、5G のメインプロジェクトである METIS には参加していないものの、移動通信に関する 16 か 17 のプロジェクトに参加している。EU の 5G 研究開発プロジェクトである METIS や 5G-PPP には参加していないが、これは主導権や研究テーマ等を巡る対立等があるからではなく、単に我々の方が EU よりも先に始めたからである。
- 実は、5GIC も 5G-PPP に参加しようと (5G-PPP 下のプロジェクトと位置付けられるよう)、現在 EU に申請を行っているところ。これが認められれば、EU から資金の提供を受けることができ、より大規模な研究ができることになる。5G の研究テーマは広範に亘るため、資金提供元はいくつあってもいい。申請が認められることを願っている。

5G の基本コンセプト

- 5G の基本コンセプトは2つの側面を持つ。1つ目の側面はネットワークを「コントロール (制御)」し、IoT などのデジタルエコノミー、デジタル社会を実現するための技術。2つ目の側面は「ブロードバンド」による大容量コミュニケーションである。
- 5G の技術は、4G や 4.5G (LTE-Advanced) の単なる延長線上にあるものではなく、全く新たな技術と考えるべきだろう。それゆえ、5G の導入のされ方としては、一気に世代交代が進むのではなく、2020 年の時点では、3G、4~4.5G、5G が併存するような形になるだろう。また、アクセス回りについて言えば、現行の Wi-Fi も 2020 年頃には新しい規格となっており、それが 5G と融合し、5G システムの一部となるだろう。
- 「1GHz 以下」、「6GHz 以下」、「センチ波、ミリ波」の2つの周波数帯に分けて、それぞれに適合した技術が採用されることになるだろう。「1GHz 以下」は、ルーラル地域のブロードバンドに利用可能であり、ルーラル地域はこの周波数帯だけで十分である。「6GHz 以下」は都市部のブロードバンド環境整備に活用。ミリ波は 2020 年までの実用化は難しく、おそらく 2025 年ごろの実用化になるだろう。センチ波は、12GHz、14GHz、16GHz など様々な帯域の研究が行われているが、2015 年世界無線通信会議 (WRC-15) で方向性が見えてくるものと理解している。

技術上の課題

- 技術上の大きな課題 (チャレンジ) は、「高周波数帯の利用効率」、「容量の向上」、「レイテンシの低下」、「エネルギー効率」、「コスト効率」である。
- 「高周波数帯の利用効率」について、5G においては、LTE の延長ではない、新しい RAT (Radio Access Technologies) が現れるだろう。セルの高密度化を追求していけば、新しいインターフェースと波形を用いる技術が出てこざるを得ないからである。
- 日本の NTT ドコモなどは、LTE と同様 OFDM (直交周波数分割多重方式) が有力と考えているようだが、我々は OFDM はあまり効率的ではないかもしれないとの仮説を持っている。
- おそらく新しい波形が必要だ。直交、非直交、パルス符号変調、多元接続などいろいろな方法を試しているが、何が最も効率的かは決断できない。引き続き、様々な波形を追求していく必要がある。
- 一方、「容量の向上」については、一つのサイズ・密度のセルだけでは、全体を効率的にカバーできないと考えており、サイズ・密度の異なる多セル間での協調を可能とする技術により多重化を進める必要がある。

- 「エネルギー効率」と「コスト効率」とは対立概念ではない。むしろ、エネルギー効率を上げる(エネルギーコストを下げる)技術を導入すれば、オペレーションコストは下がる。両方のコストは同時に下げることができると考え、例えば、バッテリー稼働時間の長期化等に取り組んでいる。

高周波数帯域の開発について

- 高周波数帯域の開発については、バックホールとフロントホールの両方について、60GHz帯のチャンネルマネジメントの研究を進めている。英国のように必ずしも十分な光ネットワークが普及していないところでは、無線によるバックホールが大きな意味を持つ。

コグニティブ無線技術について

- 特に6GHz以下の帯域について言えることだが、5Gがシームレスにつながるようにしなければならない。そのためには、現在ネットワークのどのコンポーネントや周波数帯が使われていて、どこが使われていないかを特定する技術が必要だ。その意味で、コグニティブ無線技術は、5Gの極めて重要な要素となるだろう。

周波数の共用について

- 5Gを実現する上で、従来の排他的免許とは異なる周波数の共用を進めることは重要な課題である。現行制度化においては(モバイルの商用通信については)WiFi以外は免許が必要だが、よりフレキシブルな仕組みについて、OFCOMが通信事業者やその他の関係民間事業者と議論・検討を行っているところ。
- 排他的免許を改め周波数の共用を進めるためには、既存の免許人との利害調整を乗り越えなければならない。本件は、技術的な問題というよりは、政治的なまたはビジネス上のソリューションを模索するものと考えた方がよいだろう。とはいえ、たとえば、地上デジタル放送事業者が自らの番組を5Gでも送信することができるようになるなど、周波数の共用を進めることで、既存免許人も含め誰もが勝者になれる可能性がある。
- 共用化を実現するにあたり、周波数オークション的なプロセスが使われるかもしれないし、そうでないかもしれない。まだ分からない。
- 周波数の共用に関する検討は、6GHz以下の帯域について行われるだろう。現時点でセンチメートル波以上の帯域を共用化する必要があるとは思わない。

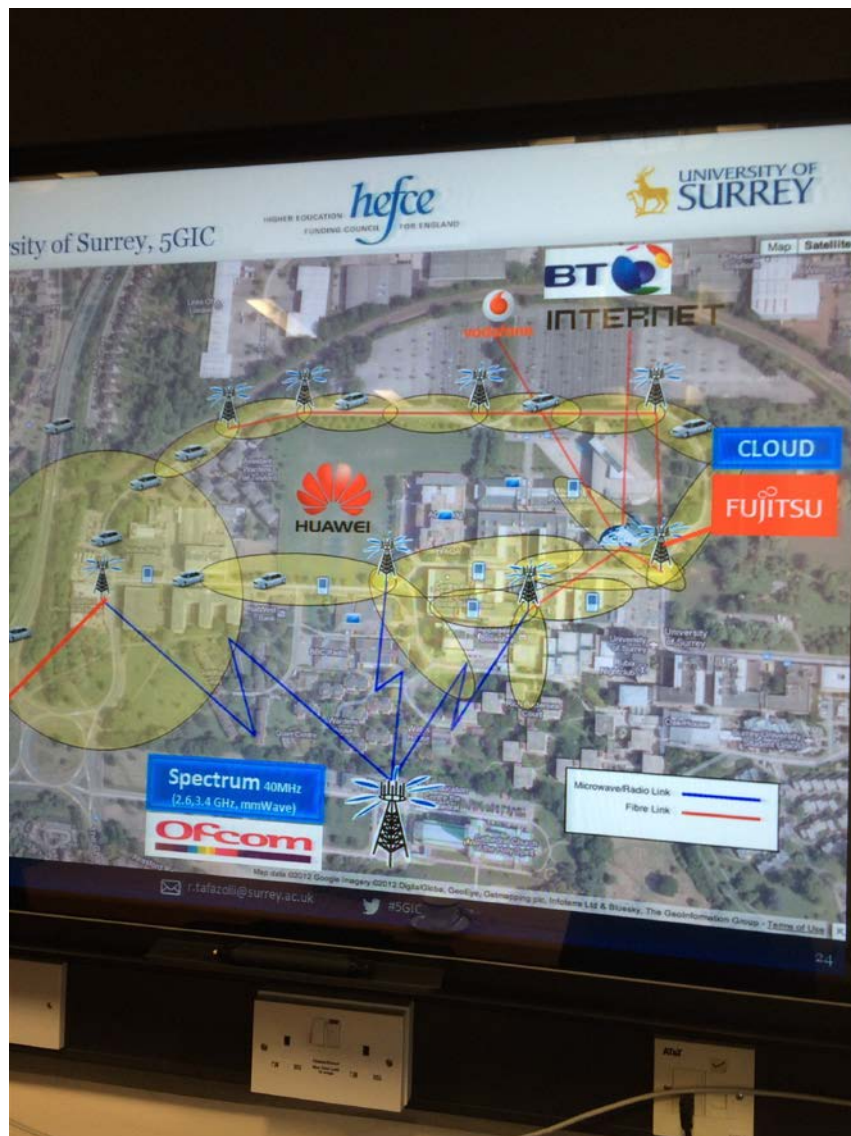
5Gにおけるアプリケーション(例IoT)について

- 5GICでは、モノのインターネットを「アプリケーション」とは見えていない。我々は、ネットワークングやデータアナリティクスといったネットワークの「コントロール」の技術、新しいインターフェースの研究開発を行っている。それによってはじめて、5Gが単なるセルラーコミュニケーションの発展形に留まらない、次世代の新たなコミュニケーション技術になると考えているからである。
- むろん、モノのインターネットの技術が進展すれば、運輸、製造、医療といった様々な分野において、有益なキラーアプリケーションが生まれ、デジタル経済、「connected」な社会の発展を助けるであろう。しかし、アプリケーションのあり方といったところから入るのではなく、「connected」であるための技術を追求することが重要である。5Gとは畢竟コネクティビティに係る技術であり、優れたコネクティビティを確保すれば、アプリケーションは後からついてくるだろう。

