

## 産業界の技術動向

# KDDI におけるネットワークの高度化と品質向上への取り組み

KDDI 株式会社 技術企画部

松ヶ谷 篤 史

## 1. はじめに

携帯電話の通信規格は 1G (TACS, HiCAP)、2G (PDC, cdmaOne)、3G (CDMA2000, W-CDMA) と進化し、現在の日本においては 3.9G (LTE, WiMAX, AXGP)、および 4G (LTE-Advanced, WiMAX2.1) が実用上主流の方式となっている。これらモバイルネットワークと、スマートフォンをはじめとした携帯電話端末がそれぞれ高度化することにより、携帯電話上で多様なサービスが展開されるようになった。

LINE や Facebook, Instagram に代表される各種 SNS は携帯電話機で利用するサービスとして身近なところではあるが、Youtube などの動画サービスや各種イーコマース、レストラン検索などのサービスも携帯電話で利用するシーンが増えている。他にも身近なところとしては VoLTE (Voice over LTE) の提供により、音声通話も LTE 上で行われるようになった。また、その他検針などのスマートメータ、警備・セキュリティ、物流、カーテレマティクスなどのビジネス用途にも活用されるなど、LTE の利用シーンは多岐にわたる。

本稿では LTE ネットワーク高度化、ネットワーク品質向上、将来のネットワークの 3 点について KDDI 株式会社 (以降 KDDI) の取り組みを述べる。多様なサービスを技術で支える取り組みが少しでも伝われば幸いである。

## 2. LTE ネットワーク高度化の取り組み

サービスの多様化、高度化に伴い、ネットワークに流れるトラフィックは日々増大し続けている。無線通信において、無線容量は送信帯域幅に比例して増大するが、サービス開始当初 5, 10MHz 幅であった LTE の帯域幅を 15, 20MHz 幅に拡大し、需要増に対応してきた。さらなる需要の高まりに対応すべく、2014 年 5 月に KDDI は日本で初めてキャリアアグリゲーション (Carrier Aggregation, 以下 CA) を導入し、携帯電話機が同時に通信可能な帯域幅を増やしてきた。

LTE では複数の携帯電話機で、時間・周波数を分け合い、同時に多数の携帯電話機が接続できる仕組みをとっているが、通信可能な帯域幅が大きくなると、統計多重効果が得られ、他の携帯電話機との無線の共有効率 (周波数利用効率) が向上する。CA の導入によって、カタログスペックとしてのピークスループットが向上するだけでなく、周波数利用効率向上、システム利用効率向上といっ

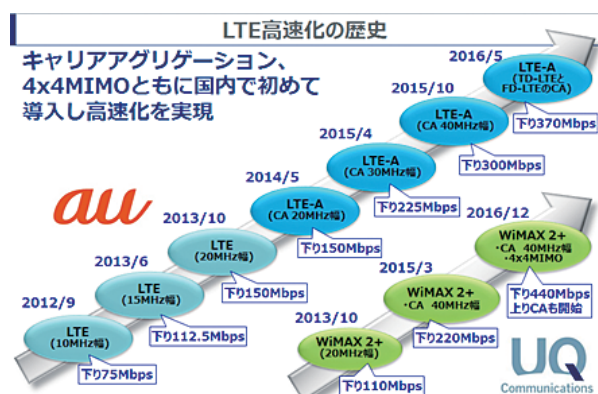


図1：KDDI グループにおけるキャリアアグリゲーションの進化

た効果が得られる。

CAの周波数組み合わせは当初2周波数から開始し、10MHz+10MHz、10MHz+20MHzと合計の帯域幅を増やしてきた。LTEは規格上、一つの周波数において20MHzがとりうる帯域幅の上限となっているため、これより大きい帯域幅をとるためにはCAの技術が必須となる。

CAの技術面で難易度が高いのは、束ねる周波数でそれぞれ伝搬特性が異なる特性を理解し、異なる周波で接続している状態を安定・維持させることである。LTE携帯電話機の通信に関する挙動は基本的にすべて基地局側から制御されるが、周波数ごとに異なる伝搬特性を考慮して携帯電話機の動作を基地局側から制御できるよう、設定をチューニングする必要がある。

