

エクストリーム NaaS に向けた無線技術 ——マルチ無線プロアクティブ制御技術 Cradio®

無線通信が収容するサービスは、超大容量、超低遅延や、超多数接続といった基本的な性能向上だけでなく、これらを高度に組み合わせた要求条件が求められるようになって考えられます。先鋭化した個々のサービス要件に適した無線アクセスを、必要な場所に柔軟に届けるサービスをエクストリーム NaaS (Network as a Service) と名付け、必要な技術開発を推進しています。その要素技術として、さまざまな無線の状態を把握し、無線アクセスをプロアクティブに制御する Cradio® 技術群の研究開発を進めています。本稿では、エクストリーム NaaS が描く世界像と、マルチ無線プロアクティブ制御技術 Cradio® を紹介します。

さまざまな無線アクセスを 組み合わせたエクストリーム NaaS の実現

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) によって実現される超高速、超低遅延な通信サービスをユーザの端末までエンド・ツー・エンド (E2E) で届けるためには、無線通信の活用が不可欠です。近年の無線通信の目覚ましい発展により、高速、大容量な通信がさまざまな場所で利用できるようになり、また、センサなどの広域、省電力通信向けの無線通信の利用も進んでいます。今後も人・モノの通信の拡大やサイバー・フィジカル融合による新たなサービスの出現により無線通信に求められる要件は拡大すると考えられます。移動通信では、6G (第6世代移動通信システム) に向けた研究開発が開始されており、100 Gbit/s 以上の高速通信、前世代に比べ100倍の大容量化、超低遅延、超多数接続などの性能の向上や、これまで未到達の領域である、航空機内、

海中、宇宙などの領域へのカバレッジ拡大が目標に掲げられています⁽¹⁾。一方で、免許不要帯域を用い、ユーザが自律的に設置可能で柔軟に使用できる、無線 LAN や、LPWA (Low Power Wide Area) と呼ばれる広域、低消費電力な無線アクセスなども次世代の無線規格へと発展が期待できます。これら特性の異なるさまざまな無線規格を要件に応じて適切に利用していくことが今後も重要となると考えています。

現在、これらの無線アクセスは、提供できるスループット、距離、消費電力、品質の安定性など、それぞれの特徴に応じて必要なものをネットワーク事業者などが選択し、構築、サービス提供しています。IOWNの世界では、これらの無線方式の違いをユーザが意識することなく、自然につながり、必要な無線通信の性能を得ることができることをめざしています。このようなサービスのコンセプトを、エクストリーム NaaS (Network as a Service) と名付け、その提供基盤の実現に向けて研究開発を進めています。エクスト

かわむら
河村

けんいち
憲一

もりやま
守山

たかつね
貴庸

おがわ
小川

ともあき
智明

あさい
浅井

ゆうすけ
裕介

たかとり
鷹取

やすし
泰司

NTTアクセスサービスシステム研究所

リーム NaaS のサービス像を図 1 に示します。IOWN の光フルメッシュのネットワークと、光分散コンピューティングを基礎として、多種多様な光・無線アクセスを組み合わせ、エクストリーム NaaS は提供されます。

Cradio® によるナチュラルな 無線アクセス使用感の実現

エクストリーム NaaS を実現するための技術として、複数の無線アクセスを対象とし、それらを組み合わせた場合でもナチュラルな使用感を実現する制御技術群を Cradio® (クレイディオ)⁽²⁾ と名付け、研究開発を進めています。

無線通信では、使用する電波の周波数や通信方式によって、通信速度、遅延、信頼性、広域性、端末の消費電力といった特性が異なります。また、電波の法制度により、免許を取得した通信事業者が運用可能な無線システムから、免許不要でユーザが自由に設置できるもの、他のシステムと周波数を共有して使用するものなどの多様性もあ

