

Technology Reports

「スマートイノベーションへの挑戦 — HEART —」の実現に向けたネットワークの要求条件とアーキテクチャ

ドコモでは、2020年へ向けて「スマートイノベーションへの挑戦」を企業ビジョンとして掲げている。「スマートイノベーション」を進める目的の1つは、将来のモバイルネットワーク構築のあり方についてあらゆる角度から再検討して、今後到来するさまざまな社会変化に資する最適なネットワークを見いだすことである。ドコモ欧州研究所では、ドコモのビジネスを長期にわたって持続可能とするために、ネットワーク技術と無線アクセス技術の発展に必要なキーテクノロジーを創出することを目指している。ネットワークでは、「自在に再構成可能なモバイルネットワーク」および「光伝送技術を活用したモバイルネットワーク」の構築を目指している。さらに、複数のサービスプラットフォーム間での調和を実現するにあたり、サービスプログラムのモビリティと、革新的なネットワーク付加価値をユーザに提供するサービスエレメントが必要になってくると考えている。これらの具体的な内容は本誌に今後連載予定の記事で明らかにしていくこととして、本稿ではまず、技術要件を明らかにして、これらの技術を統合して作るアーキテクチャを明らかにする。

ドコモ欧州研究所 Hendrik Berndt

Thomas Walter

1. まえがき

現在、そして、将来においても継続して直面すると考えられている大きな課題として、常に変化し続ける市場状況、ますます高まるユーザの期待、そして、他社との競争激化という環境がある。これらは社会的責任を果たしながら解決を図っていかねばならない課題である。これまで移動体通信システムの先駆者と

して常に先頭に立ち、革新的なサービスの提供によってユーザ満足度と信頼拡大に努めてきたドコモは、今でも新技術やソリューションの開発において、先駆的な役割を果たしている。本稿では、2020年に導入を目指している次世代移動体通信ネットワーク（NMN：Next Mobile Network）アーキテクチャのデザインを、その要件面から考察する。

一言でいえばNMNアーキテクチ

ャは、システムコンポーネントと、重要な機能的エンティティであるサービスイネーブラで構成される。システムコンポーネントは、すべてのレイヤ（サービス層、ネットワーク層、および管理層など）の階層構造に応じてグループ化された、より広い概念を表している。一方、サービスイネーブラは、革新的なサービスを実現する機能部である。

NMNアーキテクチャのデザイン

は、以下に示す4つの基本構成からなる。

- ・サービスイネーブラネットワーク (SEN: Service Enabler Network)
- ・再構成可能なモバイルネットワーク (RMN: Reconfigurable Mobile Network)
- ・光モバイルネットワーク (OMN: Optical Mobile Network)
- ・LTE-Advanced 無線アクセスネットワーク (LTE-A, Beyond LTE-A, および, 5G)

NMNアーキテクチャにて実現されるサービスを図1に示す。

NMNアーキテクチャは、身近な現実世界とインタラクションする携帯端末、多種多様な映像を用いたコミュニケーションやSNS、放送サービスの主たる担い手とも見なされている。さらには、グローバルな規模でのインフラの共有と連携によるサービスの提供などの要件も満たすことができる。

上記の機能拡張に加えて、(1)高い性能要求を満足し、また(2)システムの要求条件を早期に実現するコンポーネントの再利用を可能とする高い効率性を達成する必要がある。さらに、移動体通信事業者の社会的責任を果たすべく、これらのすべてを環境に配慮した状態で維持しなければならない。

本稿では、NMNアーキテクチャの重要要件および、合理性とその詳細を解説する。NMNアーキテクチ

ャの全コンポーネント詳細については、本誌に今後連載予定の記事を参照されたい。

2. NMN アーキテクチャの要求条件

移動体通信の分野をリードすることには商業的な利点があるものの、コストを常に考慮していく必要もある。既存ユーザであれ新規ユーザであれ、新しいサービスがユーザに受け入れられない可能性があるという事実に加えて、本質的な問題として、さまざまな層に展開している技術を常に更新するには必ず多大なコストが必要となる。そこで、新たに設計するNMNアーキテクチャではコストの削減とともに、商用サービス開始までの開発期間を短縮するという問題にも同時に取り組む必要がある。