余談となるが、私はこのチューニングを商用開始当時担当しており、CAの振る舞いを机上で理解するだけでなく、評価用のエリアに泊まり込んで実際の電波測定を何度も何度も重ねて細かく設定を追い込んだ。他社に先駆けてサービスインを迎えることができたのは、責任と緊張を伴う業務であり、私にとって非常に貴重な経験であった。

その後3つの異なる周波数を束ねることができる3波CA、時分割（Time division, TD）と周波数分割（Frequency division, FD）の異なる通信方式を束ねるTD-FD CA、上り通信（Uplink, UL）にCAを適用したUL-CAと、CAの実用例はますます多様化している。多様なサービス展開やトラフィックの増大を支えるために、このような技術的取組があることを知っていただければ幸いである。

### 3. ネットワーク品質向上の取り組み

前項では無線区間の容量を支える技術について説明したが、本項ではKDDIにおけるお客様体感を維持・向上し続ける取り組みについて説明する。



図2：知床対策の事例

携帯電話が通信できるかどうかは、エリアの広さにより決まる。基地局がないところでは携帯電話は通信ができないのは当然のことではあるが、一般に国定公園など基地局の設置が難しいケースがあり、携帯事業者にとっては解決すべき課題の一つである。例として世界自然遺産である知床の例を挙げる。(図2)

知床では世界遺産に登録されて以降観光客が増えており、それに伴い携帯電話の需要が増えている。しかし世界自然遺産登録地域内には基地局を設置することが難しい。

この事例では基地局設置可能な箇所から10km程度の範囲をカバーする必要があった。一般的に、基地局は都市部で数100m、ルーラルエリアで数km程度のエリアをカバーするが、通常の基地局構成では10kmのエリアをカバーするのは難しい。そこで特殊なアンテナを開発し、10km先から知床五湖を狙うエリア設計を実施した。(図3) これにより、知床五湖周辺でも携帯電話が使用可能となった。知床以外のエリアにおいてもそれぞれ異なる課題はあるが、KDDIではその他すべて



図3：知床対策におけるアンテナ設置作業の様子

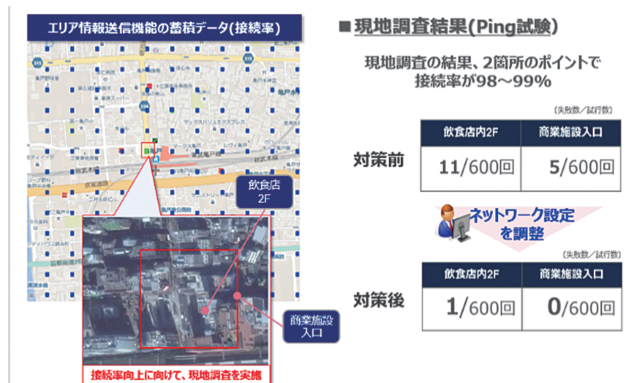


図4：劣化箇所抽出の様子

電波サポート24

お客さまからいただいた「ご自宅の電波改善要望」や「エリア情報に関するお問い合わせ」などにお答えするサービス

ご自宅でケータイが繋がりにくい、電波が悪いことはありませんか？  
はい、ではご自宅の電波改善の改善に繋がりに取り組んでいます。

簡単! 24時間 無料!

「電波サポート24」対応の流れ

- 1 「電波サポート24」に登録してください。
- 2 24時間以内に電波サポートセンターからお客さまにお電話します。
- 3 ご自宅の電波状況を調査し、改善策をご提案します。

図5：電波サポート24

の世界遺産地域をエリア化している。また、レジャー、観光など日常生活範囲以外のエリアにおいても快適に携帯電話がご利用いただけるよう日々エリア拡大を実施している。

次に接続維持への取り組みを紹介する。KDDIでは携帯電話機のエリア情報送信機能を用いてエリア品質データ蓄積し、課題の多い個所を特定する取り組みを行っている。

図4にある通り、地図をある距離単位間隔で区切り、その単位で品質劣化箇所がわかる仕組みを準備している。携帯電話機から送信される情報にエリア品質情報を含んでおり、その蓄積による統計情報を解析する。この時点で対策を取ることもあるが、品質劣化箇所に調査員が向かい、実際の通信の振る舞いを確認し原因を突き止め、品質改善につなげるケースも多い。図4の例においては現地確認において通信が98~99%成功するものの、わずかながら品質劣化は起こっていた。その原因を突き止めネットワーク設定を調整することにより、接続失敗をほぼなくすることができた。