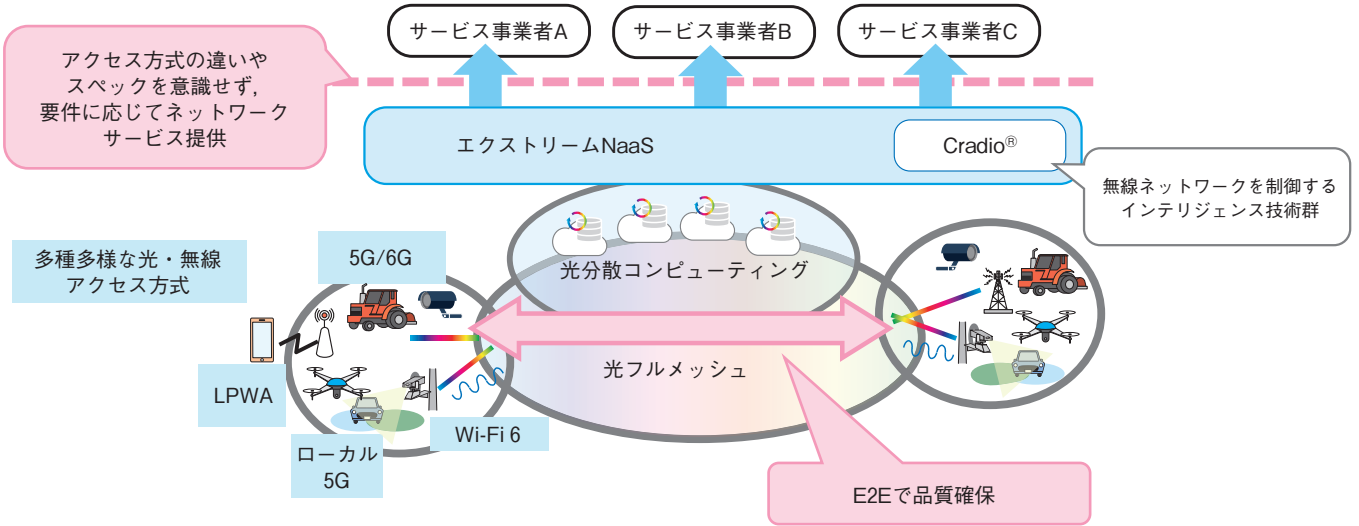


図1 エクストリーム NaaS のコンセプト

さまざまなアプリケーション・システム

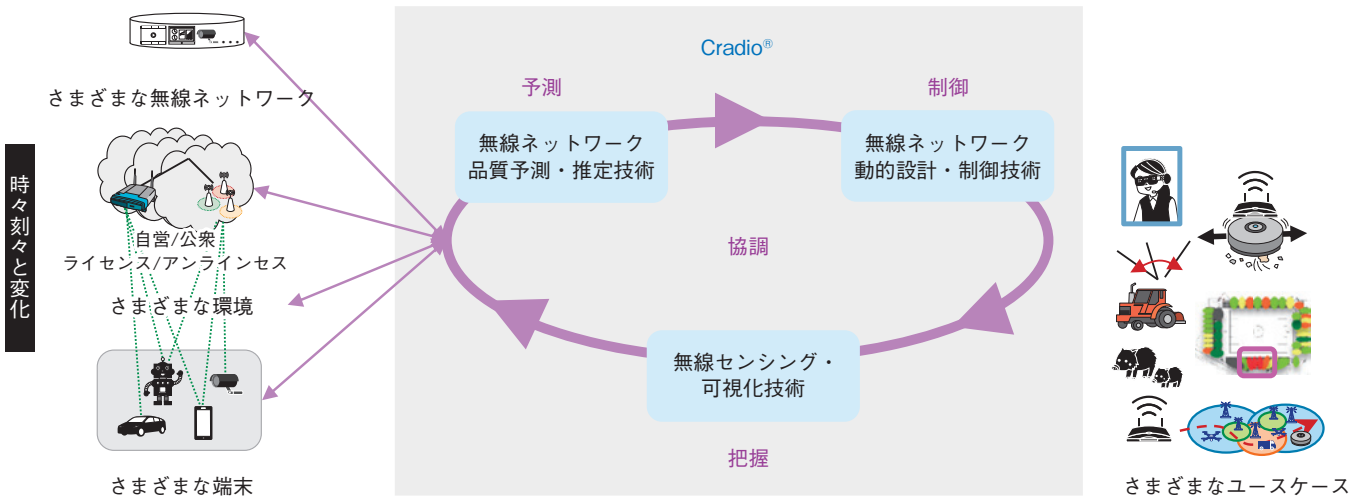


図2 マルチ無線プロアクティブ制御技術 Cradio®

ります。さらに無線通信の品質は周囲の構造物や移動する物体による影響、周囲からの干渉など環境により刻々と変化するため、安定的な通信品質の提供には困難が伴います。これらの特徴の異なる周波数、システムを使いこなし、動的に変化する電波環境へ追従し、これまでにない超大容量、超高信頼、超多数収容、低消費電力などの多

