5G時代のサービスに向けた端末開発技術

Technology to Develop Devices for 5G-Era Services

● 井上　栄

あらまし

5G（第5世代移動通信システム）時代に向けてインフラの構築が進む中，高速・大容量，低遅延，多数接続といった5G無線の特長を活かしたサービスの開発も併せて進んでいる。各種サービスのインターフェースとなるスマートフォンやタブレットなどの端末は，今まで以上にネットワーク機能とコンピューティング機能が高度に融合した形となる。しかし，サービス実現のため5G対応端末は，無線性能の継続的確保，端末での処理が増加することによる消費電流の増加，熱の発生といった問題が今以上に顕著になる。富士通コネクテッドテクノロジーズ株式会社（FCNT）は，それらの問題を解決するために「端末無線技術」「ネットワークインフラ技術」「サービス基盤技術」の三つの領域に落とし込んで端末に実装する技術を開発している。これにより，ユーザーは手のひらに載る端末で高性能なインターネットサービスなどをかつてない信頼性で利用できる。

本稿では，各領域における技術の特長について述べる。

Abstract

Infrastructure is being developed to cater to the fifth generation (5G) mobile communication system, and so are various services to leverage the advantages of 5G wireless networks, which include high speeds, high capacity, low latency, and multiple simultaneous connections. Devices such as smartphones and tablets will act as the interface for these services, and they will require more highly integrated network and computing functions. However, 5G-enabled devices will suffer even more than today's devices from problems of ensuring stable wireless performance, heavier power consumption due to increased in-device data processing, and heat generation. To resolve these problems, Fujitsu Connected Technologies Limited (FCNT) is developing technologies to be incorporated in devices, with three areas of focus: device wireless technology, network infrastructure technology, and service platform technology. These will help to create compact, palm-sized devices with the highest reliability ever, allowing users to enjoy high-quality Internet services, etc. This paper explains the unique features of these technologies.

ま　え　が　き

5G（第5世代移動通信システム）時代に向けて，大容量・高速，低遅延，多数接続といったネットワーク特性を活かしたサービスの開発が進んでいる。5G時代は，リッチコンテンツのダウンロード，およびアップロードといったサービスだけでなく，パーソナルアシストが健康診断をサポートするような人の生活を支援する便利なサービスも増加する。これらを実現するためには，サービスごとにネットワーク，コンピューティング，およびストレージといったリソースが融合したインフラ構築が必要となる。スマートフォンやタブレットなどの端末もこのインフラを構成する要素となる。

これまでの端末は，無線技術以外はメーカー各社が進化させている例が多く，インフラの一部との考え方は希薄であった。しかし，5G対応端末は安定したサービス提供のための無線性能の継続的確保，端末での処理が増加することによる消費電流の増加や熱の発生といった問題を解決し，5Gインフラとしての役割を果たす必要がある。

富士通ブランドのスマートフォンを開発している富士通コネクテッドテクノロジーズ株式会社（FCNT）は，5G対応端末に実装する技術を以下のように三つの技術領域（三階層）に分類して開発を進めている（**図-1**）。