移動体通信事業者間の激しい競争、さらにはGoogle^{*1}社やApple^{*2}

社など、ほかのビッグプレイヤーと移動体通信事業者間の激しい競争により、移動体通信事業者は最先端の情報通信技術 (ICT) プロバイダとしての自らの役割をいかにして守るか、という課題に直面している。今までは移動体通信事業者は自身のコアとなる分野、すなわち、いつでも好きな時に好きな場所で人と人をネットワーク経由でつなぐことが役割であった。しかし市場が飽和しているため、これだけでは長くユーザを惹きつけることができない事業環境になってきている。さらに、移動体通信事業者の事業分野は広範囲にわたっており、それゆえに「土管」(単なる通信路供給会社)にはなりえないと考えられていた。しかし、スマートフォンの普及を機に、Apple社はすでにモバイルの事業分野に進出している。この事業分野では、移動体通信事業者は何百万というソフトウェアデベロッパと競争している。

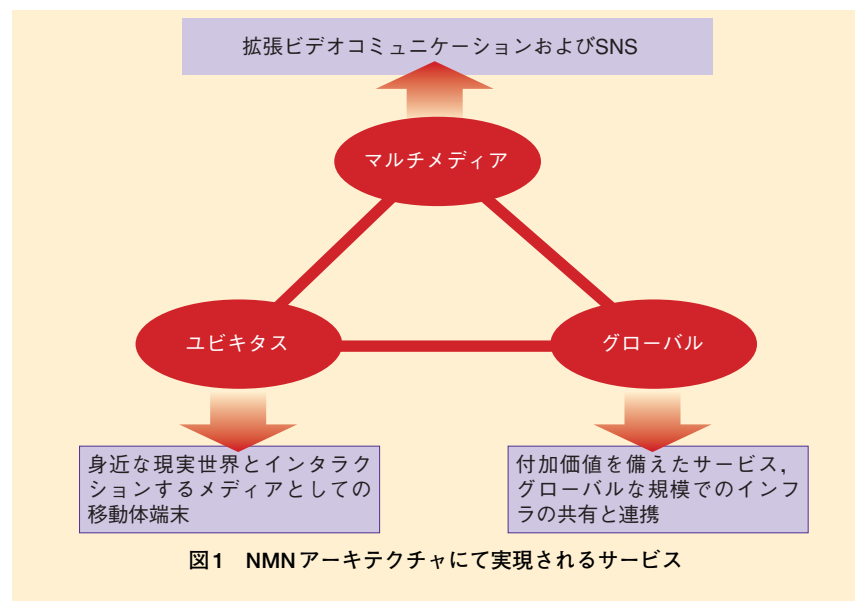


図1 NMNアーキテクチャにて実現されるサービス

*1 Google: 米国Google Inc.の商標または登録商標。

*2 Apple: 米国および他の国々で登録されたApple Inc.の商標。

移動体通信事業者は、従来の通信事業の枠を超え、現在の有望事業分野ではApple社とApple社が経営するApp Store^{*3}、そしてGoogle社とAndroidマーケット^{TM*4}に対して厳しい位置に立たされている。今こそ移動体通信事業者は、顧客満足の向上に役立つ、自身に備わっている特異な能力（他社が簡単に真似できない能力）を自覚しなければならない。この「特異な能力」において鍵となるのはサービスイノベーションである。

サービスイノベーションのためにはサービスをフレキシブルに展開する手段、サービスシナリオ、および複数のサービスを半自動的に合成するためのツールが必要である。ここでいうフレキシブルとは自社とサードパーティのイネーブラを柔軟に統合できることを表す。また、コンテンツとサービスプログラムのキャッシュによる拡張性、サービスモビリティによる拡張性、および仮想化技術による拡張性と同様に、サービスとシステムのスケラビリティも必要である。これらすべてはサービスの質（信頼性）と、セキュリティ（顧客の安全やプライバシー）の低下を伴わずに達成できなければならない。そして、将来を見据えて、ユーザーが使用する端末の多様化も考慮しなければならない。当然、ユーザーはサービスを利用する時に自身のデバイスをユビキタスネットワークへの接続ポイントとして、自宅、移動中、車中、職場など、さまざまな場所で使用したいと思うはずである。

