

欧州の新世代ネットワーク関連機関の研究開発動向とテスト  
ベッド上での実証動向の調査報告書

(概要)

情報通信研究機構 欧州連携センター

平成 26 年 7 月 11 日

## 第一部 欧州委員会の新世代ネットワーク・将来ネットワークの研究開発及びテストベッドでの実証実験に係る取り組みの動向

### 欧州委員会の取り組み

- ・ ネットワーク技術及びテストベッドに関する欧州委員会の取り組みにおいて、最も注目される最新の動向は、5G 技術開発に係るものである。
- ・ 2013 年 12 月に、通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局（通称:CONNECT 総局）トップのネリー・クルース欧州委員会副委員長は、官民研究パートナーシップ協定である 5G Infrastructure PPP（以下、5G-PPP とする）の創設に署名し、これにより、EU は 7 年間の欧州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 研究開発に総額 7 億ユーロを拠出する予定である。5G-PPP は、通信網の分野における EU の競争力を強化し、雇用を安定させる狙いがあり、産業をその原動力とする。
- ・ 現在、欧州委員会は非欧州国との 5G 研究開発に係る議論、そして、協定の締結に力を入れている。その先駆けとして、2014 年 6 月 16 日に、政府レベルの協力として、欧州委員会の通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局と韓国の科学・ICT・将来計画省が、IoT、クラウド等について ICT 協力ワーキンググループを設置すること、5G の技術・標準・周波数分野で協力すること、産業協力活動をサポートすることを宣言した。翌日 6 月 17 日には、産業レベルの協力として、5G インフラストラクチャ協会と 5G フォーラムが、5G のビジョン、要件、システムコンセプト、周波数、世界標準の準備のために MoU を締結した。
- ・ 5G 技術の研究開発の他、将来ネットワークの開発に不可欠なテストベッドの研究に関しても、欧州委員会は非欧州国との連携を強化している。韓国とは FP7 の FIRE 枠で SmartFIRE プロジェクト、ブラジルとは FP7 の EU-ブジラル共同公募枠で FIBRE プロジェクト、中国とは FP7 の FIRE 枠で EU China FIRE プロジェクトを欧州委員会は実施している。中国とのプロジェクトは EU 側が予算をほぼ拠出しており、今後の共同研究に向けた EU 側からのアプローチと見られる。

### 第七次枠組計画とホライゾン 2020 におけるネットワーク技術とテストベッドの研究開発への助成動向

- ・ FP7 では、目標 1.1 の「将来ネットワーク」という公募枠で、ネットワーク技術に係る研究プロジェクトが募集され、7 年間（2007 年から 2013 年）の期間で、152 プロジェクトが助成されている。予算に関しては、6 億 5000 万ユーロが EU より支給されている。研究・実験テストベッドに関しては、目標 1.6（もしくは目標 1.7）の FIRE（Future Internet Research&Experimentation）で、7 年間で 61 プロジェクトが募集された。
- ・ ホライゾン 2020 ICT 作業プログラムにおける 2014 年度分の公募の多くは、2014 年 4 月 23 日に締め切られるが、5G 向けの ICT-14 の公募締め切りは、2014 年 11 月 25 日である。
- ・ ネットワーク技術に関しては、「ICT5: スマートネットワークと新型インターネットアーキテクチャ」（予算: 2400 万ユーロ: 応募内容: ICN（Information Centric Networks）、NDN（Named Data Networking）、PSN（Publish Subscribe information Networking）、DTN（Disruption Tolerant Networking）等の研究、IP 網を超える技術）、「ICT6: スマート光・無線ネットワーク技術」（予算: 3000 万ユーロ: 応募内容: 光網、フェムトセルによる新しいネットワーク資源のコントロール、コグニティブ無線、90GHz までの高周波利用による周波数有効技術、地上と衛星通信の結合）、「ICT14: 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」（予算: 1 億 2500 万ユーロ）という公募枠が設置されている。情報通信研究機構（当機構）でも研究が進められている ICN は、ホライゾン 2020 の ICT 作