（1）端末無線技術

5G端末の基幹となる技術である。

・無線性能向上

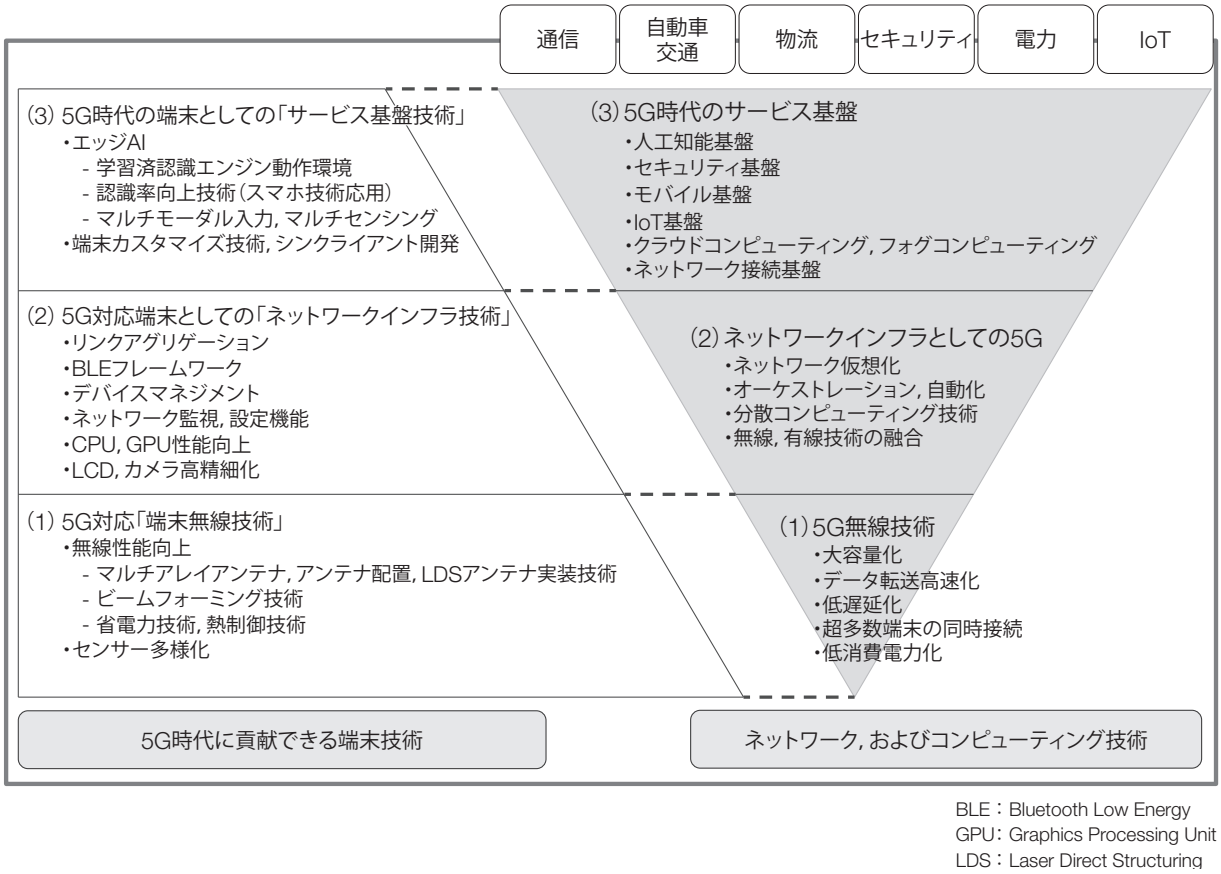
5G無線機能をはじめとする各種無線技術（アンテナ設計，マルチアレイアンテナ，アンテナ配置・実装，シールドなど）

・熱対応

熱制御技術，熱シミュレーション

・省電力対応

サービス（アプリケーション，利用シーン）に応じた最適な端末リソースの制御



BLE：Bluetooth Low Energy
GPU：Graphics Processing Unit
LDS：Laser Direct Structuring

図-1　ネットワーク技術とコンピューティング技術の融合による5Gインフラ

(2) ネットワークインフラ技術

端末をネットワークインフラの構成要素とし，ネットワークの高速性，信頼性などを確保するための技術である（例：リンクアグリゲーション）。また，端末としての信頼性などを確保する技術も含む（例：デバイスマネジメント）。

(3) サービス基盤技術

5G向けサービスを実現するためのユーザーインターフェース技術，サービス実行エンジンなどである。具体的には，端末での各種AI（人工知能）サービスを実現する技術などがある。

端末無線技術

5G時代には，リッチコンテンツのダウンロード，高性能カメラ撮影による高画質映像のアップロードといった5G無線技術の特長である高速・大容量を利用したサービスが登場する。