また、住宅向けの取り組みとしては電波サポート24というサービスを提供している。(図

5) お客様から頂いたご自宅の電波改善要望やエリア情報に関するお問い合わせにお答えするサービスで、お問い合わせから24時間以内に電波サポートセンターからお客様にコンタクトを取り、その後ご自宅の電波状況を測定し改善できる提案をするというものである。対策としては、周辺のエリア調整のほか、電波を増幅する装置や、小型の基地局をお客様のご自宅に設置する場合もある。このように通信環境改善に最適な方法を選択しご自宅の通信品質を改善する取り組みを行っている。

KDDIはイベント対策にも力を入れている。例えば、夏は花火大会やロックフェスティバル、コミックマーケットなど大勢が短時間で一か所に集中するイベントが目白押しとなるが、このような状況ではお客様の集中に加えてSNSなどで写真をシェアするケースが多くなり、通信逼迫が発生しやすい状況となる。常時トラヒックが多く発生している主要ターミナル駅と異なり、イベントが行われるエリアはイベントが開催されない時期はそれほどトラヒックが多くない。そのためイベント時には通信の集中に対応するべくイベントの規模に応じて特別な対策をとることがある。例えば車載型基地局を用意し、そのイベント会場周辺にもともと設置されている基地局とトラヒックを分け合うことで快適な通信環境を準備する。(図6)

2016年4月の熊本地震など、2016年は災害の多い年であった。地震等の災害が多い我が国において、通信インフラは災害からの早期復旧に対して備えておく必要がある。災害時を想定したアクションプランを準備しており、災害のケースに応じた様々な手段を準備している。例えば、通常の電線による電力供給と蓄電池による停電対策に加え、ソーラー発電装置を組み合わせることで災害に備えたトライブリッド基地局という基地局を全国に100局以上配備している。ほかの手段としては、衛星回線を利用した基地局





花火大会などの大規模イベントで「車載型基地局」が活躍  
コミックマーケットでは「人間Wi-Fi」も投入

図6：イベント対策の様子。コミックマーケット時に車載局をペイントした（右上）社員がコスプレを行い（左下）、背中にWiFi装置を背負い（右下）会場のトラフィック対策を実施



図7：災害対策時に活躍する様々な携帯電話基地局

自治体と連携し、熊本県を中心に避難所へ  
無料Wi-Fiサービス及び携帯充電サービスを提供



図8：熊本の避難所で提供した無料Wi-Fi

がある。回線の復旧を待たず通信サービスを早期復旧させることができることがメリットとなる。

また海が近い地域については船舶型基地局も暫定復旧に有効な手段である。これは船舶で被災地まで近づき船舶に搭載された基地局から電波発射してLTEなどの通信サービスを提供するというものである。本手法については2012年より実証実験を重ねており、2016年3月の法令改正をもって商用電波での試験が可能になった。

このように様々な復旧方法を準備しており、熊本地震の際も早期復旧に尽力した。

今回の熊本地震においては、基地局復旧の取り組みのほか、被災地で自治体と連携し、熊本県を中心に避難所へ無料Wi-Fiサービス及び携帯充電サービス提供を実施した。通信インフラ整備以外の形でも被災者支援を行っている。

4. 将来への取り組み

第5世代（5G）においては10Gbpsでの通信が目標の一つとなっている。これは第4世代のLTE-Advancedの10倍の要求となる。都心部においてはターミナル駅など特定の場所で、通勤時間帯など特定の時間にトラフィックが集中するが、その解消として5Gが期待される。

提供エリアで得られるネットワーク容量は周波数利用効率、基地局密度、および通信に利用する周波数帯域幅の3つの要素によって決定される。これらの各要素を切り口として今後の取り組みを紹介する。

周波数利用効率においては、LTEで用いられる帯域外輻射を削減する取り組みが行われている。

またLTEでは基本的に時間と周波数を他の端末と同時に利用しないが、MUST（Downlink Multiuser Superposition Transmission）と呼ばれるセル内の複数のユーザへ同じ時間・周波数リソースを用いて送信する多元接続法が検討されている。アンテナ技術においても多数の素子をアンテナに搭載しアダプティブアレイの技術を適用したMassive MIMOという技術により、さらなる周波数利用効率の向上が実現される見込みである。

