

5G 時代のアクセス・モバイル融合を見据え アンテナ間の協調制御技術などを開発中

NTTデバイスイノベーションセンターでは、次世代通信サービスの創出とネットワークの高度化・低消費電力化に貢献するデバイス技術の研究開発を進めている。将来ネットワークの課題として、増え続けるモバイルトラフィックをいかに効率的・経済的に収容するかということが挙げられる。同センターはアクセス網とモバイル網の融合がこの課題の解決策の1つと考え、2020年にサービス開始が予定されている次世代移動通信システム「5G」に向けて、アクセス・モバイル融合を支える制御方式や制御デバイスの研究開発に取り組んでいる。同センターの取り組み内容を紹介する。

将来のモバイル網の高速化と 経済化に求められること

モバイルトラフィックは年々増加している。これまでのモバイルトラフィックは主に音声通話やスマートフォンによるデータ通信で発生していたが、今後、IoTやM2Mにおいても無線が活用されるようになると見られている。2020年には、すべてのモノが無線でつながる社会が実現するという予想もあり、そうなればモバイルトラフィックも膨大なものになることは想像に難くない。

そうした未来に向けて、現行の無線通信システム（4G）と比較して100倍の伝送速度、1000倍の容量を目標とする第五世代移動通信システム「5G」の開発が急ピッチで進められている。5Gで高速・大容量化を実現するための方法の1つとして検討されているのが、各セルがカバーするエリアを小さくして、その代わりに多数のセルを配置する「スモールセル化」を押し進めた超高密度セル構成である。

超高密度セル構成は、セルの重なりも許容して、セルを高密度に配置

する。無線端末は、通信条件などを鑑み、複数のセルを適切に選択することで、スループットを改善できるメリットがある。

ただし、超高密度セル構成には課題もある。セルの重なりを許容しているため、セル同士の干渉が生じやすくなるのである。干渉が生じると通信速度が低下したり、通信ができなくなったりする悪影響がある。そのため、干渉を抑える技術が必要になってくる。

また、セルを多数配置するため、各セルに配置されるアンテナと、それらを集中制御する集約基地局との間を結ぶ光ファイバ回線（モバイルフロントホール回線）も多数敷設する必要がある。これからそうした回線を新規に敷設するのは、経済性の観点から避けたい。その一方で、日本国内のFTTHサービスの加入者数は2700万人を超え、全国津々浦々に光ファイバ網が敷設されてい



NTTデバイスイノベーションセンター
スマートコネクションデバイスプロジェクト

【左から】主席研究員 重松 智志氏、主任研究員 寺田 和彦氏
研究員 有川 勇輝氏、プロジェクトマネージャ 木村 俊二氏

る状況である。そうしたFTTHサービスの光アクセス網をモバイルフロントホールとして共用できれば、大幅な経済化を実現できる。5G時代のモバイルネットワークでは、こうした「アクセス・モバイル融合」についても考慮する必要がある。

NTTデバイスイノベーションセンター（以下、DIC）では、光アクセス網の制御チップ開発で培った各種回路技術をベースにして、スモールセル環境で干渉を抑止したり、アクセス・モバイル融合を効率的に実現したりする制御技術や制御デバイスの研究開発を進めている。

PONの特性を活かすアイデアで モバイル網の実効帯域を拡張

アクセス・モバイル融合の実現に当たっては、いくつかの技術的な課題が想定される。その1つが、通信方式が変化することによってモバイルフロントホール (MFH) でのデータ転送可能期間が短くなってしまふ課題である。

従来の MFH で集約基地局側から各基地局 (アンテナ) にデータを送る場合、①どのアンテナがどの端末を収容するかを決める「スケジューリング」、②送信データを電波で送信するアナログデータに変換する「ベースバンド処理 (BB 処理)」、③ MFH を通じてデータを送る「MFH 転送」、④アンテナから端末にデータを送る「無線送信」の順に処理を実施していた。

アクセス・モバイル融合によって、MFH が FTTH で使われる PON システム上のイーサネット回線になると、この順番を図 1 左上のように変更する必要がある。イーサネット回線では BB 処理後のデータを送れないからである。こうするとアンテナ側で BB 処理を実施することになる。BB 処理はデータをすべて受けてからでないと開始できないため、それを待つだけ端末への応答が遅くなる。実際には端末に回答するまでの時間は規格で定められており、MFH 転送の期間を短くせざるを得ない。そうなれば、一度に通信できるデータ量が減って転送効率が下がってしまう。