これらのサービスは，端末（特にスマートフォン）のアーキテクチャー決定要因である三つの進化（無線の進化，ディスプレイの進化，カメラの進化）に大きなインパクトを与える（**表-1**）。これらのインパクトから発生する無線性能の継続的確保（5G，ほかの沢山ある無線との共存），処理量増加による消費電流の増加，大量データ処理のため処理装置における熱の発生といった問題を克服する必要がある。以下に，端末無線技術におけるこれら問題の対応について述べる。

(1) シミュレーション技術による見える化

無線性能の継続的確保，熱の発生の問題に向けて，端末のモデル定義を行い，シミュレーションによって電磁波と熱伝導の見える化を行っている。

電磁波の見える化は，電磁界マップ，放射パターンなどを解析して，基板設計やアンテナ配置設計など構造設計を実施することで試作機の開発につなげるプロセスを確立した。現在，5Gで利用するミリ波帯（28 GHz帯や39 GHz帯）において，アンテナに関する基礎データを取得・蓄積して，シミュレーションによる評価を行っている。

熱伝導の見える化は，±1℃程度の誤差精度での熱解析によって実現している。熱拡散技術や放熱技術を駆使して熱源の分散を予想した熱対策を行い，試作機の開発につなげるプロセスを確立した。**図-2**（a）に示すように，モデル定義（構造-1，構造-2）を行い，シミュレーションによる分析の結果，構造-2の方が高熱性が高いことが分かった。また，試作評価により，ある機能が構造-1に比べ構造-2は2倍程度の持続性があり，当初予定した要求仕様を実現できた｛図-2（b）｝。