様化かつ先鋭化する要件に対応していくには、電波の物理特性と、各無線アクセスのシステム特性を熟知し、最適に選択し、設計・運用していくことが課題となります。そのような複雑かつ専門知識を必要とするマルチ無線アクセスの利用環境を、より高度かつ自動的に運用することを Cradio® により実現します。

Cradio® のコンセプトを図2に示します。Cradio® の技術群は、大きく「把握」「予測」「制御」の3つの領域に分類されます。Cradio® は、これら3つの領域の技術を高度に実現し、相互に連動させ、さまざまなアプリケーションと協調することで、時々刻々と変化する無線品質の中で、多様なアプリケーション要件に適した無線アクセ

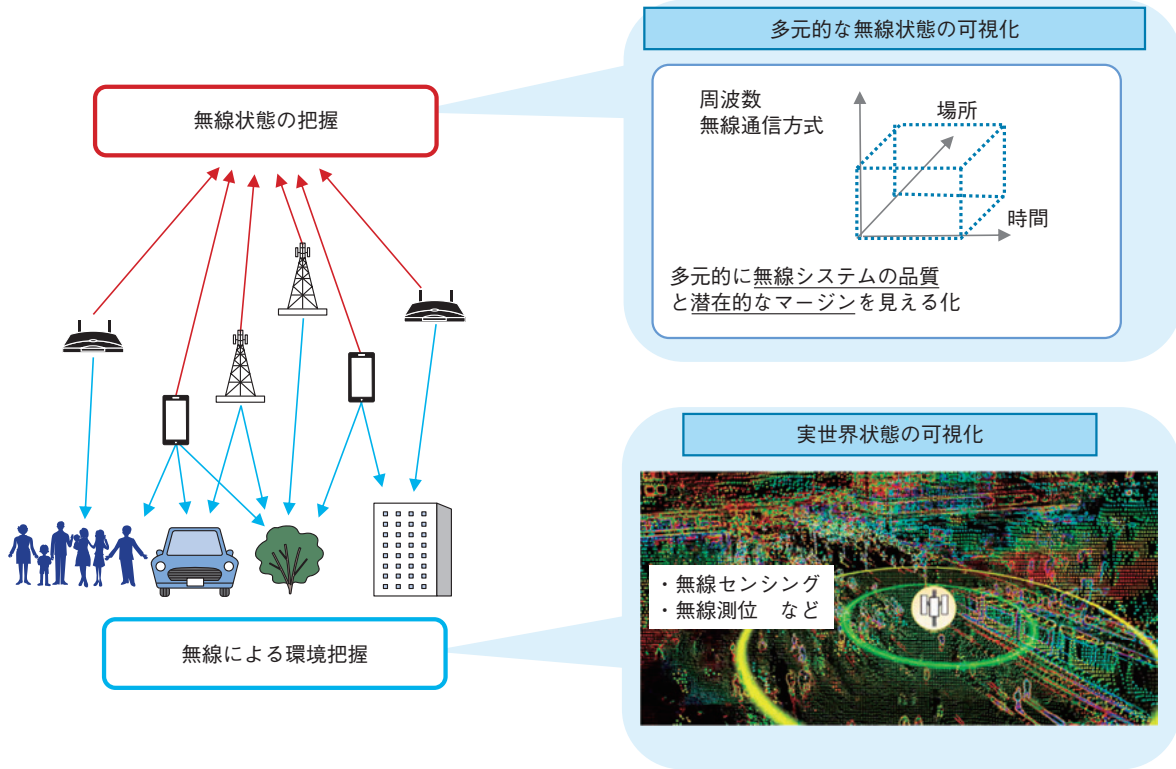


図3 無線センシング・可視化技術

スネットワークをつくり出します。

次の章ではCradio[®]の各領域で現在実用化をめざして開発中の技術を例に挙げ、その概要を紹介します。

Cradio[®]を構成する技術

■把握：無線センシング・可視化技術

「把握」の領域は、さまざまな無線情報をセンシング、分析し、電波と通信の品質、混み具合、端末ごとの利用状況、干渉状態などを可視化します(図3)。また、電波環境に影響を与える構造物の変動の把握や、端末の位置を精度高く取得する技術により、得られる品質の推定を高精度に行うことを可能とします⁽³⁾。

現在開発を進めている技術の例とし

て、建物などの構造物の高精度な三次元データと、さまざまな無線アクセスの種別、周波数種別を考慮した各種電波伝搬モデルやレイトレーシングにより、得られる電波品質を高度に推定、可視化できる技術を開発しています。従来の置局設計ツールでは、基本的に個別システムごとに専用の設計ツールを用いて、無線ネットワークの設計を行うことが一般的でしたが、無線ネットワークを有機的に統合したマルチ無線ネットワークを設計するためには、システム横断での統合的な品質の可視化が必要となります。開発する可視化・把握技術により、無線ネットワークの設計者が、複数の無線アクセスを組み合わせた場合の通信品質を仮想空間上で統一的操作感でシミュレート

し、周波数の特性やシステム特性を最適に考慮された品質の把握が可能となります。

■予測：無線ネットワーク品質予測・推定技術

