

第4部

特集4 WIDE Mobile

浅井大史

第1章 はじめに

無線通信技術の発展により、無線LANや携帯電話回線により1Gbps超の高速移動通信が実現されつつある。特に、日本でも2020年より商用サービスが開始され始めている第5世代移動通信システム(5G)は、大容量・低遅延通信を実現する新しい通信規格として大きな注目を集めている。また、多元接続技術の発展により、Internet of Things (IoT)などモノの通信への応用も期待されている。さらに、基地局・コアネットワーク技術のオープン化により、ローカル5Gと呼ばれるモバイル通信キャリアに依存せずに設置・運用される5Gシステムについても期待が高まっている。

2020年3月のWIDE Project春の研究会にて、『手作りモバイルネットワークの設計・運用から次世代ネットワークの検討』と題したハッカソン・アイデアソンを開催した。このハッカソン・アイデアソンでは、WIDE Projectメンバーにゲストを交えて、オープン化が進む5Gシステムを設計・構築・運用することで5Gを中心とした移動通信システムのアーキテクチャやシステムについての理解を深めることを目的として提案した。COVID-19の影響によりオンライン開催となったため、構築を行うことが困難となったため、技術的動向に関する情報共有および調査を行った。また、WIDE Projectとして取り組むべき課題について議論した。現在は、ハッカソン・アイデアソンで出た議論を元に課題を整理し、WIDE Mobileワーキンググループ(仮称)の設立を目指している。本稿では、本ハッカソン・アイデアソンを中心に活動報告する。

第2章 第5世代移動通信システム5Gの特徴

まず、本稿で報告するWIDE Project春の研究会にて主に議論された第5世代移動通信システムである5Gについて概説する。

5Gの特徴は、高速大容量(eMBB: enhanced Mobile Broadband)、超高信頼低遅延(URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communications)、多数端末接続(mMTC: massive Machine Type Communications)の3つの機能がある。これらの機能は3GPP (Third Generation Partnership Project)のRelease 15として規格化され、以降のリリースでも継続的に技術拡張が行われている。

2.1 5Gにおける無線通信技術の進化

無線通信技術から見た5Gの大きな特徴のひとつは、高速大容量の通信を実現するために4Gまでの移動通信システムでは採用されてこなかった新しい電波周波数帯(NR: New Radio)として高周波数帯のミリ波(mmWave)を採用している点が挙げられる。代表的なNR周波数帯としては、28GHz帯が使われている。これにより、ベースバンドの帯域幅を広く取ることができ、高速大容量な通信を実現できる。また、4GであるLTE-Advancedと比較して、変調方式が64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) または256 QAMから1024 QAMと高密度化され、シンボルあたりのビットレート向上を実現している。また、MIMO (Multiple Input Multiple Output) 技術についても、LTE-Advancedでは8x8 MIMOであったが、5GではMassive MIMOと呼ばれる、最大で128本のアンテナを用いたMIMOがサポートされるようになった。端末(UE: User Equipment)に備えられたアンテナの数は少数であるため、このMassive MIMOを有効に活用するため

に、MIMOストリームを複数のUEで共有するMU-MIMO (Multi-User MIMO)と呼ばれる技術も導入されている。

超高信頼低遅延通信について、4G/5Gの多重化方式であるOFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)のサブキャリア間隔を複数サポートしており、図1に示すように、このサブキャリア間隔を広く取ることでシンボル長を短くでき、低遅延の通信が実現できる。また、データのシンボル数減らすなどで低遅延を実現する方法も規格化されている。

2.2 Standalone (SA) と Non-standalone (NSA)

5GにはStandalone (SA)およびNon-standalone (NSA)の2つのモードが存在する。SAは移動通信システム全てを5G技術で構築するモードである。一方、NSAは、コアネットワークおよびコントロールプレーンに4Gの技術を用いるモードである。NSAでは、コントロールプレーンの制御信号に4Gの技術を用いるため、5G NRを使うためにも4Gの電波が必要となる。

4Gインフラを持つ通信キャリアでは、5Gの導入において既存の4Gのコアネットワークや基地局が使えるためNSAモードが広く採用されている。しかし、ローカル5Gのように新しい設備を設置する場合にNSAモードで構築するには、4Gの周波数帯やコアネットワークが必要と