業プログラムではICT-5 で、また、周波数有効技術に係る研究は、ICT-6 で募集されている。5G向けに公募枠が設けられ、予算額（1億2500万ユーロ）も大きく、欧州委員会の同技術に関する関心の強さが伺える。なお、ICT-14 では、5G技術向けのテストベッドの研究開発へも助成される。

- ・ 研究・実験テストベッドに関しては、新たに「ICT11: FIRE+」（予算：3150万ユーロ：応募内容：移動通信と無線通信、クラウド、周波数、フォトニクス、IoT、分散サービスプラットフォーム、センサー向けの実験インフラストラクチャ、GÉANT へのアクセス、EaaS（Experimentation-as-a-Service）と仮想的実験（Virtual Experimentation））という枠が設置されている。
- ・ 欧州委員会の発表では、現在（2014年7月）、ICT-5には37プロジェクト、ICT-6には88プロジェクトが応募され、各プロジェクトの予算平均は300万ユーロであった。ICT-5への応募では、ICN（Information Centric Networking）関連のプロジェクトもいくつか応募されていたが、SDNとNFVに係るプロジェクトが多かった。ICT-6への応募では、250GHz帯までのミリ波を開拓するプロジェクトの応募が増えており、5Gでのバックホールへの利用が考えられている。

## 第二部 欧州における新世代ネットワーク・将来ネットワーク及びテストベッドの研究開発組織とパートナーシップの動向

### 5G-PPP

- ・ 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）が見込まれている。5G-PPPは欧州産業に第五世代移動通信技術標準（5G）の開発に取り組みせ、5G標準の本質的特許（Standards essential patents）の少なくとも20%を開発することを目標にしている。欧州委員会とPPPの協定を締結するために創設された団体、5Gインフラストラクチャ協会のメンバーは、5G向けに新設されたETPの運営委員会メンバーであり、欧州の大手通信事業者とIT機器ベンダー、研究開発機関、中小企業がメンバーとして加入している。だが、欧州の有名な研究機関（独フラウンホーファー協会や仏鉱業・テレコム研究院等）は参加していない。また、非欧州国からは、日本、韓国、中国、アメリカの企業が参加している。
- ・ 5G-PPPのプライベート側の組織である5Gインフラストラクチャ協会に参加する多くの組織はFP7 METISプロジェクトにも参加しており、同プロジェクトは5G-PPPと関係が深い。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（フィンランド）、アルカテルルーセント（フランス）、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）であり、欧州の主要通信事業者とベンダーがそろって参加している。従って、METISプロジェクトは5G-PPP、ひいては、欧州の5G研究開発に大きな影響を与える可能性があると考えられる。
- ・ 5G-PPPが掲げる5GのKPIは、以下の7点である。
  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
- ・ 5G-PPP は、将来インターネットのプラットフォームやサービスの研究開発に焦点を当てた FI-PPP とは補完的な関係にある。FI-PPP 等におけるサービス開発の進展は、インフラストラクチャの改善の必要性を加速させており、5G のような先端ネットワークが必要である。FI-PPP と 5G-PPP は、将来インターネットにおける欧州のリーダーシップという同じ 1 つの目標を目指す 2 つの欧州のイニシアチブである。
- ・ 5G-PPP は欧州委員会が 5G 研究開発政策の中心に据える取り組みであるが、研究者側から懸念がないわけではない。ヒアリング調査を実施した仏 UPMC LIP6 の研究者（テストベッドの研究開発が専門）は、FI-PPP の経験から 5G-PPP に疑念を抱いている（同研究者によれば、FI-PPP のプロジェクトの一つである FI-WARE では、各組織間の競争がなく、研究成果が乏しい）。