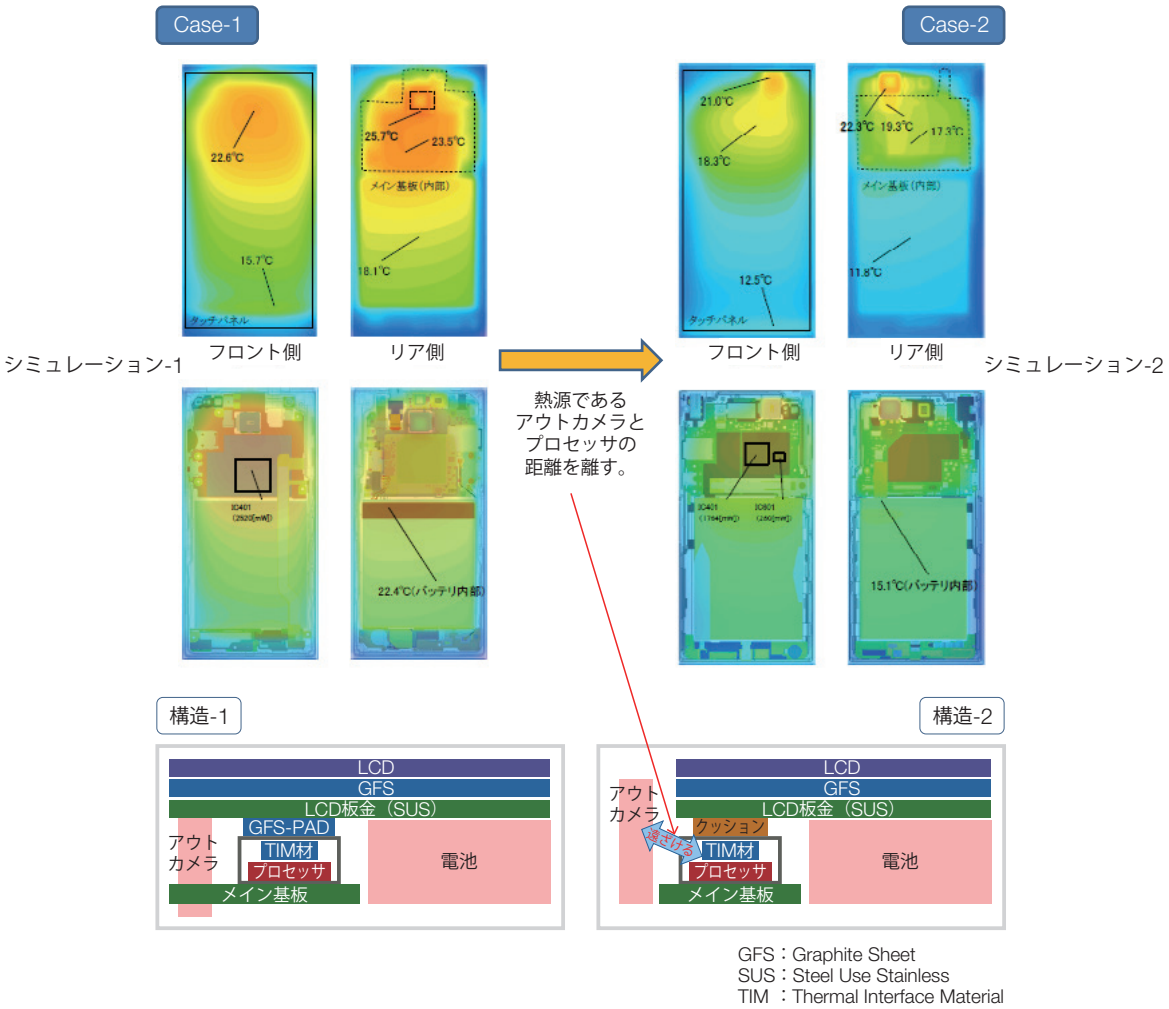
(2) 省電力機構の開発

端末での処理が増加することによる消費電流の増加と，熱の発生の問題解決につながる省電力機構技術を開発した（**図-3**）。従来の電力制御は，端末の内部温度，端末が必要とする処理性能および電池残量などに応じた省電力といった情報により，CPU周波数制御やCPUコア数制御を行っていた。

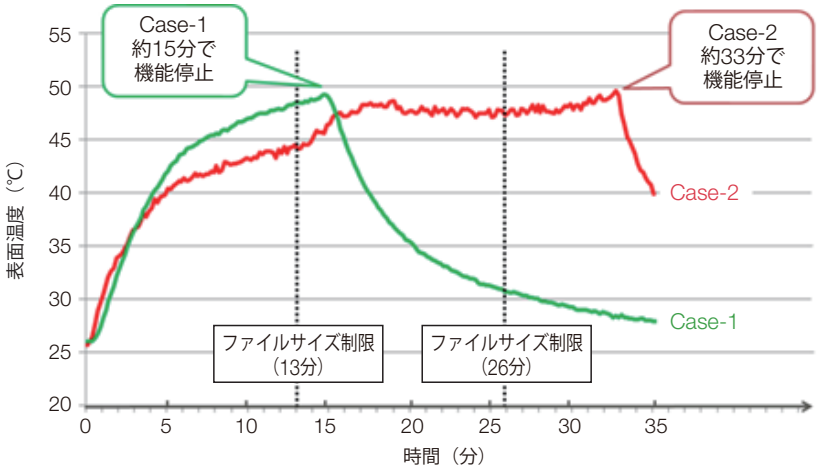
一方，省電力制御機構は，端末の内部温度などに加えてアプリケーションやスクリーンタッチなどのシーンごとの情報を基に，省電力制御（適切な電力供給）を行う技術である。省電力エンジンにより，端末の内部温度などの条件に応じて各アプリケーションの動作検証の知見から，シナリオとパラメーターテーブルを作成する。そして，それぞれのCPU周波数，CPUコア数，GPU周波数，およびメモリバス周波数を最適化するように制御切り替えを行う。これにより，ブラウザ操作などのアプリケーション処理において，従来の電力制

表-1　5Gの世界　端末（スマートフォン，タブレット）へのインパクト

アーキテクチャー決定要因	5Gの世界
無線の進化	【インパクト：大】 ・LTE以上の大容量・高速伝送を実現。 ・ネットワーク性能確保と高速なデータ処理実現。
LCD解像度の進化	【インパクト：大】 ・リッチコンテンツの表示が可能。 ・高速なデータ処理実現。
カメラの進化	【インパクト：中】 ・カメラの解像度進化，インカメラとアウトカメラ同時使用。 ・高速なデータ処理実現。