政府の研究開発政策について

- 5GIC は英国政府から資金の拠出を受けており、また、EU のプログラム (5G-PPP) に対しても資金の拠出を申請しているところ。しかしながら、これは英国、これはEU と分けて考える必要はない。EU には英国政府が拠出をしているし、何よりも、我々のパートナーのほとんどは国際的な主体であるからである。政府や研究機関、プロジェクトなどが国別にセパレートされている訳ではない。皆同じ方向を向いた大きな取組の一部である。
- 英国政府への要望としては、ICT 分野の研究開発に対し、英国はより proactive になるべきである。ICT、ブロードバンドは、たとえばゲノムなどと同様国家の重要な戦略的研究分野として高い優先順位が置かれるべきである。むろん、どの国の政府も厳しい財政状況を抱えており、具体的な科学技術研究予算の動向 (増えるか減るか等) は、来年の選挙の結果発足する新政府の政策次第だろう。

テストベッドイメージ図



(以上)

第二部 欧州における 5G 研究開発の動向

第二部では、欧州における 5G 研究開発の動向として、1) 欧州の研究機関における 5G 開発の具体的な動向、そして、2) EU の FP7 における 5G に関連する研究プロジェクトの概要について記す。1) に関しては、フランスの高等教育・研究開発機関テレコム・パリテックで 5G の研究開発を実施している研究者にヒアリングを実施し、研究体制や活動について質問した。本報告書にその際のヒアリングの議事録も収録した。

第一章 欧州の研究開発機関における 5G 開発の体制と動向

仏研究開発機関テレコム・パリテックにおける 5G 研究開発の動向

テレコム・パリテック⁶⁾は、フランスの鉱業・テレコム研究院に属する電気通信部門の高等教育・研究機関である。我々は同機関で 5G 関連の研究開発を実施する研究者マルソー・クープシュー氏⁷⁾にインタビューを行い、同氏の 5G 研究開発活動について質問した。以下に、ヒアリング議事録を収録する。

ヒアリング議事録 テレコム・パリテック

先方:

鉱業・テレコム研究院 テレコム・パリテック コンピュータサイエンス・ネットワーク学部 ネットワーク・モビリティ・サービスグループ: マルソー・クープシュー氏⁸⁾

当方:

NICT 欧州連携センター長: 岡本 成男

ONOSO 研究員: 小野 浩太郎

日程:

2014 年 12 月 8 日午前 9 時半～10 時 45 分

場所:

先方事務所 (パリ市内)

ヒアリングの概要

○先方グループについて

ネットワーク・モビリティ・サービスグループ⁹⁾の人員及び予算

- ・ 人員: 教員・研究者 13 名、博士課程の学生 26 名、ポストドクター 3 名
- ・ 予算: 約 720 万ユーロ (公的資金 570 万ユーロ/プライベート契約 150 万ユーロ)

先方グループの研究テーマ

- ・ 応用研究の実施

⁶⁾ <http://www.telecom-paristech.fr/nc/formation-et-innovation-dans-le-numerique.html>

<http://www.mines-telecom.fr>

⁷⁾ <http://perso.telecom-paristech.fr/~coupecho/Site/accueil.html>

⁸⁾ <http://perso.telecom-paristech.fr/~coupecho/Site/accueil.html>

⁹⁾ <http://www.infres.enst.fr/wp/nms/>

- ・ 無線網とモビリティ（セルラー網性能とアルゴリズム、セルラー網の配置、無線網の空間モデル、ダイナミック周波数割当管理とコグニティブ無線、ランダムアクセススキーム、ヘテロジーニアス同時アクセスにおけるハンドオーバー管理、無線網のネットワークコーディング）
- ・ 将来インターネットとモノのインターネット（無線センサー網、モノのインターネット、将来インターネットアーキテクチャ、マルチパスインターネット、パスの多様性の開発、IP 網における最小エネルギールーティング、インターネットトラフィックの分類、ICN、SDN）
- ・ 光網（トランスペアレント WDM 網のデザイン、トランスペアレント WDM 網の障害管理、WDM 網における電力アウェアルーティング、トランスペアレント WDM 網におけるサブ波長スイッチング技術、移動バックホーリングのための RoF、クラウド RAN）
- ・ クラウドとサービスアーキテクチャ・アプリケーションサービス（サービスアーキテクチャ、クラウドコンピューティング、P2P アプリケーション）

先方グループの無線通信技術に係る研究内容

- ・ 移動通信事業者が通信網の性能を評価し、改善するために必要な数学的分析を研究しており、電波資源の利用やエネルギー消費の効率を高めるためのアルゴリズムの研究、通信網の幾何学的な空間モデル、通信網の性能を評価するための数学的ツールを開発している。その他、モノのインターネットに関しては、無線通信網とセキュリティの問題、RFID 等の研究を実施している。

テレコム・パリテックの他のグループ及び鉱業・テレコム研究院の他の組織との提携状況

- ・ テレコム・パリテック内では、コグニティブ無線技術について、電子部品を開発する研究グループと合同で研究している。だが、テレコム・パリテック内の研究提携は十分ではない。
- ・ テレコム・パリテック外では、4G 等に関して、テレコム・ブルターニュとテレコム・パリ南と提携して研究を行ったが、5G 開発に関してはまだ提携研究はなされていない。

先方グループの欧州国及び非欧州国研究提携パートナーと EU の FP7 プロジェクトへの参加状況

- ・ ベルギー、スペイン、イタリア、イスラエル、米国、カナダ、中国、インド、シンガポールの研究機関と提携している。
- ・ FP7 の EuroNF プロジェクト¹⁰のリーダーであり、また幾つかの FP7 プロジェクトに参加している。幾人かの研究者は、FP7 プロジェクトに積極的に参加している。
- ・ FP7 プロジェクトには多くの事務手続きが必要であり、プロジェクトをセットするのに非常に多くの時間がかかることが問題である。

○先方の 5G ビジョン及び研究活動について

先方の 5G ビジョン

- ・ 単一の技術では、MTC (Machine Type Communication) と高データレートの双方、そして、低い周波数帯と非常に高い周波数帯の双方をカバーすることはできないので、5G には複数の技術を組み合わせる必要がある。
- ・ ミリ波帯では、低い周波数帯と電波の伝搬が非常に異なるので、標準やプロトコルが異なる。

¹⁰ http://cordis.europa.eu/project/rcn/85336_en.html

先方の5G向けの研究活動

- 将来のセルラー網の性能評価についての研究：性能評価の方法、そして、アルゴリズムの研究をしており、新しい技術を定義することは行っていない。スモールセル技術で言えば、どのくらいのゲインを得るのか、マッシュMIMO技術で言えば、どのくらいのデータレートを得ることができるのか、ミリ波技術で言えば、セルの大きさはどのくらいがいいのか、また容量等の観点から、リレー技術の性能を評価し、それをどのように改善すればいいかという問題について研究している。例えば、リレー技術では、メインとなる基地局からリレーに無線信号を送り、そして、リレーから移動通信端末に信号を送る必要がある。この研究によって、直接基地局と通信するよりも、リレー技術によりデータレートが増大すること、また基地局とリレー間のバックホールリンクが非常に重要であることを確認した。このために、シミュレーションを行い、またゲーム理論、学習システムを利用している。
- 周波数割当管理とコグニティブ無線技術の研究：5Gの開発にとってこの研究は中心的な位置を占め、非常に重要である。なぜなら、もし10Gbitsを実現したいならば、マッシュMIMO技術もあるが、やはりより多くの周波数が必要となるからである。現在、周波数利用状況はとても混雑しており、新たに周波数帯を見つけるのは難しいので、5Gにとって周波数割当は中心的な課題である。このためには、キャリアアグリゲーション、通信事業者間の周波数共有、コグニティブ無線技術の研究が重要である。
- セルラー網向けの電波資源管理の研究：アンテナ数を増加させることによって高データレートを実現することが可能になるが、そのためにスモールセルを利用する必要がある。だが、こうしてアンテナの数が増えることによって、電波干渉が問題となる。私はスマートな仕方で、電波干渉を避ける研究を実施している。
- グリーン・セルラー網の研究：欧州委員会は伝送されたビット毎にエネルギー消費削減を行うという要件を定めているが、それだけではなく、より包括的にエネルギー消費を削減する必要がある。なぜなら、伝送されるビットは段々増大しているからである。電子部品のエネルギー消費を改善することが重要であり、また、トラフィックがない基地局を一時運用停止する等して、通信網全体で利用される電力を削減することが重要である。このため、私はオレンジと一緒に、基地局からの伝送にかかる電力を減少させる研究を行っている。また、おそらくパリ等の大都市においてではないが、都市部外や発展途上国において、再生可能エネルギーの使用が重要である。これにより、一気に化石燃料のエネルギー消費を削減することができる。とりわけ、私は太陽エネルギーの研究を行っている。現在、基地局は段々と小型化し、電力の消費量が減少している。おそらく、太陽光電パネルや電池を備えれば、数日分蓄電することも可能である。
- 無線通信網における動画の質を向上させる研究：この研究はキャッシュの問題に関わる。ユーザのより近く、基地局等にデータを保存すれば、ダウンロードの速度が改善される。このため、ICN (Information Centric Network)、コンテンツデリバリネットワークの研究を行っている。