#### ダンテ・テレナ・サーフネット・ノールデュネット

- ・ ダンテ (Dante : Delivery of Advanced Network Technology to Europe) は、1993 年以來、研究・教育機関向けに汎欧州研究ネットワークを提供している。ダンテは民間の非営利団体であり、欧州諸国の国立研究・教育ネットワーク (NREN : National Research and Education Networks) によって形成されたネットワークである。本拠地は英国のケンブリッジにあり、人員数は約 70 名である。
- ・ テレナ (TERENA : Trans-European Research and Education Networking Association) は、研究・教育のコミュニティにより利用されるインターネット技術、インフラストラクチャ、サービスの開発を強化するために、提携し、技術革新を行い、知識を共有するためのフォーラムである。テレナには各国から多くの組織 (国際機関の他、欧州国及び欧州国の通信事業者、大手ベンダー、インターネットサービス事業者等) が参加しており、EU 加盟国の組織に限られない。また、テレナに参加する一定の機関は、ダンテにも属している場合がある。テレナの人員は 22 名で、2013 年度の予算は約 300 万ユーロである。
- ・ サーフ (SURF) は、1986 年に設立されたオランダの NREN であり、国内で高等教育・研究向けの ICT インフラストラクチャの開発と運営を行っている。サーフの内部組織であるサーフネットは、高等教育・研究機関及びベンダーと提携して、革新的な ICT ソリューションを開発し、また、新しいアプリケーションのテストを行う施設を提供している。サーフの本拠地はオランダ・アムステルダムであり、全人員は 138 名で、2013 年の収入は 3270 万ユーロである。
- ・ ノールデュネット (NORDUNET) は、5 つの北欧諸国の NREN の共同インフラストラクチャである。参加組織はデンマーク・DeIC、フィンランド・Funet、アイスランド・RHnet、ノルウェイ・Uninett、スウェーデン・SUNET である。本拠地は、スウェーデンのストックホルムにある (北欧大学ネットワークオペレーションセンター)。2013 年 12 月には、ノールデュネットはサーフネットとともに、100Gbps のアムステルダムとロンドン間に光網を展開することに成功した。2013 年初頭から、ノールデュネットとサーフネットは欧州とアメリカの大陸間に 100Gbps ネットワークを展開するプロジェクト「ANA-100」に参加し、サーフネットが伝送機器を提供し、ノールデュネットが光網の整備に従事していた。

### フェリックスプロジェクト及びオープンデイルイトプロジェクトへの欧州参加組織

- ・ フェリックス (FEderated Test-beds for Large-scale Infrastructure experiments : FELIX) は、日本と欧州の実験施設を将来インターネットで接続するため、共通のフレームワークを開発することを目指すプロジェクトである。日本からは産業技術総合研究所と KDDI が参加している。欧州側参加組織は、PSNC(ポーランド)、ネクストワークス (イタリア)、i2CAT (スペイン)、サーフネット (オランダ)、EICT (独)、iMinds (ベルギー) である。
- ・ オープンデイルイトプロジェクトは、リナックスファウンデーション (米に本拠地) が主催する共同プロジェクトの一つである。この共同プロジェクトでは、民間ベンダーや ICT サービス企業に特定のソフトウェアの開発と利用を振興する組織的な基盤を与えているが、オープンデイルイトプロジェクトは、SDN の実現と NFV (Network Functions Virtualization) に確かな基礎を与えるネットワークプログラムアビリティのためのオープンプラットフォームを開発することを目的としている。プロジェクトに参加している非米組織は、スウェーデン (エリクソン)、フランス (6WIND、QOSMOS)、ドイツ (ADVA)、日本 (富士通、ミドクラ)、中国 (HBC、ファーウェイ、ZTE) である。