新しいサービスをユーザに提供する場合、そのサービスは、いずれの場合でもコアネットワークとアクセスネットワーク内に、発生するトラフィック量、トラフィックパターン、およびトラフィック発生源についてインパクトを与える。ここでいうトラフィックにはサービスから消費者（ダウンストリーム）、消費者からサービス（アップストリーム）、C2C（ユーザ間）、B2B（事業者間）およびM2M（機器間）の通信が含まれる。特にM2Mの通信では、単純に通信を行う機器の数が多いためにデータの量も膨大になる。現在、すでに実際に起っていることであるが、新しいサービスはバンド幅の獲得を必要としている。そして、これらの新しいサービス（オンラインゲームなど）は、バンド幅だけでなくリアルタイム応答についても厳密な要求条件を定めている。

これらの要求条件の詳細については、今後連載する記事を参照されたい。

3. NMN アーキテクチャ

ターゲットとなる新たなシステム構築の複雑さを低減するために、NMN アーキテクチャにはシステムパーツの階層化、分離、分割、および仮想化という基本概念を適用すべきである。これらの概念を適用した場合、簡単で高性能なソリューションが得られ、これによってドコモは将来の市場ニーズに答えることができると考える（この点については今後、実験的に証明していく必要があ

る）。

以下に、NMN アーキテクチャの各層を説明する。

3.1 SENとE-SEN

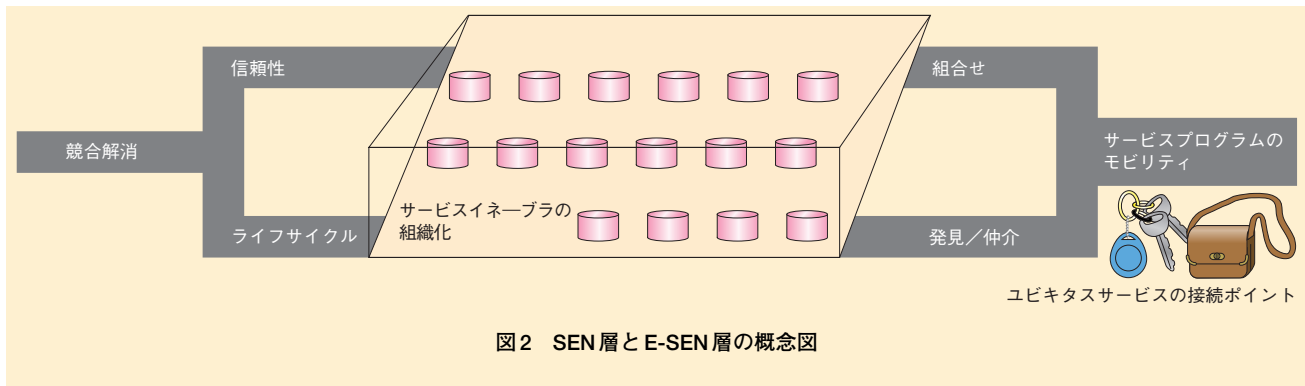
NMN アーキテクチャのSEN層とE-SEN（Extended SEN）層はサービス提供環境を担い、アーキテクチャ全体の上位層に位置付けられるものである。SEN層とE-SEN層の概念図を図2に示す。SEN層とE-SEN層はサービスコンポーネント群と、各コンポーネントを全体のサービスに適合させるために必要な手段にて構成されている。NMN アーキテクチャ内では、これらのコンポーネントはサービスイネーブラと呼ばれる。

そのほかに、SEN層とE-SEN層では、多様なサービスを効率的に使えるようにするために付加的な機能が提供されている。たとえば、サービスの発見／仲介、モビリティ、サービスの組合せ、相互運用性、サービスライフサイクルの管理や、競合解消が行えるようにするための機能が提供されている。そのうえ、人と人どうしだけでなく、人とその周囲環境とのアンビエントサービス^{*5}の実現のために、フレキシブルで再利用可能なサービス提供手法と、ユーザの周囲環境においてどんなものでもサービスへの接続ポイントとして機能できる仕組みが必要である。