コグニティブ無線技術の研究と新しい周波数利用制度

- コグニティブ無線技術は5Gのための要素技術となる。私の研究において、コグニティブ無線技術は最も重要であり、5、6年前に研究を始め、幾つか論文も書いている。中央集権的ではない通信、通信事業者間の周波数割当管理の双方について研究している。
- コグニティブスモールセルは、チャンネルアグリゲーションとASAを通して、他のチャンネルをオポチュニスティックに利用することができる。

- ・ コグニティブ無線技術の主にセンシング型の研究をしている。コグニティブ無線技術の標準化に関しては、データベース型のほうへ進められているようだが、これら二つの技術は排外的なものではなく、補完的である。
- ・ LSA (Licensed Shared Access) が 5G に必須であるとは思わない。LSA は現在研究しているトピックの一つであり、技術的な観点から言えば、周波数を効率よく利用する制度となりうる。しかし、実際の利用には法的側面の問題が生じる。

6GHz 以上の高い周波数帯を利用する技術の研究開発

- ・ システム性能に関して、ミリ波 (特に 28GHz 帯) の研究を開始したところである。電子部品に係る研究に関しては、テレコム・パリテックの他の研究グループで行っており、我々は 28GHz 帯での通信の性能評価研究を実施している。

先方が現在進めている研究プロジェクトの事例

- ・ フランス国立研究機構 (ANR) から助成されているフランスの国内プロジェクトの NetLearn¹¹ を主導している。このプロジェクトで、他の研究機関や企業と提携して研究活動を行っている。特にある一定の技術の開発を行うのではなく、より一般的に、電波資源管理の学習システムを開発している。

LTE に代わる新しい電波アクセス技術の登場と LTE の不満な点

- ・ 6GHz 以下の低い周波数帯を利用する LTE/LTE-Advanced に取って代わる新しい電波アクセス網技術 (RAT) が、5G のために登場するかどうかはわからない。MTC とコンテンツ方式アクセスを考慮すべきである。現在のインターフェイスには MTC に問題がある。
- ・ 現行の LTE 技術の不満な点としては、現在、携帯電話のユーザは通話機能を主に利用し、アクセスの時間が比較的長く、ランダムなアクセスが少ないが、MTC によって、多くの端末による短時間のアクセスが非常に増大していき、ランダムアクセスの問題が生じることである。従って、現在、コンテンツに基づくアクセスを導入することが検討されている。

5G 向けの新しいアプリケーションの開発とモノのインターネット技術の利用

- ・ モノのインターネットのセンサープラットフォームを開発し、IETF における標準化に貢献しているが、新しいアプリケーションの開発は実施していない。我々はこのプラットフォームの開発向けに研究施設を持ち、多くのセンサーの試験、実験を行っている。
- ・ モノのインターネットに関しては、まず家 (Home) での利用が最初のアプリケーションになる。スマートカーは第二のアプリケーションになる。テレコム・パリテックの他の研究グループでは、スマートカーの研究を実施している。スマートグリッドに関してテレコム・パリテック内で研究開発が実施されており、フランス電力 (EDF) と共同で研究している。
- ・ モノのインターネットが 5G にとって最も重要なアプリケーションになるかどうかは疑わしい。おそらく、スマートホームやスマートカーは 5G のアプリケーションになるが、スマートグリッドはまた別である。その上、スマートホームも 5G のアプリケーションとして大きな部分を占めるわけではない。確かにモノのインターネットには無線通信が必要となるが、セルラー網が常に必要になるわけではないからである。

¹¹

http://www.agence-nationale-recherche.fr/en/anr-funded-project/?tx_lwmsuivibilan_pi2%5BCODE%5D=ANR-13-INFR-0004

モノのインターネット研究及びコグニティブ無線技術の重要性

- ・ モノのインターネットの研究は他の意味で重要である。つまり、同分野の研究は他の用途に再利用できるからである。これはコグニティブ無線技術の場合と同様である。コグニティブ無線技術は市場に出ることが必要不可欠であるわけではない。なぜなら、同技術の研究はセルラー網の研究に再利用できるからである。通常、同技術によって、周波数をオポチュニスティックに利用し、またダイナミックに再利用することにより、効率よく周波数を使用できるというが、実際に、そのような市場がありうるかどうかは疑わしい。LSAのほうの方がより市場に導入しやすいだろう。例えば、コグニティブ無線技術の研究により、幾つものアルゴリズムを開発できるが、そのアルゴリズムはセルラー網、そして、D2D通信に応用可能である。なお、コグニティブ無線技術が市場に出るには、法的側面も含め、様々な要件が必要となる。
- ・ オレンジ (フランステレコム) や他の通信事業者はコグニティブ無線技術を市場に出さないかもしれない。

フランスにおける 5G 研究開発政策と EU の 5G-PPP について

フランス政府の 5G 研究開発政策

- ・ フランス政府の 5G 研究開発に関するサポートは十分ではない。確かに、フランス国立研究機構による 5G 開発を対象とする研究公募はあるが、それ以上ではない。欧州では、欧州レベルで 5G 研究支援が行われており、5G-PPP は非常に重要である。

EU の 5G-PPP の評価

- ・ 5G-PPP は全体的に見て良くない。なぜなら、FP7 と比べて、欧州委員会は大企業に多大な力を与えているからである。そして、大企業は 5G-PPP を完全にブロックしており、中小企業、そして、大学と研究機関のための場所があまりない。例えば、5G-PPP では、エリクソンはある要素技術の開発、オレンジは別の要素技術、テレコムイタリアはまた別の技術というように決められてしまっている。つまり、大企業が研究開発を方向づけており、研究機関が参加するのは難しい。
- ・ 5G-PPP の公募では 7 億ユーロが EU から拠出され、16 のプロジェクトが採用される予定であるが、大企業が提案する研究プロジェクトとは別の、その代替えとなるようなプロジェクトを提案することはとても難しい。これでは研究に多様性がなく、また大企業は研究機関と比べて、視野が短期的である。もちろん、5G-PPP から興味深い研究は幾つか出てくると思うが、大企業が全てを支配している状態では、質の悪いプロジェクトが生まれるかもしれない。研究のある一定の分野に力を集中させることは良くない。
- ・ 大企業と言っても、欧州の企業だけではなく、現在、多くの非欧州企業が欧州に研究開発拠点をもち、5G-PPP に参加している。例えば、中国企業のファーウェイは最近パリに研究開発センターを設立した。
- ・ 大企業は欧州委員会に対するロビー活動に成功した。
- ・ 欧州委員会は研究機関を 5G 研究開発に関してあまり信用していない。
- ・ 5G-PPP の公募は非常に事務作業が多く、研究機関が参加するのが難しいという側面がある。
- ・ 鉱業・テレコム研究院のテレコム・ブルターニュは、5G-PPP に先立つ FP7 の METIS プロジェクトに参加していたので、5G-PPP のプロセスに参加している。
- ・ 5G-PPP だけが 5G 研究開発の場所ではないはずである。5G の実現には技術の問題だけではなく、法的・経済的問題もある。フランス国内にはほとんど 5G 研究開発政策はないし、

欧州レベルでは 5G-PPP があり、強力である。おそらく、部分的に 5G-PPP から 5G の成果が出るだろうが、5G は、日本や中国、米国等、世界レベルでの交渉により生まれる。

フランスにおける ICT 研究開発体制の変化

- ・ 現在、パリ南部のサックレーにフランスの科学技術系の高等教育・研究開発機関を集め、新しい大学、パリ・サックレー大学¹²を設立しようとしている。テレコム・パリテックもパリから移動し、その一部となる予定である。この新しい大学では、5Gの研究開発に関しても、幾つかの研究機関が集まり、提携して実施される見込みであり、フランスにおける 5G研究開発のほとんどがパリ・サックレーで実施されることになるだろう。なぜなら、サックレーには、テレコム・パリテックを含め、シュペレック (Supélec)、INRIA、CNRS、ヴェルサイユ大学等の機関が拠点を持つからである。また、サックレーには、アルカテル・ルーセント等のフランスの大企業も集まっている。

(以上)

第二章 欧州連合の第七次枠組計画における 5G に係る研究プロジェクト事例

本節では、EUのFP7 における 5Gに係る研究プロジェクトの事例を紹介する。欧州でも、世界の他の地域と同様に、5Gはまだ定義されていないが、FP7 には、5Gの基本概念を構想するプロジェクトの他、4Gを高度化する研究、そして、5Gの要素技術の研究が実施されている。特に、欧州委員会は、FP7 のMETIS、5GNOW、iJOIN、MCN、COMBO、MOTO、PHYLAWSプロジェクトをEUの代表的な 5G及び 4Gを超えるネットワーク技術のプロジェクトとして考えており¹³、以下にこれらのプロジェクトの概要（予算、研究期間、参加組織など）について記す。

第一節 5G の基本概念等の包括的研究

METIS プロジェクト

正式名称	情報社会 2020 のための移動・無線通信エネイブラー
略称	METIS
採用公募枠と年度	ICT-2011.1.1 - Future Networks
研究期間	2012 年 11 月-2015 年 4 月 (30 ヶ月)
予算 (EU 拠出分)	2675 万 3537 ユーロ (1588 万 5000 ユーロ)
コーディネーター	エリクソン (スウェーデン)
参加組織	ノキア (フィンランド)、鉱業・テレコム研究院 (仏)、王立技術研究院 (スウェーデン)、チャルマース工科大学 (スウェーデン)、アルカテル・ルーセント・ドイツ (独：本拠地は仏)、BMW 研究・技術 (独)、ノキア・シーメンスネットワークマネジメントインターナショナル (独)、RWTH アーヘン大学 (独)、アールト大学 (フィンランド)、ドイツテレコム (独)、フランステレコム (仏)、ポズナン技術大学 (ポーランド)、ELEKTROBIT システム・テスト (フィンランド)、バレンシア工科大学 (スペイン)、テレコムイタリア (イタリア)、ブレーメン大学 (独)、OULUN YLIOPISTO (フィンランド)、ノキア・シーメンスネットワー