（a）モデル定義によるシミュレーション実施（熱源と温度分布）と
シミュレーション結果をベースとした構造設計・試作機開発



（b）試作機を用いた評価，量産化に向けた機能検証

図-2　シミュレーションによる熱の見える化

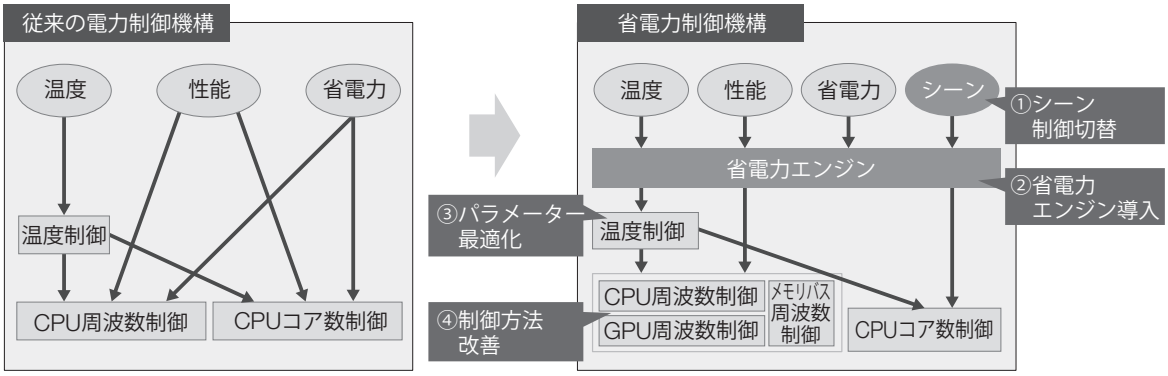


図-3　省電力機構のイメージ

御機構とのCPU電力を比較して25％～ 30％省電力化を達成した。

ネットワークインフラ技術

5Gサービスを展開する上で，ネットワークインフラの整備は不可欠である。サービスの利用シーンから予想される主な問題を3点挙げてみる。

一つ目は，接続端末数が多くなった場合に，5Gセルラー網だけでは安定かつ高速なネットワーク環境の確保が困難になることである。二つ目は，5Gセルラーの展開の初期段階では，4Gおよびそれより性能の劣るネットワークのエリアも多く存在する。これらのエリアでは，5G向けリッチコンテンツの配信が困難である。三つ目は，5G端末は各種センサーからセンシングデータを集約する装置としても利用できる。したがって，多数のイベントが発生することなどを想定して，センサー群と端末を効率的に接続できる環境の構築が求められる。

そこで，FCNTはセルラーやWi-Fiといった異種ネットワークを結合して通信の安定と速度向上を実現するリンクアグリゲーション技術を開発した。リンクアグリゲーション技術の特長を以下に示す。

(1) セルラーとWi-Fiの同時接続｛**図-4**（a)｝

一つのアプリケーションからセルラーとWi-Fiを同時接続して利用することにより，高速な通信環境を実現する。接続したネットワークの帯域制限に応じた振り分けを実施することにより，性能安定化も実現する。アプリケーションによるリクエスト単位の通信経路振り分けにより，通信安定化と速度向上を実現し，セルラー単独（LTEシングル）に対し45％程度の高速化を達成した（**表-2**）。