なる。ローカル5GをNSAモードで実現する方法としては、日本では地域広帯域移動無線アクセスシステム(地域BWA)の周波数帯(2575-2595MHz)を使うことも考えられるが、こちらの周波数帯は都市部では多くの場合、既に割り当て済みであり、ローカル5GをNSAで使用することは困難であると考えられる。そのため、特にローカル5GではSAに注目が集まっている。

第3章 ハッカソン・アイデアソンでの議論

2021年3月に開催されたWIDE Project春の研究会において開催した本ハッカソン・アイデアソンでは、『手作りモバイルネットワークの設計・運用から次世代ネットワークの検討』でゲストを含めた参加者間で、技術的動向に関する情報共有および調査、取り組むべき課題について議論した。

まず、参加者の興味を聞いたところ、以下の項目が挙がった。

- 全体構成
- パケット処理
- 交通信号機5G
- 5Gネットワークセキュリティ
- SRv6

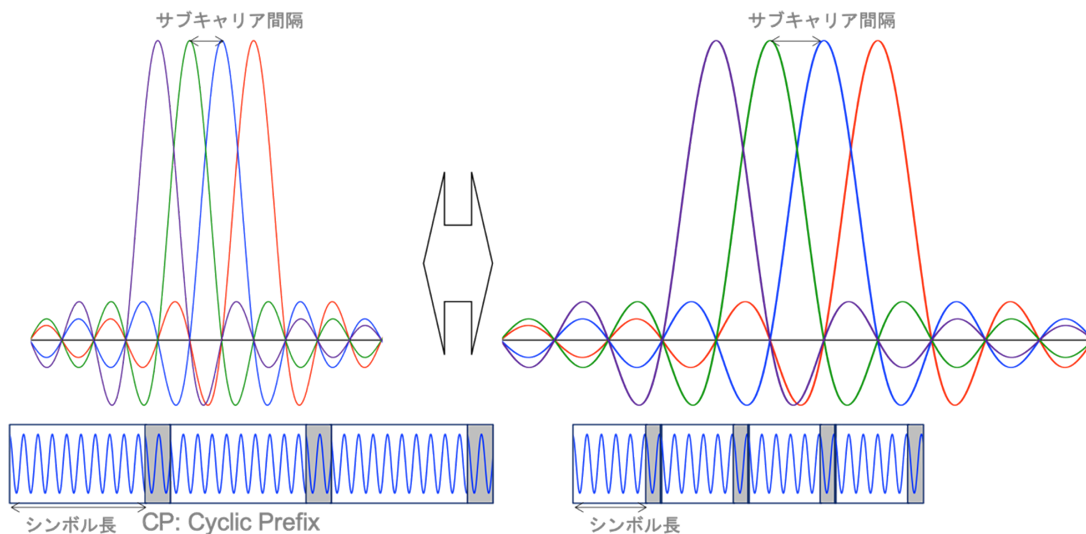


図1 OFDMシンボル長とサブキャリア間隔

- User Plane Function / データプレーン技術
- Multiaccess/Mobile Edge Computing
- APIでの網制御

参加者の興味は非常に多岐に渡っており、システム全体を理解し、取り組む必要があることが確認できた。しかし、5Gの実システム、特に基地局や端末の実機が入手しにくく、またブラックボックス化されているため、システム全体の理解を妨げているという意見もあった。これらの意見を通じて、本ハッカソン・アイデアソンの目的である、オープン化された技術を用いて手作りモバイルネットワークを自ら設計・運用することの意義を確認した。

3.1 オープン化について

手作りモバイルネットワークの設計・運用に向けて、5G技術のオープン化について、オープンソースソフトウェアと無線基地局のオープン化のひとつであるO-RANについて意見交換と議論を行った。

3.2 オープンソースソフトウェア

5Gの規格化において、ネットワーク機能仮想化(NFV: Network Function Virtualization)をはじめとするソフトウェア化・仮想化が進み、5Gコアネットワークや無線通信信号処理ソフトウェアにおいてもオープンソースソフトウェアが登場した。これらのソフトウェアでは、無線基地局としてSoftware Defined Radio (SDR)機器をサポートすることが多い。

本ハッカソン・アイデアソンにおいて、以下の3つのオープンソースソフトウェア・プロジェクトについて意見交換が行われた。

- OpenAirInterface(<https://www.openairinterface.org>)
- free5GC(<https://www.free5gc.org>)

- Open5GCore(<https://www.open5gcore.org>)

また、5Gには対応していないが、簡潔な構造のLTEシステムのオープンソースソフトウェアとしてsrsLTE(<https://www.srslte.com>)についても紹介があった。