このようにE-SEN層の能力を評価する場合は、特にサービス提供環境を充実できる点に着目すべきである。具体的には、ユーザの嗜好を反映するための機能、例えばユーザの

*3 App Store：米国および他の国々で登録されたApple Inc.の商標。
*4 AndroidマーケットTM：米国Google Inc.の商標または登録商標。

*5 アンビエントサービス：人を取り巻く環境にユビキタスサービスが溶け込み、必要な情報などが必要な時に提供されるようなサービス。



過去の行為について状況認識や推論を行うことなどが含まれる。拡張現実感や、高度な対話機能のほか、ユーザガイダンス、レコメンデーションエンジン^{*6}により、NMNのサービス・アーキテクチャ部分の機能全体が完成される。

SEN層とE-SEN層の設計はサードパーティに対しオープンである。それゆえ、例えば外部のユーザがゲートウェイを通してサービスイネーブラを利用することが可能であり、さらに、E-SENプラットフォームの強化のためにサービスイネーブラを提供することも可能である。このようにオープンなSEN層とE-SEN層は、インターネットアプリケーションとのマッシュアップ^{*7}が可能であり、さらに、市販製品の利用を可能にする。

3.2 RMN

NMNアーキテクチャのRMNはE-SEN層から物理層まで延びる制御部を構成し、各層のすべてのリソースの管理を担う。RMNはこれらのリソースをフレキシブルに割り当てることができるため、ビジネスパラ

ダイムの大幅な変更を許容することが可能となる。RMNは複数の移動体通信事業者とインフラのプロバイダからリソースが使えるように設計されている。RMNの概念図を図3に示す。本稿で概説するRMNの基本仕様では、ネットワークのフレキシビリティ、コンポーネントの再利用性、およびリアルタイム適応性についての新しい基準を定めることにより、競合相手に対して差別化を図ることが可能となる。RMNは効率的なネットワーク（ノードとリンク）の分離をサポートできるので、利用用途に基づいたネットワークリソースの制御と管理が可能になる。このような利用用途に基づくリソースの分離は同一物理ネットワーク内に複数のネットワークアーキテクチャの共存を実現する。つまり、RMNによって必要なフレキシビリティが得られていると仮定すると、送信機能、ストレージ機能、処理機能および管理機能の各機能をネットワーク内に導入することが可能になる。ピア・ツー・マルチポイントのような新しいトランスポートと、それに必要となる制御メカニズムの実現、お

よびクロスレイヤ最適化によるユーザへのサービス提供の効率化の実現が、RMNの大きな役割である。つまり、自動設定機能、自動修復機能、自己組織化機能、ネットワーク再構築機能がRMNの中心的な機能となる。

3.3 OMN

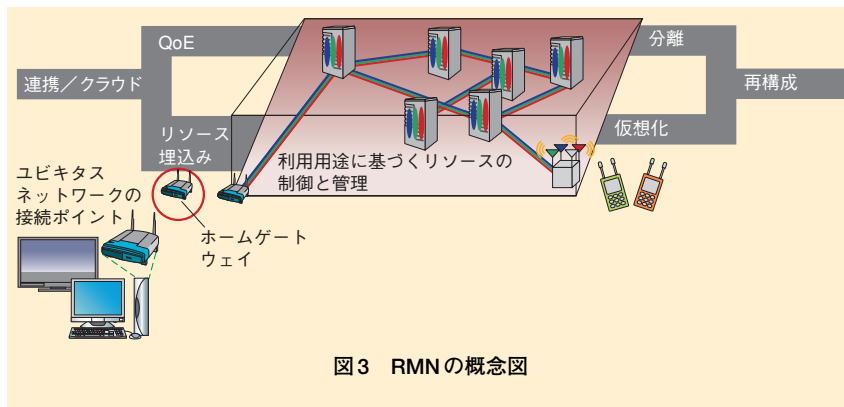
将来のデータ通信量の予測から、ネットワーク容量は大幅に増強しなければならない状況である。移動体通信事業者の場合、コアネットワーク内での通信量（毎秒）がテラビットレベルとなることは必至である。このような通信容量を許容する新しいネットワーキング技術を研究することは重要である。光は電子よりも優れた伝送媒体であり、高速、大容量の伝送を行う場合に効率的であるため、その解決策は高速光伝送によって提供されると見られる。光伝送は豊富なバンド幅をネットワークにもたらすはずである。OMNアーキテクチャの基本設計を図4に示す。OMNアーキテクチャでは、モビリティ管理、無線信号処理、セキュリティなどのネットワークのインテリ