¹² <http://universite-paris-saclay.fr/en/accueil-out-en>

¹³ http://ec.europa.eu/enterprise/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=6462&lang=fr

	ク (ポーランド)、ドコモ通信研究所 (独：本拠地は日本)、フラウンホーファー協会 (独)、アテネ大学 (ギリシア)、エリクソン (独：本拠地はスウェーデン)、テレフォニカ研究・開発 (スペイン)、オールボルグ大学 (デンマーク)、カイザースラウテルン大学 (独)、NTT ドコモ (日)、ファーウェイ技術 (独)
ウェブサイト	https://www.metis2020.com
研究内容	METIS プロジェクトは、未来の包括的な移動・無線通信システムに関する欧州のコンセンサスの基盤を作ることを目標とする。5G の利用シナリオや主要な性能指標 (KPI) から、利用周波数、標準化まで、幅広く研究する。

☆ METISプロジェクトは、その予算規模と参加組織数から、FP7 において最も大規模の 5G 研究開発プロジェクトである。欧州の有名な研究機関と企業のほか、日本を含め、非欧州国の組織も参加している。METISに参加する多くの企業が 5G-PPPにも参加しており、両者のつながりは非常に深く、今後、欧州の 5G 研究開発に大きな影響を与えていくと考えられる。なお、同プロジェクトは、2014 年 10 月に大規模の会議をドイツのベルリンで開催している¹⁴。

第二節 高い周波数帯を利用する技術

MiWAVES プロジェクト

正式名称	ビヨンド 2020・ミリ波スモールセルによるヘテロロジーニアスワイアレスネットワーク
略称	MiWaveS
公募枠と年度	ICT-2013.1.1 - Future Networks
研究期間	2014 年 1 月～2016 年 12 月 (全 36 ヶ月)
全予算 (EU 拠出分)	1134 万 9195 ユーロ (735 万 8113 ユーロ)
プロジェクトコーディネーター	CEA-LETI (仏)
パートナー	テレコムイタリア (伊)、オレンジ (仏)、ノキア・ソリューションズ・ネットワークス (フィンランド)、インテル・モバイルコミュニケーション (独)、Signalion (独)、ST マイクロエレクトロニクス (仏・伊)、Sivers IMA (スウェーデン)、Optiprint (スイス)、VTT (フィンランド)、ドレスデン工科大学 (独)、TST (スペイン)、レンヌ第一大学 (仏)、サリー大学 (英)
ウェブサイト	http://www.miwaves.eu
研究目標・内容など	MiWaves プロジェクトは、低コストの最先端ミリ波技術を開発し、将来のヘテロロジーニアスな通信網にスモールセルによるミリ波技術を統合する可能性を研究する。

☆ 同プロジェクトの参加メンバーは多くないものの、欧州を代表する研究機関、通信事業者、通信機器ベンダが参加し、全予算が 1000 万ユーロ以上を超える大規模プロジェクトである。コーディネーターの CEA-LETI は 5G-PPP へも参加する研究開発機関である。

¹⁴ <http://5gglobalconference.com>

第三節 周波数利用効率を向上させる技術

MOTO プロジェクト

正式名称	モバイル・オポルチュニスティック・トラフィックオフローディング
略称	MOTO
公募枠と年度	ICT-2011.1.1 - Future Networks
研究期間	2012年11月～2015年10月（全36ヶ月）
全予算（EU 拠出分）	438万6408ユーロ（287万2000ユーロ）
プロジェクトコーディネーター	タレスコミュニケーション・セキュリティ（仏）
パートナー	FON テクノロジー（スペイン）、イノバリア協会（スペイン）、パリ・ピエール・マリー大学（仏）、フィアット研究センター（伊）、PARTECIPAZIONI TECNOLOGICHE（伊）、国立研究評議会（伊）、AVEA（トルコ）、FON ラボ（スペイン）、CNRS（仏）、FON ワイヤレス（英）
ウェブサイト	http://www.fp7-moto.eu
研究目標・内容など	MOTO プロジェクトは、トラフィックオフローディングのアーキテクチャを提案することを目的とする。LTE 網から WiFi 等の他の無線網へオフロードし、ユーザのデバイス間や自動車等のモノとモノの間でのアドホックな通信を可能にし、これによって増大するデータトラフィックの問題に通信事業者の通信網だけに頼らずに対応できる。

第四節 LTE の高度化の研究開発

5GNOW プロジェクト

正式名称	非同期シグナリングのための第五世代非直交ウェーブフォーム
略称	5GNOW
公募枠と年度	ICT-2011.1.1 - Future Networks
研究期間	2012年9月～2015年2月（全30ヶ月）
全予算（EU 拠出分）	352万6991ユーロ（249万997ユーロ）
プロジェクトコーディネーター	フラウンフォーハー協会（独）
パートナー	ドレスデン工科大学（独）、アルカテル・ルーセント・ドイツ（独）、CEA（仏）、NI HUNGARY SOFTWARE ES HARDWARE GYARTO KORLATOTLFELELOSSEGU（ハンガリー）、INNOVATIVE SOLUTIONS SLAWOMIR PIETRZYK（ポーランド）
ウェブサイト	http://www.5gnow.eu
研究目標・内容など	5GNOW プロジェクトは、多様なサービスとヘテロジーニアスな伝送に適合する新しい物理レイヤと MAC レイヤのコンセプトを開発する。

第五節 ネットワークの高密度化技術（スモールセルの利用技術等）

iJOIN プロジェクト

正式名称	クラウドネットワークに基づくスモールセル向けのオープンアクセスとバックホールネットワークアーキテクチャのインターワーキング・ジョイントデザイン
略称	iJOIN
公募枠と年度	ICT-2011.1.1 - Future Networks
研究期間	2012年11月～2015年4月（全30ヶ月）
全予算（EU 拠出分）	571万4635ユーロ（368万9000ユーロ）
プロジェクトコーディネーター	IMDEA ネットワークス（スペイン）
パートナー	ブレーメン大学（独）、ドレスデン工科大学（独）、テレフォニカ（スペイン）、マドリード・カルロス第三大学（スペイン）、インテル・モバイルコミュニケーション・フランス（仏）、CEA（仏）、サジェムコム・ブロードバンド（仏）、ヒューレット・パッカード（伊）、テレコムイタリア（伊）、NEC ヨーロッパ（英）、サリー大学（英）
ウェブサイト	http://www.ict-ijoin.eu
研究目標・内容など	iJOIN プロジェクトは、クラウド技術を利用し、モバイルネットワークの性能と効果を改善することを目的とする。データトラフィック量の増大に対応するためには、物理レイヤの技術を改善するだけでは困難であり、スモールセルの利用が有効である。だが、スモールセルの利用には干渉を防ぐため、スモールセル同士を調整すること、ヘテロジニアスバックホールソリューションにはスモールセルをコアネットワークへ接続する必要があるが、アクセスとバックホールが別々に考えられており最適化されていないこと、基地局の増大によりエネルギー消費が多いことが問題としてある。以上のため、RANaaS（Radio Access Network-as-a-Service）というコンセプトを導入し、クラウドインフラ上のオープン IT プラットフォームを通して RAN を柔軟に中央制御化する。

第六節 マッシブアンテナ技術

MAMMOET プロジェクト

正式名称	効果的伝達のための Massive MiMO
略称	MAMMOET
公募枠と年度	ICT-2013.1.1 - Future Networks
研究期間	2014年1月～2016年12月（全24ヶ月）
全予算（EU 拠出分）	438万4904ユーロ（304万7000ユーロ）
プロジェクトコーディネーター	テクニコン（オーストリア）

パートナー	INFINEON テクノロジーズ (オーストリア)、IMEC (オーストリア)、エリクソン (スウェーデン)、ルーバン・カトリック大学 (ベルギー)、ルンド大学 (スウェーデン)、テレフォニカ (スペイン)、リンショーピング大学 (スウェーデン)
ウェブサイト	http://mammoet-project.eu
研究目標・内容など	MAMMOET プロジェクトでは、Massive MiMO 技術の開発に取り組み、低費用でより効率がよく、より柔軟なハードウェアのための技術ソリューションを研究する。