### 第三部 欧州における新世代ネットワーク・将来ネットワークの研究開発及びテストベッドでの実証実験に係るプロジェクトの動向

#### FP7 の METIS と TROPIC

- ・ FP7 の METIS プロジェクト (研究期間: 2012 年 11 月-2015 年 4 月・プロジェクトコーディネーター: エリクソン) は、FP7 の 5G 研究プロジェクトの中でも、全予算 2600 万ユーロ以上、約 30 参加組織という超大型プロジェクトであり、非常に注目が集まっている。同プロジェクトには、欧州の大手通信事業者 (ドイツテレコム、フランステレコム、テレコムイタリア、テレフォニカ)、研究開発組織 (フラウンホーファー協会、鉱業・テレコム研究院など)、大手ベンダー (エリクソン、ノキア、アルカテルルーセント) の他、NTT ドコモ、ファーウェイ技術も参加している (NTT ドコモは同社の欧州子会社だけではなく、日本企業として参加)。その上、世界的な自動車企業 BMW (独) も参加しており、5G の自動車サービスの研究及び商用化が積極的にプロジェクト内に取り込まれていることが分かる。METIS の主な目標は、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である。そして、同プロジェクトはプレ標準化と規制立法プロセスに貢献し、移動・無線通信分野における欧州のリーダーシップを確立することを目指している。METIS プロジェクトは、現在、欧州における 5G のビジョンや要件に影響を与える可能性があり、実際に影響を与えていると言える。なぜなら、METIS プロジェクトに参加している多くの通信事業者と IT 機器ベンダーが、5G 向けの ETP 運営委員会、そして、5G インフラストラクチャ協会のメンバーであるからである。従って、METIS プロジェクトと 5G-PPP は深いつながりを持つ。
- ・ なお、2014 年 6 月末に開催された欧州ネットワーク・通信会議 (EUCNC) における METIS プロジェクトのコーディネーターの発言によれば、5G 技術としては、SDN と NFV の開発を進めるとしている。
- ・ TROPIC プロジェクト (全予算: 458 万 1178 ユーロ・11 参加組織・研究期間: 2012 年 9 月-2015 年 2 月・プロジェクトコーディネーター: カタルーニャ工科大学 (スペイン)) は、アプリケーション、サービスの仮想化と配信向けにフェムトセルネットワークとクラウドコンピューティングのパラダイムを融合させることを目標としている。同プロジェクトは、フェムトセルにより周波数の有効利用を促進するとともに、フェムトセルにクラウドコンピューティング機能を装備させることによって、エネルギー消費の大幅な削減を目指して

いる。2013年2月の欧州委員会の報道発表では、TROPICはMETISと並んで、5Gに必要なアーキテクチャと機能に係る研究プロジェクトの一つとして挙げられているものの、5G技術の開発だけでなく、現行の4Gをより展開させる面も備えており、現段階が4Gから5Gへの過渡期にあることを反映したプロジェクトである。

#### FP7 の OPENLAB ・ FED4FIRE ・ CI-FIRE

- OPENLAB プロジェクト（全予算 737 万 431 ユーロ・20 参加組織・研究期間：2011 年 9 月-2014 年 2 月・プロジェクトコーディネーター：UPMC（仏））は OneLab 施設を拡張させ、PlanetLab、そして、ワイヤレスや IoT（モノのインターネット）向けのテストベッド等、ヘテロニアスなテストベッドを連合させることを目標としている。
- FED4FIRE プロジェクト（全予算 1085 万 1133 ユーロ・17 参加組織・2011 年 10 月-2016 年 9 月・プロジェクトコーディネーター：iMinds（ベルギー））では、実験管理、モニタリング等、様々な用途に合わせた共通ツールを開発することによって、複数のテストベッドを連合させるフレームワークを開発している。現在、17 のテストベッドが FED4FIRE に参加している。非欧州国からは、オーストラリアの NORBIT テストベッド、韓国の KOREN テストベッド、アメリカのスタンフォード光学アクセステストベッドが参加している。API を試験的に利用して、後に不具合等を報告してもらうため、研究パートナーを公募しており、現在、2 回目の公募が実施されている（公募期間：2014 年 5 月～7 月）。なお、FED4FIRE で開発したツールは無料で利用でき、実際にダンテ等が利用している。
- CI-FIRE（全予算 60 万 4984 ユーロ・5 参加組織・2013 年 10 月-2015 年 3 月・プロジェクトコーディネーター：EURESCOM（独））では、テストベッドの研究開発と利用、そして、維持のためのビジネスモデルの構想と実施等について研究している。