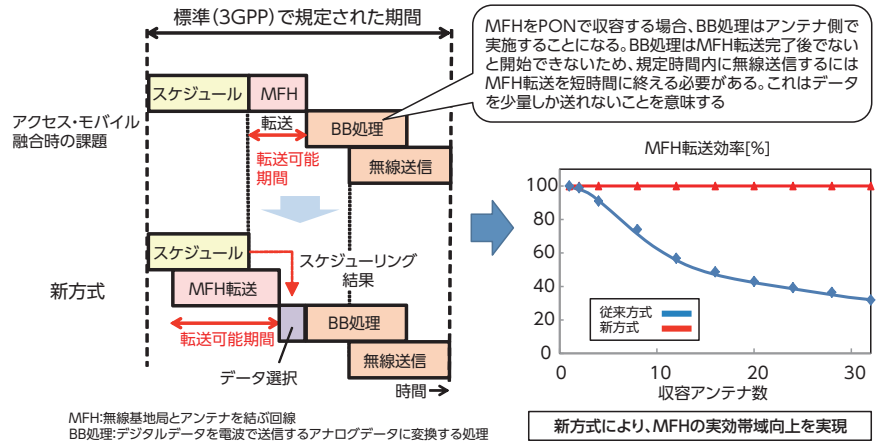


図 1 アクセス・モバイル融合時に想定される課題とそれを解決する新方式

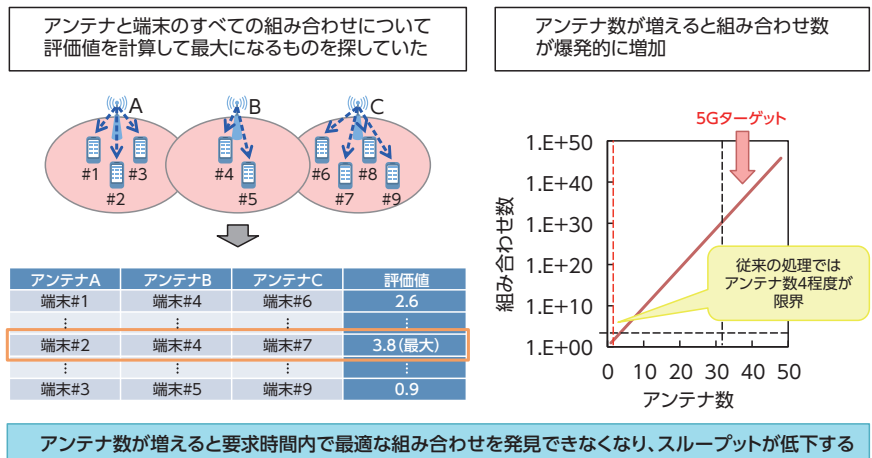


図 2 従来のスケジューリング処理ではアンテナ数増加に対応できない

DIC ではこの問題を、同報配信が得意という PON システムの特徴を活かすアイデアで解決した。具体的には、スケジューリング処理が終わる前にすべてのアンテナに対して同報配信で MFH 転送を開始しておき、スケジューリング処理の結果が出た後で各アンテナが自身にスケジューリングされたデータを選択し、BB 処理を開始するようにした (図 1 左下)。「分かってみると比較的単純なコロンブスの卵的なアイデアですが、スケジューリング処理が終わらない

とデータを転送できないというのが常識だったため、この方式を考え出すまでには非常に苦労しました。」(スマートコネクショントデバイスプロジェクト 主席研究員 重松 智志氏)

この新方式によって MFH 転送期間を延ばすことができ、データ転送効率を向上できると考えられる。スモールセル環境を想定したシミュレーションで両方式を比較した結果が図 1 右のグラフである。従来方式ではアンテナ数が増えるにつれて転送効率が下がった。これではアクセ