第七節 その他の技術

MCN プロジェクト

正式名称	モバイルクラウドネットワーキング
略称	MCN
公募枠と年度	ICT-2011.1.1 - Future Networks
研究期間	2012年11月～2015年10月 (全36ヶ月)
全予算 (EU 拠出分)	1570万ユーロ (1040万ユーロ) ¹⁵
プロジェクトコーディネーター	SAP (独)
パートナー	オレンジ (仏)、テレコムイタリア (伊)、BT (英) ポルトガルテレコム (ポルトガル)、NEC ヨーロッパ (英)、インテル (アイルランド)、ITALTEL (伊)、CLOUDSIGMA (スイス)、ネクストワークス (伊)、ソフトテレコム (スペイン)、ワンソース (ポルトガル)、トゥウエンテ大学 (蘭)、ベルリン工科大学 (独)、INOV (ポルトガル)、ベルン大学 (スイス)、ZHAW (スイス)、フラウンフォーハー・FOKUS 研究所 (独)
ウェブサイト	http://www.mobile-cloud-networking.eu/site/
研究目標・内容など	MCN プロジェクトは、モバイル通信とクラウドコンピューティングを融合させ、移動通信網とコンピューティングとストレージを「オンデマンドによるワンサービス」として提供することを目指す。特に、データセンターを超えて、モバイルエンドユーザにクラウドコンピューティングへとコンセプトを拡大すること、3G-PPP 規格のモバイルクラウドネットワーキング・アーキテクチャを設計すること、新しいビジネス部門、モバイルクラウドネットワーキングを可能にすること、アプリケーションとサービスのための End-to-End モバイルクラウドネットワーキングのコンセプトを開発することが主な目標である。

COMBO プロジェクト

正式名称	固定・移動ブロードバンドアクセスネットワークの融合
略称	COMBO
公募枠と年度	ICT-2011.1.1 - Future Networks

¹⁵ <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/future-networks/documents/call8-projects/mobilecloudnetworking-factsheet.pdf>

研究期間	2013年1月～2015年12月（全24ヶ月）
全予算（EU 拠出分）	1117万1419ユーロ（744万9000ユーロ） ¹⁶
プロジェクトコーディネーター	JCP コンサルト（仏）
パートナー	ドイツテレコム（独）、テレフォニカ（スペイン）、オレンジ/フランステレコム（仏）、アルカテル・ルーセント・イタリア（イタリア）、テレコム・ブルターニュ（仏）、エリクソン（スウェーデン）、ADVA オプティカルネットワーク（独）、ルンド大学（スウェーデン）、カタルーニャ・電気通信技術センター（スペイン）、ミラノ工科大学（伊）、ブダペスト技術・経済大学（ハンガリー）、AITIA インターナショナル（ハンガリー）、TELNET（スペイン）、FON ワイヤレス（英）、ALGELA（トルコ）
ウェブサイト	http://www.ict-combo.eu
研究目標・内容など	COMBO プロジェクトは、新しいFMC（Fixed Mobile Convergence）ブロードバンドアクセスを様々なシナリオ（過密都市部、都市部、都市部外）で研究する。

PHYLAWS プロジェクト

正式名称	物理レイヤのワイヤレスセキュリティ
略称	PHYLAWS
公募枠と年度	ICT-2011.1.1 - Future Networks
研究期間	2012年11月～2015年10月（全36ヶ月）
全予算（EU 拠出分）	406万6970ユーロ（281万186ユーロ） ¹⁷
プロジェクトコーディネーター	タレスコミュニケーションズ・セキュリティ（仏）
パートナー	TEKNOLOGIAN（フィンランド）、鉱業・テレコム研究院（仏）、CELENO コミュニケーションズ・イスラエル（イスラエル）、科学・技術・医療インペリアルカレッジ（英）
ウェブサイト	http://www.phylaws-ict.org
研究目標・内容など	PHYLAWS プロジェクトは、無線通信のための新しいプライバシーコンセプトの効果を設計し、証明することを目的とする。特に、無線通信網の電波インターフェイスにおけるプライバシーの強化、物理レイヤセキュリティと Secrecy Coding、信頼可能ウェブフォームと電波アクセスプロトコルの設計、現実的なテストケース（WiFi と LTE）というトピックを研究する。

¹⁶ <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/future-networks/documents/call8-projects/mobilecloudnetworking-factsheet.pdf>

¹⁷ <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/future-networks/documents/call8-projects/mobilecloudnetworking-factsheet.pdf>

第三部 5G とエネルギー消費削減技術

エネルギー消費の削減は、5G実現にとって重要な課題の一つである。一方で、ICTはなおエネルギー消費が増大している部門であり、今後モノのインターネットの普及によりさらにトラフィック容量が増加し、それに合わせて、エネルギー消費も増えることが見込まれている。他方で、ICTはエネルギー消費のモニター等で、他の部門のエネルギー消費の削減に貢献し、このため、スマートグリッド、スマートシティ等の研究開発が進められている。なお、5G-PPPが決定した5Gの7つのKPI (Key Performance Indicators) において、「2. 提供されるサービス毎に90%のエネルギーを削減する」¹⁸と定められるとともに、5Gの研究開発が公募されるホライゾン2020のICT部門2014年-2015年度作業プログラムにおいても、エネルギー消費削減は研究達成課題の一要素である。

本報告書第二部にヒアリング議事録を収録したテレコム・パリテックの研究者マルソー・クープシュー氏は、5Gの研究開発に関して、通信網等の性能評価の研究を実施しており、電力消費の性能評価も対象にしている。また同氏は、再生可能エネルギーを利用する通信網について研究しており、特に太陽光を利用した基地局の開発に取り組んでいる。

2014年10月初頭にフランスでは、次世代無線通信網におけるエネルギー消費削減をテーマとして、「次世代グリーンワイアレスネットワークに関する国際ワークショップ」が開催された。このワークショップでは、5Gも対象となり、5Gのエネルギー消費削減という側面について研究発表が行われた。以下、その模様について記す。

¹⁸ <http://5G-PPP.eu/about-us/>

第3 回次世代グリーンワイアレスネットワークに関する国際ワークショップ(聴講報告)

1. 日時：2014年10月1日(火)～3日(木) ※1日、2日の一部について聴講
2. 場所：INRIA コンベンションセンター(フランス・レンヌ)
3. 主催者：シュペレック
4. 聴講者：NICT 欧州連携センター・岡本
5. 概要：

「第3 回次世代グリーンワイアレスネットワークに関する国際ワークショップ」は、次世代の無線ネットワーク(主として5G)のエネルギー効率向上技術に係る研究開発状況に関するシンポジウムである。Honggang Zhang 中国浙江大学教授(元NICT) 他が共同議長として司会を務め、欧州、中国、豪州などの学会、業界関係者6名が基調講演、20グループが発表を行った。

以下に、聴講した5つの基調講演の概要等を報告する。

基調講演1：5Gの持続可能なコミュニケーションのための欧州の研究開発

スピーカー：Bernard Barani 氏, 欧州委員会コネクスト総局

- ・ ICTには二つの側面がある。一つは、エネルギー消費がなお増加している数少ない分野という消費セクターとしての側面。もう一つは、エネルギー消費のモニターや管理、新たなビジネスモデルやライフスタイルの導入を通じて他のセクターのエネルギー消費を減らすセクターという側面である。
- ・ EUでは、2020年までに、温室効果ガスマイナス20%、一次エネルギー消費マイナス20%、再生可能エネルギーシェア20%という20-20-20ターゲットを掲げ、エネルギー効率化、スマート・グリッドの導入、スマートシティ・コミュニティなどに取り組んでいる。
- ・ ICTは消費が増えている数少ないセクターの一つ。世界全体の電力消費が年率2.9%増の中、通信ネットワークのそれは10.4%という増加を示した。今後IoT、M2Mが普及し、2020年までに500億のマシンがネットワークに接続されると予想される。
- ・ 5Gの正確な定義はまだ固まっていないが、EUのプログラムの支援を受け、欧州の研究チームによって、主要な推進要件が示されつつある。エネルギー効率はこの研究の中心的な位置にある。
- ・ 無線アクセスも光ネットワークについても、ともに、幅広い技術的な選択肢の中に多様な技術上のチャレンジを位置づけるような多次元の 이슈である。高いエネルギー効率を達成する主な技術としては、新たな周波数の活用、高いキャパシティのバックホール導入、massive MIMOの活用などがある。
- ・ 「より速く、パワフルで、エネルギー効率の高いソリューションを幅広いサービスのためのネットワークに活用すること」「ネットワークの再デザイン」「セキュリティの保証」「効率的なハードウェアのインプリメンテーションの保証」などが5Gの研究における焦点である。

基調講演2：5Gインフラ官民パートナーシップ(PPP)におけるエネルギー効率化のチャレンジ

スピーカー：Dr. Didier Bourse 氏, 5G-PPP(アルカテル・ルーセント)

- ・ アルカテル・ルーセントの考える 5G とは、単なるスピードではなくパフォーマンスの改善、単なる無線インターフェースではなく新しいタイプのアプリケーションを可能とするもの、単なる M2M ではなくネットワークをより agile にするものである。5G の技術は、無線、ネットワーク、プラットフォームのそれぞれについて、(4G から一足とびではなく) 4.5G の技術として導入されそこから発展するだろう。
- ・ 5G-PPP の大きな目標の一つは、エネルギー効率の向上である。2010 年比で 90%削減を目標(KPI)に取り組んでいる。これに向け、例えば、「GreenTouch」というコンソーシアムを立ち上げ、Green Meter research study を実施したり、「GWATT」という、新たな技術のネットワークエネルギー消費へのインパクトを測定するためのアプリケーションの導入を進めるなどの取組みを行っている。

基調講演3: 将来の無線ネットワークにおけるスマートシティの需要

スピーカー： Luis Muñoz, カンタブリア大学 (スペイン)