基地局密度・周波数帯域幅については従来のLTEよりも高い周波数が割り当てられる見込みであり、また、より広い帯域幅が割り当てられることが期待されている。



KDDIでは4.5GHz帯、28GHz帯を用いた伝搬特性実験を行ってきた。これら従来のLTE周波数帯（700MHz～3.5GHz）と比較すると、①見通し上では、従来周波数と同じく遠くまで飛ぶ、②見通しから一本入った通りでは、大きく減衰する、③交差点を曲がり、見通し外になった途端、大きく減衰する、といった特徴がわかってきた。今回把握できた特性を考慮し、今後のエリア設計に反映させていく。

5Gの速度以外の要件として、多様なサービスレベル要求への対応という要素がある。たとえば遅延を一定時間以下に保つ要求が想定される。この場合、要件によっては基地局の上位装置の設置個所や、リソース確保が課題になる。この課題に対してはネットワークアーキテクチャの見直しや、上位装置を仮想化し、サービス要件に基づき十分なリソースを割り当てるなどの対策が必要となる。具体的には要求を満たせなくなった場合、新たなリソースを仮想化基盤上で払い出すなどする。（このようなリソースの割り当て手法をスライスという。）利用用途ごとにスライスを作成し、ミッションクリティカルな要求に応えることが一般的になるとみられている。

また、大量のデータを低遅延で処理する必要がある場合、インターネットに抜けた先のクラウドでは遅延やデータ容量により要件が満たせない場合が出てくる。これに対してはMobile Edge Computing（MEC）と呼ばれる処理用サーバを5G網内に設置することが有効となる。

このように5Gでは基地局のみならず、その上位装置を含めたアーキテクチャそのものを変える必要が出てくる可能性がある。これらについては現在標準化組織である3GPPにて協議中である。

## 5. あとがき

本稿ではKDDIの取り組みとして、LTE高度化の取り組み、ネットワーク品質向上の取り組み、将来への取り組みの3点について述べた。KDDIはお客様視点に立ち、日常の不快感（ペインポイント）を削減し、いつでも良好な通信を体験いただけるよう日々取り組んでいる。

当社以外の通信事業者においてもこのような高度化、品質向上、将来への取り組みは行われており、非常に競争の激しい環境にある。また、携帯電話を通じたサービスはますます多様になり、ネットワークへの信頼は携帯事業者としてますます重要になっている。

KDDIは今後もお客様により良い通信、サービスをご利用いただけるよう、これら取組を継続・発展させネットワーク品質を向上させていく。

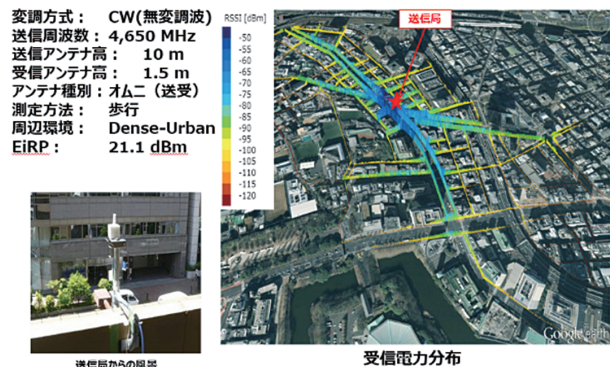


図9：都市部における4.5GHz伝搬実験の様子

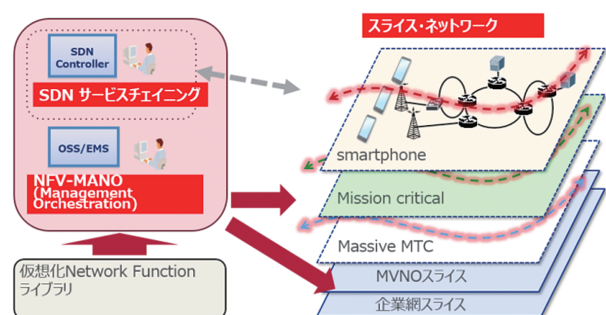


図10：5Gで想定されるネットワーク構成例