#### ANA100G

- ANA100G（Advanced North Atlantic 100G）パイロットプロジェクトは、100Gbps で北米と欧州を結ぶ研究・教育向けネットワークで、新しいアプリケーション、リソース、モニタリング技術、SDN のような最新技術の開発とテストに実施することを目指している。ANA100G には、米欧の組織（欧州側：ノールデュネット、サーフネット、GÉANT）と米ベンダー2社（Ciena とジュニパー）も参加しており、官民共同のプロジェクトである。ANA100G によって、新しいネットワークアプリケーションやアーキテクチャの他、データを利用する科学、高エネルギー物理学、電波天文学、遺伝学における発見を加速させることが見込まれている。

#### 第四部 国際電気通信連合と欧州電気通信標準化機構における SDN と NFV の標準化動向

- SDN（Software-Defined Networking）は、5G の中核となる技術として世界的に注目を浴びており、国際電気通信連合（ITU）では、2012 年 11 月に開催された世界電気通信標準化会議で「ITU-T における SDN（Software-Defined Networking）向け標準化作業」に係る規則 77 を採択して以来、SDN の標準化作業を加速させている。2013 年 6 月には、「SDN 共同調整活動（JCA-SDN：Joint Coordination Activity on Software-Defined Networking）」が設立されている。JCA-SDN の役割は、SDN の標準化作業の調整を行うことであり、ITU-T SG11 及び SG13（ITU-T Study Group）等を特に支援する。SG13 は、2014 年 2 月の会合後に、ITU-T Y.3300「SDN のフレームワーク」勧告を発表しているが、この勧告は、ITU-T SDN 標準の最初の承認であり、SDN 標準の更なる研究のための基礎を与えている。
- 欧州の電気通信部門の標準化段階である ETSI では、SDN と関係が深い NFV の標準化のため、NFV ISG（Industry Specification Group）を設立し、2013 年 1 月に ETSI 本部があ

るフランスのソフィアアンチポリスで第一回会合を開催している。NFV ISG のメンバーには、世界各国の通信事業者や機器ベンダーが入っている。2013年10月に、ETSIはNFV ISGとの協力の下、NFVの最初の仕様を発表している。2014年3月には、オープンSDNとOpenflow技術及び標準を振興するオープンネットワークング財団(ONF)とETSIがNFVとSDNの標準化に関して、戦略的パートナーシップ協定を締結している。ETSIとONFは、SDNによるNFVの展開を進めて行く方針である。

## 第五部と第六部

第五部と第六部にはそれぞれ、第1回将来インターネットに関する欧州会議(ECFI)と欧州ネットワーク・通信会議(EUCNC)への視察レポートを収録した。特に欧州ネットワーク・通信会議では、5Gについて多くの時間が割かれ、まさに5Gのための会議という様相を示していた。

- ・ ファーウェイ(中)とサムスン(韓)が5Gのビジョンと研究開発状況を示し、中国と韓国は同会議において存在感を示していた。
- ・ 特に、5Gビジョンとして、伝送速度の増加の他に、レイテンシ(遅延時間)の減少、D2D(デバイス間)通信によるネットワークの分散化、エネルギー消費の向上、周波数有効利用のためのスモールセルとミリ波等の高周波の利用、SDN(ソフトウェア定義ネットワーク)とNFV(ネットワーク機能仮想化)の展開、モノのインターネット(特に、車載技術)の実現に言及する組織が多かった。
- ・ 5Gの主なタイムラインとしては、2020年:5G商用化、2019年:世界無線通信会議(WRC)(5G周波数割当)、2016年ぐらいから標準化活動開始、2015年:WRC(5G周波数割当の準備)とされ、2014年と2015年は共同研究開発の期間と全般に考えられている。
- ・ 英国のサリー大学には、5G開発を実施する「5Gイノベーションセンター」という研究機関が設置されており、5G-PPPとはまた別の枠組みで独自に研究開発を実施している。同研究機関には、英規制当局OFCOMも参加し、日本からはソニーと富士通が参加している。