- ・ スマートシティとは、ICT の幅広い活用により特徴づけられた複雑なエコシステムであり、都市をより魅力的、持続可能、かつイノベーションと起業にとってユニークな場所とするものである。スマートシティは、市民、市当局、産業によるイノベーションのためのパラダイスである。
- ・ スペインのサンタンデルで、「SmartSantander」というスマートシティプロジェクトを実施。1500 の固定ノード、175 の移動ノード、3029 の固定センサー、1750 の移動センサー、2 万以上のスマートフォンデバイスを活用し、15 の組織と 8 つの EU 諸国が参画し、860 万ユーロの予算を活用する、36 か月間のプロジェクトである。
- ・ キーとなる要素は、ハードウェアと環境の異質性、深い社会への浸透、モビリティの多様性、規模、公衆のための生活サービスなどである。
- ・ IEEE 802.15.4 オーバーレイネットワーク、バックホールの無線ネットワークなどのアーキテクチャを用意。交通管理、環境モニタリング、駐車場や緑地の管理、Participatory Sensing といわれるユーザー参加型のセンシングなどのサービスを提供している。

基調講演4: 5G ワイヤレスシステムのコンセプトの最初のシーズ

スピーカー： Afif Osseiran 氏、エリクソン

- ・ 5G とは、単なる無線アクセスの技術ではなく、多様な要素技術を多様な用途、端末に適用する技術の総体である。
- ・ 5G 技術の 3 つの重要な要素は、周波数、エアインターフェース、MTC (Machine Type Communication = IoT) である。
- ・ 周波数については、低い周波数帯の空きは限られており、10GHz までを活用することが必要。ミリ波の活用が不可欠。周波数割り当ての方法には、単体への免許、複数主体での共用を免許・認定、免許不要周波数帯の 3 つを組み合わせることになる。
- ・ アクセス技術については、LTE++、ミリ波無線アクセスなどの諸技術のセットが活用されることが想定され、2020 年までに他の 3G 技術や WiFi とのシームレスな統合も視野に入

ってこよう。LTE++では、30GHz 帯までの、また、ミリ波無線アクセスでは 30GHz 帯 100GHz 帯までを 0.5-2GHz 幅に分けての活用が想定される。

- ・ MTC については、Massive MTC は安価で低エネルギー消費だが、より信頼性を高めるためにはコストの高い Critical MTC との併用が必要。
- ・ これらの技術は、2018 年までに部分的に実用化されることが想定される。「Ericsson-Docomo 5G Testbed」では、2017 年頃までの 3 フェーズに分け、実用化に向けた取組みを実施している。

基調講演5: ICT 産業の挑戦としてエネルギー

スピーカー : Thierry E. Klein 氏、ベル研究所

- ・ 2013 年において、約 39 ギガワットが ICT デバイスにより、69 ギガワットが通信ネットワークにより消費された。今後のトラフィック増、ネットワークの過密化などを考慮すると、今のトレンドは持続可能とは言えない。電力ゼロのコミュニケーションを目指すべきである。
- ・ 2010 年、ベル研究所の主導で、産業、政府、学術機関の協力を得つつ、「GREENTOUCH」という研究コンソーシアムがスタートした。2015 年までにネットワークのエネルギー効率を 1000 倍にするという野心的な目標を掲げている。
- ・ この研究では、エネルギー効率に焦点を当て、ハードウェア、ネットワークアーキテクチャ、ネットワーク管理、温度管理などに新たなアプローチを導入しようとしている。Massive MIMO、データとシグナリングを分離した Beyond Cellular Green Generation、Bit-Interleaved Passive Optical Networks (Bi-PON)、Software Defined Networking などがキーとなる技術の例である。

その他の発表での主だった議論

- ・ エネルギー効率の向上だけでは、持続可能性という点からは十分でない。基地局の稼働を再生可能エネルギーで賄う Zero grid-Electricity Networking (ZEN)の発想が必要である。(イタリア・ポリテクニコ・ディ・トリノ)
- ・ アイルランドでの実験を通じ、Sharing、すなわち、周波数の共用とネットワーク資源の共用たる仮想化を通じ、エネルギー効率の向上を図ることが重要であることが分かった。(米国・トリニティ大学)
- ・ 個別免許等の周波数の排他的な使用に変えて、周波数を共用する免許の枠組み (Licensed Shared Access) が議論されているが、比較的長期の周波数リースは静的な周波数共用とすべきもので、より短期のダイナミックな周波数共用に進んで行かなければならない。Radio Environment Maps (REM)を活用することで、これが可能となるだろう。(豪州・マクアリー大学)
- ・ 途上国、新興国で都市化が進み、人口規模区分で見ると、先進国よりも都市人口の多いものもある。途上国、新興国では異なるスマートシティのモデルが必要である。モロッコでは“Casablanca 2030 Smart City”というプラットフォームを通じてワイアレスを中心としたスマートシティ基盤の整備を行っている。(モロッコ・ハッサン二世大学)
- ・ 省エネルギーと自律的な仮想マシンマネジメントを実現する、“Snooze”という IaaS ベースのクラウドマネジメントソフトウェアを紹介したい。(フランス・INRIA)

- ・ 通信におけるインターネットのように世界規模での電力ネットワークを張り巡らせる「Global Grid」が進展し、遅かれ早かれ既存電力事業者に深刻なチャレンジをもたらすだろう。(ベルギー・リエージュ大学)
- ・ スマールセル(マイクロセル、ピコセル、フェムトセル)を活用したヘトログニアスネットワークは、ネットワーク容量を増加させエネルギー使用を減らすために有用であるが、マクロセルとの干渉防止やスマールセルの自己組織化等、周波数の効率的な使用が大きな課題である。
- ・ これを推進するためには、デジタルTVのホワイトスペースの活用が有用である。その際、数学の地図の色分け問題に倣い近隣セル間で使用周波数の調整を行うことが、エネルギー効率の向上に有用である。(ポーランド・ポズナン工科大学)
- ・ FP7のBuNGeeプロジェクトやABSOLUTEプロジェクト等の成果を踏まえると、コグニティブなスマールセルシステムを基に5Gのアーキテクチャを設計することは、エネルギー消費の削減に有用である。(英国・ヨーク大学)
- ・ 効率的かつ低コストの無線システムが求められる中、クラウドRAN(CRAN)と言われるコンセプトが議論されている。(フランス・テレコムブルターニュ)
- ・ 5Gにおいては4Gの50倍から100倍のエネルギー効率が求められるべきであり、5Gのデザインと運用の当初からエネルギー効率のための技術が組み込まれるべきである。その例としては、mmWave、Massive-MIMO、NOMA、C-RAN、Waveforms、Duplex、CoMPなどが挙げられる。(英国・インターデジタルヨーロッパ)
- ・ エネルギー効率に配慮したシステムとして、Large-scale distributed antenna system(L-DAS)を提案したい。(シンガポール・12R)
- ・ 電力消費モデルを用いた数学的な分析によると、Massive MIMOによりエネルギー効率を最大化できる。(Huawei フランス)

6. 所見：

「次世代グリーンワイアレスネットワーク」と題しているものの、必ずしもエネルギー消費という視点に捉われず、5Gに係る諸技術の研究開発状況について広く紹介があった。

依然として5Gの具体的なコンセプトや主たる要素技術は明らかとなっていないが、周波数の利用効率の向上や高周波数帯の利用などに係る技術の開発が、全体として、5Gの目指す、通信品質の向上、サービスの高度化、そして今回のワークショップの主題であるエネルギー効率の向上につながっていくという認識が広く共有されていると感じられた。

(以 上)

第四部 欧州の5Gに係る周波数割当に関する関心及び議論

5Gに期待されている性能の一つは高データレートの超高速通信であり、現在、様々な研究が実施されているが、周波数利用状況が混雑していることから、ミリ波等の6GHz以上の高い周波数帯の利用、そして、新しい周波数利用制度の策定が検討されており、周波数割当政策は5G実用化にとって非常に重要な側面である。5G向けの周波数利用割当が最終的に決定されるのは、2018年（あるいは、2019年）に行われる予定である世界電気通信連合（ITU）の世界無線通信会議（WRC）であるとされているが、現在、すでに世界各国の研究機関や通信事業者、機器ベンダ、周波数割当当局は各自検討を開始している。欧州でも状況は同じであり、特に2015年の世界無線通信会議後から、5G向け周波数割当の域内ハーモナイゼーションに関する議論が加速すると考えられている。以下に、まず欧州の研究者の周波数割当に対する関心、ついで欧州委員会が主催した5G向け周波数プランニングのためのワークショップにおける議論を欧州の5G向け周波数割当動向として紹介する。