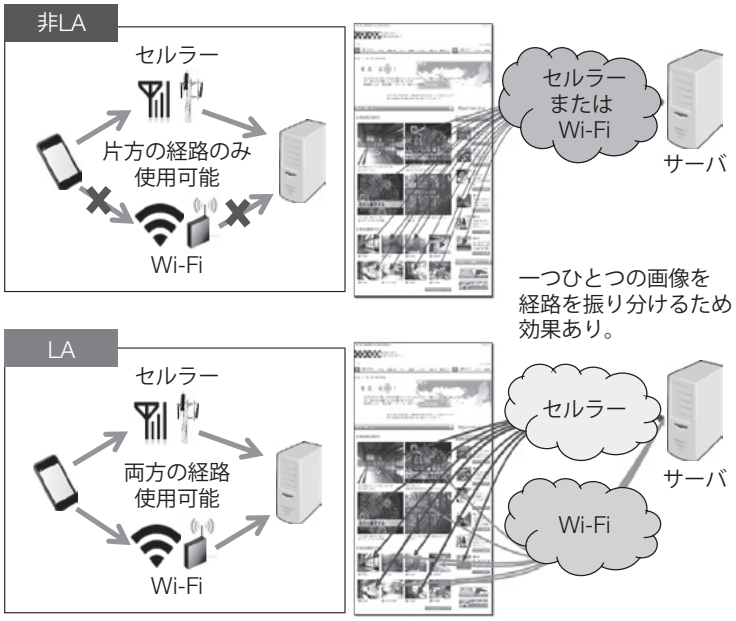
(2) アプリケーション単位での通信経路振り分け機能｛図-4（b)｝

アプリケーション単位で通信経路を振り分けることによって通信負荷が分散し，通信速度の向上を実現する。従来，アプリケーションは，ネットワーク接続するときにセルラーで接続あるいは，Wi-Fiのどちらかで接続するかは，主に端末の優先度設定に従っている。これを，ネットワークの回線状況とアプリケーションの特性（大容量データのダウンロードや処理継続重視など）に応じてアプリケーションをカテゴライズし，ネットワークの振り分けを実施する。

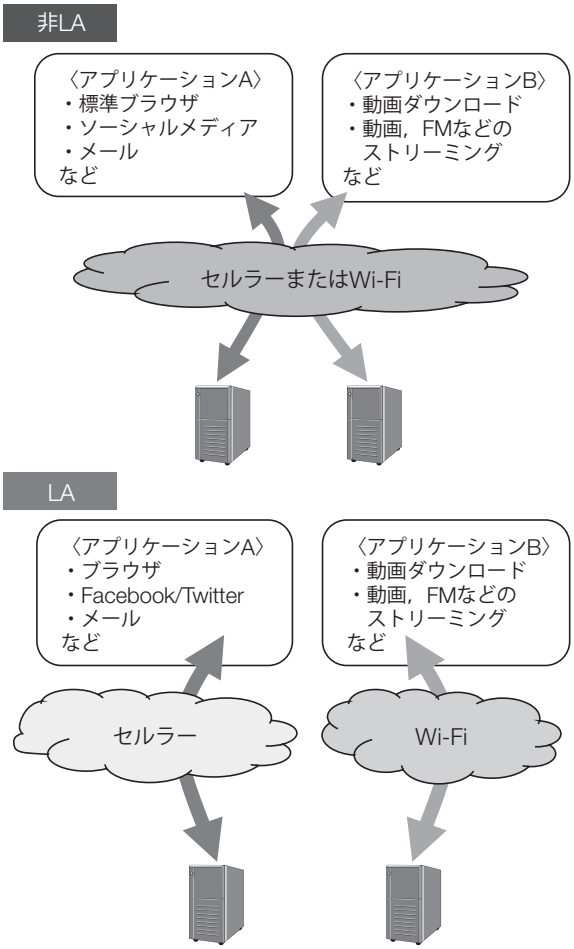
(3) Wi-Fiとセルラー通信切り替え動作｛図-4（c)｝

Wi-Fi，セルラーそれぞれの回線品質に応じてデータ（Socket単位）の振り分け率を変更し，通信安定化と速度向上を実現する。Wi-Fi，セルラーの回線品質は，接続場所や接続している端末数などによって大きく変化する。したがって，移動しながらサービスを利用する端末は，これらの影響を受けやすい。すなわち，ある特定の場所・時刻における環境や条件で設定したWi-Fiとセルラーの振り分け率は，別の場所・時刻では適切な値とは言えない。この課題を解決するため，回線品質を監視し，品質に応じた適切な振り分け率を算出する。