このうち、OpenAirInterfaceについては、NI社製のSDRであるUSRP(<https://www.ettus.com>)用いた事例の紹介があった。OpenAirInterfaceは、コアネットワークなどはApacheライセンスにてGithubでオープンソース化されているが、信号処理等の基地局関係のソフトウェアは別のライセンスでGitlab上にて公開されている。

今後、オフラインでのハッカソンが可能になった時点でこれらのオープンソースソフトウェアを用いた手作りモバイルネットワークシステムを設計・構築・運用する予定である。なお、オンラインでも実験・検証可能な簡易的な環境をLimeSDRとsrsLTEを用いて構築を試みたが、実験に用いた機器のCPU性能・コア数が無線通信の信号処理を実行するには十分でなく、高性能なCPU等が必要なことを確認した。現在、高性能なCPUでの実験・検証環境の準備を行っている。

3.3 O-RAN

本ハッカソン・アイデアソンにおいて、無線基地局のオープン化に関して、O-RAN(<https://www.o-ran.org>)についても議論した。O-RANはオープンなRadio Access Network (RAN)の実現のために、O-RAN Allianceにより仕様の策定・標準化が行われている。

4GシステムのRANは、無線周波数の信号を処理するRemote Radio Head (RRH)とベースバンド信号を処理するBaseband Unit (BBU)に分けられていた。5Gシステムは、図2に示すように、端末であるUEと5Gコアネットワー

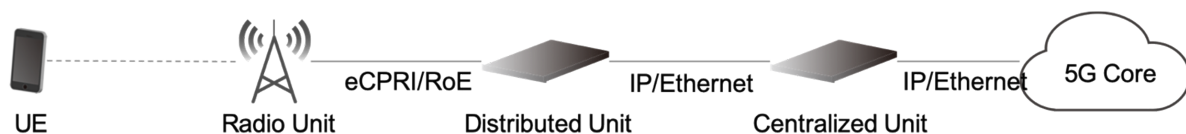


図2 5Gのシステム構成(例)

ク間のRANをCentralized Unit (CU), Distributed Unit (DU), Radio Unit (RU)に分割できるように規格化されている。分割方式は図2に示すもの以外にいくつか規格化されているが、図2の分割方式が代表的である。RUは4GのRRHの機能(無線周波数の信号処理)に加えBBUで処理していた物理層のうち下位レイヤの処理(フーリエ変換・逆フーリエ変換, MIMO処理など)も行うことで、4Gで問題となっていたRU・BBU間の通信帯域がアンテナ数に比例して増大する問題に対応している。DUは、物理層のうち上位レイヤの信号処理を行う機能である。CUは複数のDUを集約・制御する機能であり、無線リソースの制御などを行う。このように、CU/DU/RUは階層的に構築することができ、RANのうち上位レイヤの機能を基地局から切り離すことができる。これにより、上位レイヤの機能を例えばクラウドなどに実装することができるため、RANの仮想化vRAN(virtual RAN)が実現できる。

O-RANは、このRUとDU間のインターフェースの規格化・標準化を目指しており、RANのオープン化に取り組んでいる。このインターフェースの規格化・標準化によりRUおよびDUをマルチベンダで構成することが可能となることが期待されている。しかし、RANのオープン化は始まったばかりであり、マルチベンダでの相互運用性などについては未知数であり、今後実証実験などを通じて検証していく必要があることなどを本ハッカソン・アイデアソン内で議論した。

第4章 まとめと今後の予定

本稿では、5G技術の概要と2020年3月のWIDE Project春の研究会にて、『手作りモバイルネットワークの設計・運用から次世代ネットワークの検討』と題したハッカソン・アイデアソンについて報告した。ハッカソン・アイデアソンでは手作りのモバイルネットワークを設計・構築・運用を目指していたが、COVID-19の影響により、オンライン開催となったため、意見交換や議論が中心となった。しかし、今後のインターネットアーキテクチャを検討する上で非常に有益な議論となった。

WIDE ProjectではこれまでもMobile IPなど移動体通信を

支える技術開発に取り組んできたが、無線技術(特に物理層)については深く取り組んでこなかった。しかし、5GのRAN構成からも明らかになったとおり、無線技術を含めてインターネットアーキテクチャを考えて行く必要がある。今回のハッカソン・アイデアソンで明らかになったこのような課題やコアネットワークのセキュリティ等の機能検証に対してWIDE Projectとして取り組むために、WIDE Mobileワーキンググループ(仮称)の設立を目指す。