*6 レコメンデーションエンジン：ユーザの行動やサービス選択等のための助言を、ユーザの状況に基づいて提供する論理コンポーネント。

*7 マッシュアップ：複数の異なるサービスやコンテンツを組み合わせて、1つのサ

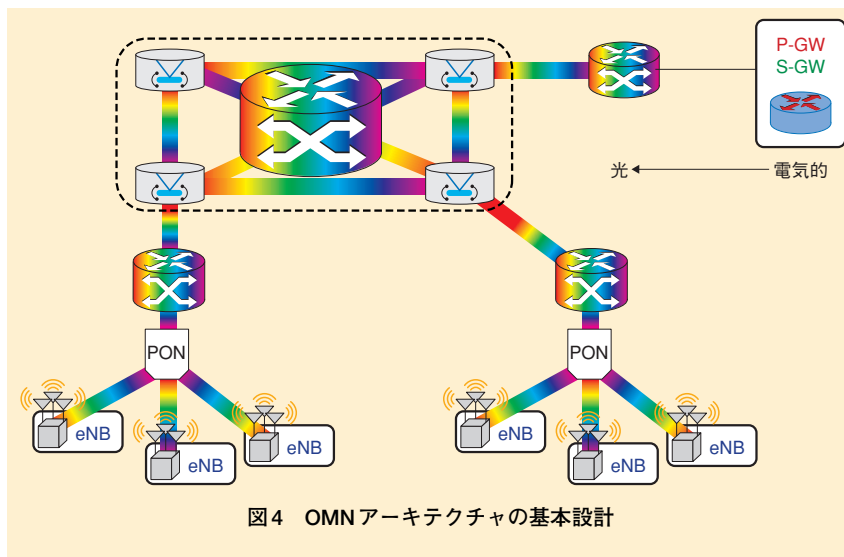
ービスを作成、提供すること。

ジェンスの最適配置を目指している。また、データトラフィックの特性に合わせて光パケットスイッチング、ラムダスイッチング*8、バーストスイッチング*9、ファイバスイッチング*10などの複数の光スイッチングソリューションの選択肢がある。さらに、OMNアーキテクチャにはエネルギー消費を最小限に抑えるための対策も含まれている。