改良ポイント①: アルゴリズムの変更
 処理途中で打ち切っても、処理した範囲で最良の結果を得られる「山登り法」と呼ばれるアルゴリズムを採用

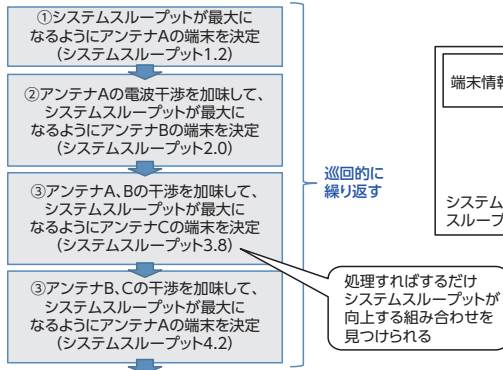
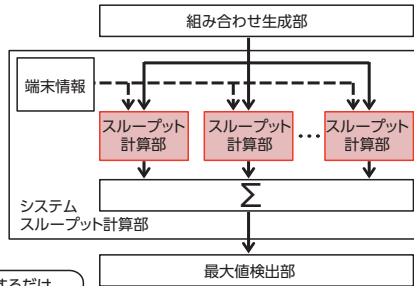


図3 スケジュール処理における改良ポイント

改良ポイント②: 計算高速化
 各アンテナの無線スループットの計算を並列化して、システム全体の無線スループットの計算を高速化



合わせを探していく。これによって規定時間内にすべての組み合わせを評価できない場合にも、その時点までの最良の結果に基づいてスケジューリング処理ができるようになった。

もう一つは、ハードウェアで並列処理することでスケジューリング処理に必要なシステムスループット計算を高速化したことである(図3右)。

「調査したところ、スケジューリング処理の時間の9割以上がシステムスループットの計算に費やされていました。改良によってこれを大幅に削減できました。」(寺田氏)

スケジューリング処理の改良の有無でスループットがどれだけ変わるかをシミュレーションした結果が図4である。改良後は改良前の約7倍ものスループットを得られた。

この新しいスケジューリング処理や計算高速化用のハードウェアは、集約基地局に配置する制御装置に組み込む予定であるという。

DICでは今後も、モバイル・アクセス融合を想定したさまざまな制御技術を開発し、それを実際のデバイスやハードウェアに反映させる取り組みを継続する。「今回開発したスケジューリング方式はモバイル網側の都合だけを考慮していましたが、無線・有線の双方のトラフィック状況を鑑みると別のスケジューリング方式の方が全体最適化を実現できる可能性もあります。将来的には、そうしたモバイル網とアクセス網をうまく連携させる技術やデバイスについても研究開発していく必要があると考えています。」(重松氏)

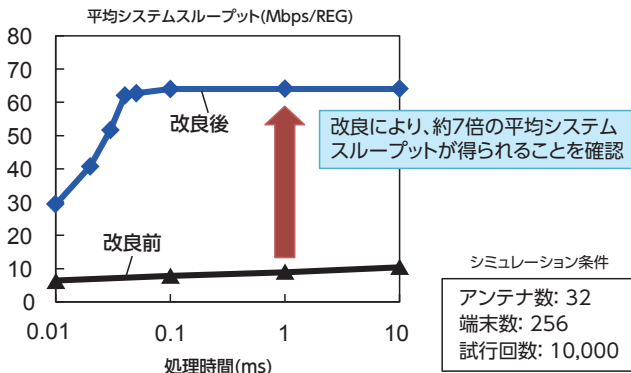


図4 スケジューリング処理改良の効果

た時間内に計算するのが非常に困難になる。「アンテナ数が4つだけでも組み合わせの数は1000に達します。ソフト処理ではこの程度が限界で、それ以上になると規定時間内に

最適な組み合わせを探せなくなります。つまり干渉によってシステム全体の無線スループット(システムスループット)が低下してしまいます。」(同プロジェクト主任研究員 寺田 和彦氏)

そこでDICでは、スケジューリング処理をハードウェアで高速化する研究開発を進めている。このハードウェアでの改良ポイントは2つある。一つは、処理した範囲で常に最良の結果を返す「山登り法」というアルゴリズムを採用したことである。具体的には、図3左のような処理の流れで、システムスループットが最大となるようなアンテナと端末の組み

最適化を実現できる可能性もあります。将来的には、そうしたモバイル網とアクセス網をうまく連携させる技術やデバイスについても研究開発していく必要があると考えています。」(重松氏)

5Gのsmall cell環境に向けてスケジューリング処理を改善

small cell化で懸念される干渉問題を抑える1つの方法としては、干渉が生じにくい位置にあるアンテナで端末を収容するようなスケジューリング処理をすることが挙げられる。

しかしアンテナ数が増えると、アンテナと端末の組み合わせが膨大になるため、どの組み合わせが最適なものであるかを通信規格に定められ