第一章 欧州における5G研究者の周波数割当に対する関心

英サリー大学5GIC

サリー大学5GIC所長ラヒミ・タファズリ氏は、5G向け周波数割当と利用に関して、以下のように見通しと考えを述べている。

- 5Gが一気に導入されることはなく、2020年の時点では、3G、4~4.5G、5Gが併存する。
- 2020年頃には新しい規格のWiFiが5Gに融合し、5Gシステムの一部となる。
- 「1GHz以下」、「6GHz以下」、「センチ波、ミリ波」の3つの周波数帯に分けて、それぞれに適合した技術が採用されることになる。「1GHz以下」は、ルーラル地域のブロードバンドに利用可能である。「6GHz以下」は都市部のブロードバンド環境整備に活用される。ミリ波は2020年までの実用化は難しく、おそらく2025年ごろの実用化になる。センチ波は、12GHz、14GHz、16GHzなど様々な帯域の研究が行われているが、2015年世界無線通信会議（WRC-15）で方向性が見えてくる。
- 高い周波数帯域について、5GICでは、バックホールとフロントホールの両方について、60GHz帯のチャンネルマネジメントの研究を進めている。英国のように必ずしも十分に光ネットワークが普及していないところでは、無線によるバックホールが大きな意味を持つ。
- 特に6GHz以下の帯域について、5Gにシームレスに接続可能であるには、現在ネットワークのどのコンポーネントや周波数帯が使われていて、どこが使われていないかを特定する技術が必要であるが、その意味で、コグニティブ無線技術は、5Gの極めて重要な要素となる。
- 5Gを実現する上で、従来の排他的免許とは異なる周波数の共用を進めることは重要な課題であり、より柔軟な仕組みについて、英規制当局 OFCOM が通信事業者やその他の関係民間事業者と議論・検討を行っているところである。
- 排他的免許を改め周波数の共用を進めるためには、既存の免許人との利害調整を乗り越えなければならず、本件は、技術的な問題というよりは、政治的なまたはビジネス上のソリューションを模索するものと考えた方がよい。
- 共用化を実現するにあたり、周波数オークション的なプロセスが使われるかもしれないが、まだよく分からない。

- 周波数の共用に関する検討は、6GHz以下の帯域について行われるだろう。現時点でセンチメートル波以上の帯域を共用化する必要があるとは思わない。

仏テレコム・パリテック

テレコム・パリテックのマルソー・クープシュー氏は、5Gの周波数割当と利用に関して以下のように述べている。

- ・ LSA (Licensed Shared Access) が5Gに必須であるとは思わない。LSAは現在我々が研究しているトピックの一つであり、技術的な観点から言えば、周波数を効率よく利用する制度となりうる。しかし、実際の利用には法的側面の問題が生じる。
- ・ システム性能に関して、ミリ波 (特に28GHz帯) の研究を開始したところである。電子部品に係る研究に関しては、テレコム・パリテックの他の研究グループで行っており、我々は28GHz帯での通信の性能評価研究を実施している。

スウェーデン・エリクソン

エリクソンの Afif Osseiran 氏は、「次世代グリーンワイアレスネットワークに関する国際ワークショップ」で、5G向け周波数割当について、以下のように述べている。

- ・ 周波数については、低い周波数帯の空きは限られており、10GHzまでを活用することが必要である。また、ミリ波の活用が不可欠である。周波数割り当ての方法には、単体への免許、複数主体での共用を免許・認定、免許不要周波数帯の3つを組み合わせることになる。

以上のように、6GHz以上の高い周波数帯の利用に関しては、多くの研究者が必要不可欠と考えており、すでにミリ波等の帯域に関して研究開発を実施している。周波数利用制度に関しては、5G向けに、従来の排他的免許、無免許 (新型WiFi等)、周波数共用という三つを組み合わせることが検討されている。周波数共用は、技術的な問題というよりも、政治的、法的、またはビジネス上のソリューションの問題であるという考えがある。

第二章 5G向け周波数プランニングのためのEUワークショップにおける議論

2014年11月に、ブリュッセルで、欧州委員会の主催で、第1回5G向け周波数プランニングのためのEUワークショップが開催され、米国及び韓国の組織をゲストに迎え、欧州の通信事業者、機器ベンダ、周波数割当当局、研究機関がそれぞれの立場から5G向けの周波数割当に関して意見を述べ、討議した。以下に、まずワークショップの全体のポイントについて記し、ついで、視聴報告を収録する。

全体のポイント

- ・ 5Gの具体的な定義はまだない (欧州委員会を含めた多くのスピーカーの共通意見)。
- ・ 2020年代ごろには、現在の動画サービスだけでなく、モノのインターネット (スマートカー、スマートグリッドなど) の発展によりトラフィックが倍増する見込みであり、5Gはこの要求に対応しなければならない (多くのスピーカーの共通意見)。
- ・ 5G向けの周波数として、6GHz以上の帯域の利用が重要である。(多くのスピーカーの共通意見。韓国の韓国電子通信研究院、サムスン・エレクトロニクスはより具体的にミリ波帯の利用を強調した)。
- ・ 6GHz以上の帯域を利用するとネットワークの展開に多大な費用がかかるので、5G網ですべての人口をカバーすることは難しい (多くのスピーカーの共通意見)。

- ・ 都市部では高い周波数帯を利用して、5G 網を展開することが予想されているが、都市部外についてはまだ検討が進んでいない。この問題は、情報格差（デジタルデバイド）を引き起こす可能性がある（特に情報格差の問題に関しては、周波数割当所管機関が指摘した）。
- ・ 5G には LSA（Licensed Shared Access）等を利用した周波数のダイナミックな割当が必要であるとの意見もあれば（規制機関等の意見）、通信事業者に多くの周波数割り当てるべきであるという意見もある（ドイツテレコム、ノキア・ネットワークスの意見）。また、5G に連続した周波数帯のブロックを割り当てるべきかどうか、あるいは、それが可能かどうかという点についても議論された。これらの点に関しては、今後さらに検討されていくと考えられる。
- ・ ITU-R の 2015 年世界無線通信会議（WRC-15）では、LTE 向けの新しい周波数帯（6GHz 以下）の利用が特定対象とされているが、その後開催される WRC-18/19 では、5G に利用される可能性が高い 6GHz 以上の帯域が対象となる予定である。現在の段階では、6GHz 以上の帯域の利用に関しては、まだ研究や議論が成熟していない。
- ・ 欧州郵便電気通信主管庁会議によれば、WRC-15 の終了直後から、欧州は 5G 向けの周波数割当のハーモナイゼーションのために、WRC-18/19 に向けて動き出す予定である。
- ・ 世界電気通信連合無線通信部門の「WP5D」という IMT 向け周波数割当を対象とする作業部会は、現在、「2020 年、またそれ以降の IMT の将来的な発展のフレームワークと全目標」という勧告を作成中であり、2015 年 6 月発表予定である。
- ・ 韓国から、韓国電子通信研究院とサムスン・エレクトロニクスが参加しており、5G 研究開発に関して欧州と韓国の緊密な関係が伺える。

第 1 回 5G 向け周波数プランニングのための EU ワークショップ（聴講報告）

1. 日時：2014 年 11 月 13 日（木）午前 9 時 15 分～午後 5 時
2. 場所：ブリュッセル（ベルギー）
3. 主催者：欧州委員会コネクスト総局
4. 聴講者：ONOSO 研究員・小野

A. ワークショップの概要

同ワークショップは、2020 年 5G 実用化に向け、特に周波数割当についてステークホルダーが集まり、意見交換し、討議するため、欧州委員会コネクスト総局（DG CONNECT）により主催された。ゲストスピーカーのプレゼンテーションを挟みながら、午前はより一般的な観点から、午後はより専門的な観点（技術と規制）から、プレゼンテーション及びパネルディスカッションが行われた。今回は、第一回目の 5G 向け周波数割当に関するワークショップであり、欧州内での周波数割当のハーモナイゼーションの出発点となるイベントであった。

スピーカー参加者としては、欧州の研究機関（英サリー大学）、大手通信事業者（ドイツテレコム、仏オレンジ）、機器ベンダ（スウェーデン・エリクソン、フィンランド・ノキアネットワーク）、シンクタンク（独 Wik コンサルト）、欧州諸国の周波数割当所管機関（仏 ANFR、英 OFCOM、スウェーデン・PTS）、放送事業者団体（欧州放送連合）のほか、アメリカの米連邦通信委員会（FCC）、韓国の韓国電子通信研究院（ETRI）とサムスン・エレクトロニクスが参加した。午前の部で、ANFR と OFCOM の代表者は、それぞれ欧州郵便電気通信主管庁会議（CEPT）の電子通信委員会（ECC）と世界電気通信連合無線通信部門（ITU-R）の合同タスクグループ（JTG 4-5-6-7）でチェアマンのポストにいることから、CEPT と ITU の 5G 周波数割当に関する活動とパースペクティブについて述べた。エリクソン社からのスピーカーは、「デジタルヨーロッパ」という欧州のデジタル産業団体の理事長も兼ねており、ワークショップでは

産業団体の観点からプレゼンテーションを行った。欧州の研究開発機関からは、サリー大学がスピーカーとして参加した。以上のように、同ワークショップでは、さまざまな組織の周波数割当政策担当者がそれぞれの観点から 5G 周波数割当について意見を述べ、討議した。

B. ワークショップの内容

以下、参加スピーカーのプレゼンテーションの内容について簡単に記す¹⁹。

1) 午前オープニング

欧州委員会コネクト総局副総局長 : Roberto Viola

EU では、新たに 11 月に欧州委員会が組織されたところであり、本ワークショップは非常にタイムリーである。欧州内で周波数政策を調整することは非常に重要であり、EU 単一市場の形成にも貢献する。欧州が周波数政策に関して、世界のリーダーになることを目指したい。