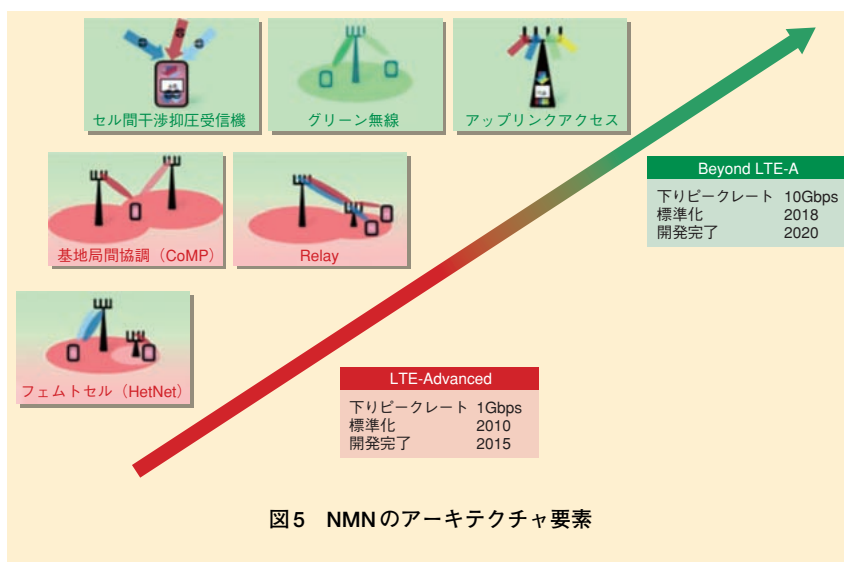
3.4 LTE-A と Beyond LTE-A

本稿で述べたNMNアーキテクチャは、LTE-Advanced (LTE-A) または Beyond LTE-Aによって概説されている無線アクセスネットワークが必須となる。NMNのアーキテクチャ要素を図5に示す。例えばLTE-Aでは最大送信アンテナ数8、最大帯域幅100MHz、最大データ速度1Gbit/sを目標としている。そのため、基地局には基地局間協調送信 (CoMP: Coordinated Multi-Point transmission)*11などの機能が採用されることになっている。さらにRelay*12とネットワークコーディング、干渉管理、ヘテロジニアスネットワーク*13およびMIMO (Multiple-Input Multiple-Output)*14技術により新しい無線アクセスネットワークが構成される。



4. NMN 研究スケジュール

ドコモではNMN商用サービス目標開始時期を2020年前後としていることから、研究計画の概要はこれに従っている。LTEはすでに2010年



*8 ラムダスイッチング：1本のファイバ内で、異なる波長に経路を切り替える方式。
 *9 バーストスイッチング：データの動的な動きで波長を切り替える方式。
 *10 ファイバスイッチング：別の利用可能なファイバに切り替える方式。

*11 基地局間協調 (CoMP)：あるUEに対して、複数のセクタあるいはセルと信号の送受信を行う技術。複数のセルが協調して送受信を行うことにより、他セル干渉低減および所望信号電力の増大を実現する。
 *12 Relay：中継 (Relay) ノードで無線信号

を中継し、エリアの拡大などを行う技術。

末に開始され、LTE-Aの開始時期は2015年前後になると見込まれている。これらのことは、無線アクセスネットワークと同様に、コアネットワークにおける帯域幅需要も増大すると見ていることによる。

ドコモ欧州研究所ではNMNに向けた研究を基本的に次の3つの流れに沿って進めている。すなわち、自社研究、EUプロジェクトにおける大学などの第三者との共同研究とベンダとの協働、および標準化である。これを補完するものが、プロトタイプの実施、テストベッドによる

実験、および実証（具体的には革新的イネーブラおよびサービスシナリオ用の実証）である。開発が最長で2年間におよび、標準化が最長で3年間にわたると仮定すると、研究の時間的枠組みは2015年にまでおよぶことになる（一部の技術に関してはこれより短くなるが、5G用の新たなエア・インタフェースなどの、より先進的で複雑な研究テーマについてはより長い期間を要する）。こうした研究活動はすべて、スマートイノベーションを追求する、ドコモのHEARTイニシアティブの中に位