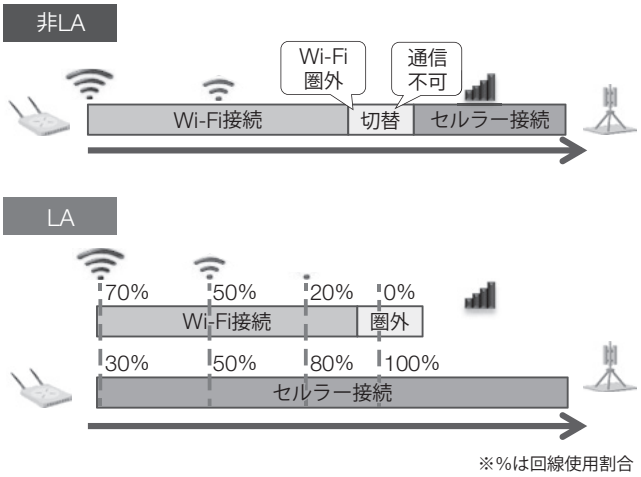
リンクアグリゲーション技術は，2014年以降に発表した富士通およびFCNT製のスマートフォンに搭載済みである。本技術は，応用範囲も広い。例えば，自動車向けの大容量地図データの配信サービスなどでの活用が期待されている。



（a）セルラーとWi-Fiの同時接続



（b）アプリケーション単位での通信経路振り分け機能



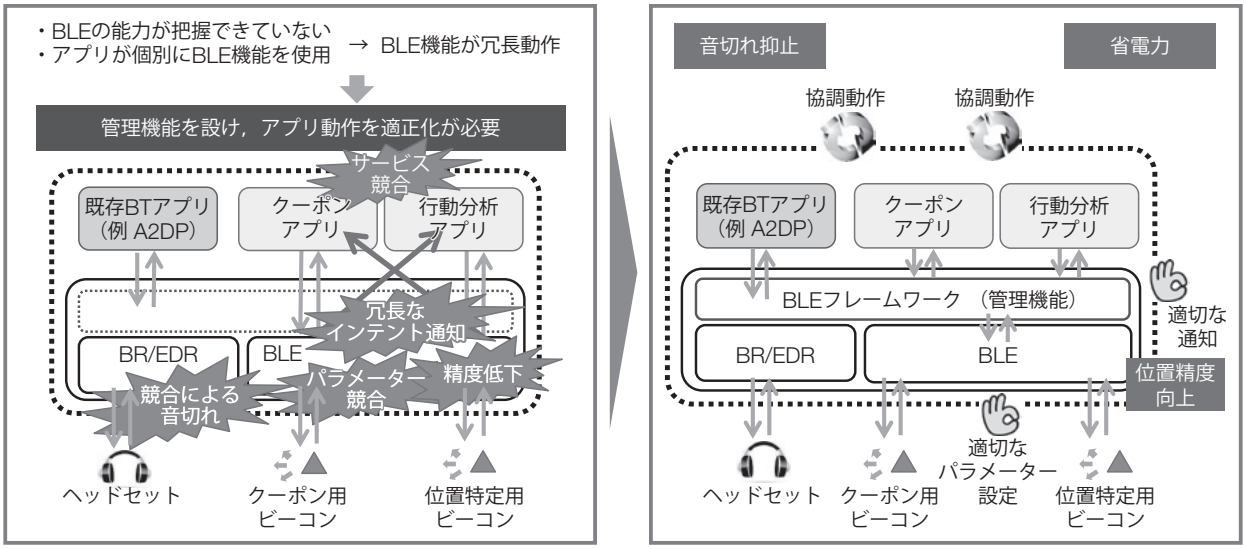
（c）Wi-Fiとセルラー通信切り替え動作

図-4　リンクアグリゲーション（LA）の三つの技術

表-2　リンクアグリゲーション処理性能

（単位：秒）

			ハイエンド端末		ミドルエンド端末	
No.	アプリ名	サイズ（Mバイト）	①LTEシングル	②リンクアグリゲーション	①LTEシングル	②リンクアグリゲーション
1	Chrome	67.57	19.1	13.7	40.1	19.3
2	GooglePlay	47.06	20.9	11.7	42.0	33.9
3	標準ブラウザ	200	56.0	29.2	126.6	38.8
4	GooglePlay	200	78.1	48.6	120.2	74.0