5G とは何かという問いに答えることは難しい。5G では伝送速度、接続のクオリティが上昇するだろう。また、5G は一つの技術ではなく、5G には多くの技術がブレンドされ、様々な周波数が利用されるだろう。5G においては、シームレスな接続、スモールセルやナノセルの利用、コグニティブ無線などによる周波数共有が重要な点である。

欧州委員会は、産業界と一緒に 5G-PPP を創設している。5G-PPP は 5G の官民パートナーシップとしては世界で一番大きい。ホライズン 2020 を通した 5G-PPP の公募は、2 週間後に締め切られる (2014 年 11 月 25 日が締切日)。

2) EU パースペクティブから予期される 5G 向け周波数要求 (パネルディスカッション)

ドイツテレコム周波数政策副長 : Karl-Heinz Laudan

モバイルは進化し続けており、LTE とスマートフォンの後では、スマートカーなども含めたモノのインターネットが実現する。2020 年のモバイル利用ケースは、動画だけではなく、ライフログ (life logging)、体調管理、ウェアラブルデバイス、モバイルウォレットなどが考えられる。5G の特徴は、圧倒的な伝送速度、ユビキタスなモノとの通信、クラウドサービス、ユーザ経験の向上、リアルタイムでの信頼可能な接続である。

5G では、2G、3G、4G の全ての周波数が最終的に利用されることになる。WRC-15 においては、LTE のために利用される新しい帯域が特定される。5G 向けの新しい周波数帯域 (6GHz 以上など) については、WRC18/19 で利用が決定される予定である。5G に関しては、より多くの周波数が移動通信事業者に割り当てられ、ASA/LSA (Authorized/Licensed Shared Access) はトラフィックをサポートする補完的役割を担うものと考えられるべきである。免許が必要な周波数が顧客に QoS を提供するキーである。6GHz 以上の帯域に関しては、ウルトラスモールセルの利用が考えられ、これにより伝送速度が上昇する。

デジタルヨーロッパ会長・エリクソン欧州関係室長 : Peter Olson

以下、デジタルヨーロッパは 4 点を推奨する。1) WRC18/19 において、移動通信サービス向けに周波数が追加割当され、5G を可能にする IMT 向けに周波数が特定されるために、欧州共通提案 (European Common Proposal) を通し、WRC18/19 向けのアジェンダをサポートすること。2) EU の周波数政策プログラム (Radio Spectrum Policy Programme) の第二段階において、5G 向けの 6GHz 以下と以上の帯域の周波数を検討すること。3) CEPT 内で、6GHz 以上の周波数に関して、その利用、将来的なニーズ、傾向に関して調査すること。4) 将来的な IMT ビジョンを与

¹⁹ プレゼンテーションの概要について大まかに記した。

えるWRC-15のため、ITU-R WP5D²⁰の活動をサポートすること。

欧州放送連合 技術&イノベーションシニアプロジェクトマネージャー : Darko Rakaj

過去において、放送はラジオとテレビのみであったが、現在、コネクトテレビが登場し、また、HD と UHD と映像のクオリティが向上している。放送部門における 5G の役割はまだ定ま
っていないが、他の配信方法に取って代わること、新しいサービスを提供することは可能である。

WIK コンサルタント : J.Scott Marcus

WiFi と 4G のユーザでは、インターネット利用のしかたが異なる。多くの人がインターネットを家で使い、また利用するアプリケーションによって、接続するアクセス網を変えている。なお欧州国では、プライベート WiFi を利用する人が多い。5G においても、周波数免許なしで利用できる WiFi は重要である。

5G では 6GHz 以上の帯域が使用される可能性がある。この帯域はネットワークを展開するためのコストの問題があるが、同時に信号の減衰 (signal attenuation) がより高い。

現在、WiFi とモバイルスモールセルサービスの両者を提供する公共ホットスポットが増加しているが、5G はこのような高い周波数帯での公共ホットスポットでの利用に適している。また、コストがかかるので、6GHz 以上の帯域を利用し、5G ですべての人口をカバーすることは難しい。したがって、長期間において 5G と 4G を共存させるか、小さく、低い帯域で、遅い速度で 5G サービスを提供する必要がある。

CEPT ECC チェアマン・仏 ANFR 周波数プランニング・国際関係局長 : Eric Fournier

CEPT のパースペクティブについて : 5G には、標準化と周波数ハーモナイゼーションに非常に時間がかかる。WRC-18/19 の後に、5G についてのコンセンサスが形成される。WRC-18/19 において、5G 向けの周波数ニーズを正当化する産業界からのインプットが必要である。欧州は WRC-18/19 向けの準備は WRC-15 の直後に開始されるが、この準備においては産業がキーである。

ITU-R JTG 4-5-6-7 チェアマン及び英 OFCOM 周波数政策プロジェクト局長 : Martin Fenton

ITU-R のパースペクティブについて : WRC-15 では 6GHz 以下の帯域を対象としているので、WRC-15 は 5G の周波数割当を直接対象としていない。だが、WRC-15 で決定される周波数はどれも 5G を含むモバイルブロードバンド技術のサポートと発展に利用される。5G に利用が提案されている高い周波数に関しては、現在、WRC で検討されるほどには研究や議論が成熟していない。

ITU-R の合同タスクフォース (JTG 4-5-6-7) では、470MHz から 6425MHz 帯におけるモバイルと他のサービスの共存について研究している。

ITU-R の WP5D は、「2020 年、またそれ以降の IMT の将来的な発展のフレームワークと全目標」という勧告を作成中であり、2015 年 6 月発表予定である。現在、5G の 8 つのキー能力 (ピークデータレート、ユーザに経験されるデータレート、レイテンシ、モビリティ、接続密度、エネルギー効率、周波数効率、トラフィック容量密度/エリアトラフィック容量) と、3 つの利用シナリオ (強化されたモバイルブロードバンド、超信頼可能・低レイテンシ通信、マシントマシ通信) について同意されている。

²⁰ ITU-R の WP5D は IMT の周波数割当を所管する作業部会である。

<http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/Pages/default.aspx>

5Gには少なくとも1GHzの帯域幅が与えられるべきであり、10GHz以上の周波数帯の割当が必要である。

産業は5Gによる情報格差について配慮すべきである。5G網は都市部では展開されるだろうが、都市部外ではどのように展開するか検討する必要がある。

6GHz以上の帯域については、割り当てられる周波数帯（最大と最小）、割り当てられる周波数帯の連続性（連続したブロックか否か）、地理的可能性、規制法について検討すべきである。

3) キーノートプレゼンテーション

サリー大学 5G イノベーションセンター長 : Rahim Tafazolli

5G イノベーションセンター (5GIC) では、同センターの創設メンバーとともに 5G ビジョンを構想している。5GIC のミッションは、5G について学際的な研究を行うことであり、5GIC が産業と研究機関による提携研究のモデルになればよいと考えている。5GIC の研究活動は、5G の標準化と規制法の策定に影響する。

5G は 2040 年ぐらいまで利用される。5G では、人だけではなく、モノとモノが接続する。これまで (1G から 4G まで) はマクロセルから出発して、スモールセルを利用していたが、5G においてはスモールセルでの展開から始める。

4) 5G 周波数の必要性和利用条件 – 技術・規制の側面 – (パネルディスカッション)

OFCOM : Chris Woolford

5G のために連続する大きな周波数ブロックを見つけるのは難しい。都市部では高い周波数を利用するとして、都市部外ではどのようにネットワークを展開するのか検討しなくてはならない。情報格差をどのように防ぐかが問題である。

現在の 1GHz 以下の割当は 5G に適しているか検討する必要がある。適していないとすれば、トレーディングや自由化の必要があるが、その場合、規制当局の介入が必要になる。

PTS : Ylva Mälarstig

5G とはツールボックスであり、これにより通信事業者は新しい市場に対応できるようになる (モノのインターネット、スマートグリッドやスマートメーターなど)。

5G で、都市部と都市部外のあいだで情報格差が起こる可能性がある。

規制機関は 5G の実用化のために、2020 年までに周波数を利用可能にすることを務めとし、周波数割当のハーモナイゼーションは今から開始しなければならない。また、周波数共用や周波数利用免許の免除などの周波数割当方法について検討する必要がある。

ノキア・ネットワークス : Anne Leino

5G 向けに 6GHz 以上の周波数帯の利用をハーモナイズすることが必要であり、少なくとも 300MHz 分の連続したブロックを通信事業者に与えることが必要である。こうすることにより、10Gbit/s まで最大伝送速度を上げることが可能になる。分断された周波数帯はコスト、サイズ、機器のパフォーマンスの面で不利である。6GHz 以上の帯域を 5G に割り当てることは必要であり、多くの利点があるが、難点もある (広いエリアをカバーしない)。

サムスン・エレクトロニクス : Howard Benn

ミリ波は 5G ネットワークで超高速通信を実現する唯一の帯域である。

C. 所見

ワークショップにおいて、各スピーカーはそれぞれ組織を代表して、5G 向け周波数割当のパ

ースペクティブを述べるとともに、問題を提起し、討議を行った。現段階では、6GHz 以上の帯域を 5G に利用することが共通意見としてあるものの、5G に連続した周波数ブロックを与えるべきどうか、情報格差は生じないか、LSA を適用するかどうかなど、数多くの問題が検討事項としてあることが分かった。今後、欧州内での 5G 向け周波数割当のハーモナイゼーションについての議論が本格化し、特に ITU の WRC-15 後に加速していくと考えられる。

(以上)