置付けられている。すなわち、技術を進化・発展させ、付加価値向上に向けたサービス提供に貢献し、その結果をユーザのライフスタイルへの支援につなげていくことができる。

このようにドコモ欧州研究所の研究計画と活動は現在、上記の通りに定め、取組を行っている。

5. あとがき

NMNのメインコンポーネントであるE-SEN, RMN, OMNおよびLTE-Aを図6のように統合してNMNの全体のアーキテクチャが構成され

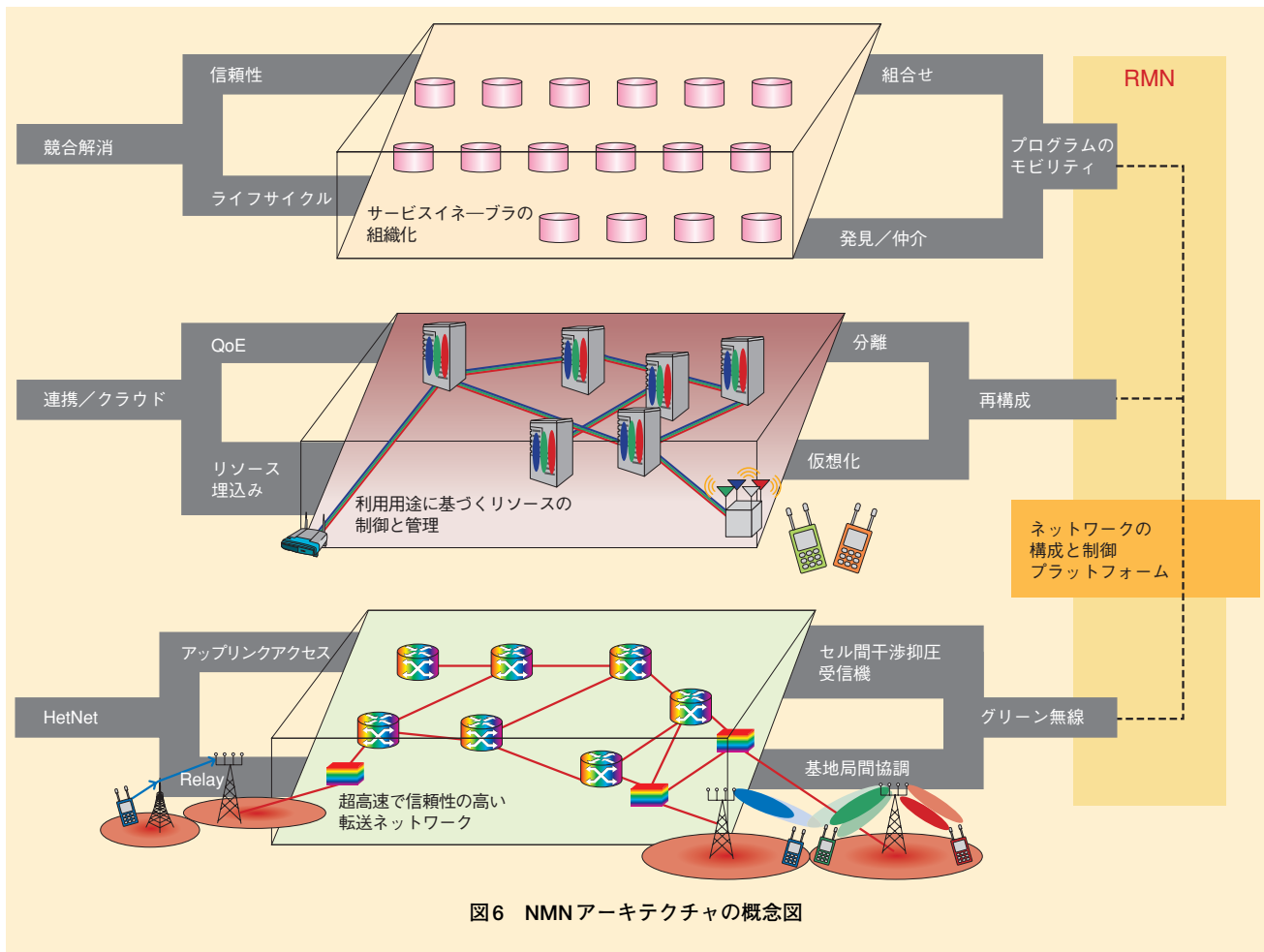


図6 NMNアーキテクチャの概念図

* 13 ヘテロジニアスネットワーク：電力の違うノードがオーバーレイするネットワーク構成。従来の基地局に対し、より送信電力の小さいピコ基地局、フェムト基地局、Wi-Fiなど複数テクノロジーが混在、連携、統合化したネットワーク。

* 14 MIMO：複数の送受信アンテナを用いて伝送容量を増大する無線技術。

る。再構成可能性の潜在力を最大限に発揮させるため、全体アーキテクチャの中に、再構成可能なネットワークと、サービスプラットフォームにまで拡張された制御プラットフォーム、および無線アクセスネットワークが組み込まれていることが分かる。

本アーキテクチャでは、運用コストと資本コストの両面で将来的に高いコスト効率を達成することができると考えている。サービスイネーブラからネットワークリンクとノードまでを含むすべてのリソースのフレキシビリティ、適応性および自己管理能力を組み合わせることで構築する

NMNはドコモの事業の将来を構築する基礎となりうるであろう。

次号では、本稿にて説明したNMNアーキテクチャを用いて実現される革新的なネットワーク付加価値サービスについて解説する予定である。