A2DP　：Advanced Audio Distribution Profile
BR/EDR：Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate

図-5　BLEフレームワークの構成イメージ

また，スマートフォンをはじめとするモバイルデバイス，ヘルスケアデバイス，ウェアラブルデバイス，あるいは産業機器において，BLE（Bluetooth Low Energy）を搭載したものが増加していくとの市場予測がある。[1] このとき，スマートフォンは各デバイスからの接続先として期待されている。このため，多種多様なBLEアプリケーションを適切に動作させるBLEフレームワークを開発した（**図-5**）。

BLEフレームワークの効果として，省電力（消費電流を約50％抑制），精度向上（電波干渉，減衰による受信電波強度のブレを約30％抑制）を実現できた。BLEフレームワークは，2016年以降に発表したFCNT製のスマートフォンに搭載済みである。今後，各種センサーをBLE接続することにより集約する装置（家庭内の見守り装置など）が増加していくと考えるが，本技術はこれら全ての装置に有効である。

サービス基盤技術

近年，各種データがエッジ側に集まり，エッジの処理能力も高くなっていることから，エッジ側で分析・認識などを行うことが技術トレンドとなりつつある。スマートフォンやタブレット端末もエッジデバイスの一つであり，端末自体の価値を上げるためにAI・推論処理を端末側で実行することが望ましい。そうすることで，ネットワークに接続できない環境であっても各種サービスが可能となる。端末側で認識処理や推論処理といったAI処理を行うためには，軽量化・高速化技術が必要であり，FCNTはニューラルネットワークモデル軽量化，コンパイラーによる最適化，およびハードウェアによる高速化に取り組んでいる。

ニューラルネットワークモデルの軽量化として

は，効率の良いモデル設計（MobileNet[2]など）を行い，評価した。コンパイラーによる最適化は，Google TensorFlowXLA[3]で評価を実施した。ハードウェアによる高速化は，Qualcomm NPE（Neural Processing Engine）[4]を使用して評価した。これら三つの技術を統合して，端末向けAIフレームワークを構築した。

上記の評価結果を基に，2018年度下期出荷の「らくらくスマートフォン」では，花図鑑（花の認識をディープラーニングで実施）アプリケーションを搭載する予定である。

5G時代に向け，端末にAIフレームワークをベースとした最適な学習済みAIエンジンを搭載していく。

む　す　び

本稿では，富士通ブランドのスマートフォン開発において実施している端末無線技術，ネットワークインフラ技術，サービス基盤技術について述べた。

これらは，5G時代に向けて必要となる技術開発テーマであり，端末にこれらの技術を搭載することによって，完成度の高い端末サービスを実現する。今後も，個々の技術の完成度を上げていくとともに，5Gサービスを活かすインターフェースとしての端末開発に取り組んでいく。

参考文献

(1) Bluetoothモジュール：Bluetooth市場の近況.
http://bluetooth.tokyo/bluetooth%E5%B8%82%E5%A0%B4%E3%81%AE%E8%BF%91%E6%B3%81-340.html

(2) Qiita：MobileNets.
http://qiita.com/namakemono/items/4fbc7758ffba4791e581

(3) TensorFlow：XLA Overview.
http://www.tensorflow.org/performance/xla/

(4) Qualcomm：Qualcomm Neural Processing SDK for AI.
http://developer.qualcomm.com/software/qualcomm-neural-processing-sdk

著者紹介

井上　栄（いのうえ　さかえ）
富士通コネクテッドテクノロジーズ（株）
経営管理本部
モバイル分野の技術戦略策定，および新規ビジネス創出のための開発戦略立案と実行に従事。

©2018 富士通株式会社