「予測」の領域では、電波環境を把握し明らかにした無線情報と、端末の位置や周辺環境などの情報を基に、各端末の通信品質が、今後どのように変化していくのか、未来を予測・推定する技術になります。それにより、不安定な無線通信の品質劣化を未然に検知し、より良い品質のネットワークに切り替えたり、送信する映像の伝送レートを事前に調整するなど、アプリケーションのプロアクティブな制御が可能となります。

開発を進めている技術の例として、

過去の品質情報を用いた無線品質予測技術⁽⁴⁾があり、その概要を図4に示します。これは収集した品質の実績データを基に、その基地局で得られる電波強度やスループットなどの通信品質を、AI（人工知能）技術の活用などにより、予測・推定するものです。さまざまな端末で測定された電波強度やスループットなどの品質情報を、位置情報や無線環境のスキャン情報、時間帯の情報などと合わせて学習することで、使用したい無線基地局の品質を場所、時間に応じた推定値を算出し、予測を実現します。AIを用いた予測技術においては、ニューラルネットをベースとして、転移学習技術も活用し、学習のためのデータ収集が容易である電波強度のデータにおける学習結果を、データ収集数が少ないスループットなどの学習に転移させることにより、推定精度を高める技術を適用していま

す。本技術の活用の例として、スマート農業分野において、トラクターの自動運転を行う際に、複数の無線アクセスを予測品質に応じて安定的に切り替える実証実験⁽⁵⁾を行っており、品質劣化前に、より良い無線アクセスに切り替えることで、監視映像を安定的に伝送できるなど有効性を確認しています。

■制御：無線ネットワーク動的設計・制御技術

「制御」の領域では、把握や予測した結果に基づいて、無線アクセスネットワークのパラメータの制御や、さまざまな無線ネットワークを連携・協調させる制御を行います。「制御」の領域での開発技術の例を図5に示します。可動基地局・可動反射板技術では、従来固定的に使用することが一般的である無線基地局を自動的に移動させることで、環境の変化に応じて無線のカバレッジを最適化する技術を開発

しています。ドローンや自動搬送車に搭載した基地局を自動的にトラフィックが集中する場所に移動させ、端末をそちらに誘導することで、局所的に生じる輻輳を回避します⁽⁶⁾。本技術の特徴としては、無線基地局と端末の位置関係をクラスタリング技術により分析することで、最適な配置を自動的に割り出す点になります。また、可動反射板による動的なエリア形成技術についても研究を行っています。別の制御技術として、IoT（Internet of Things）向けの広域、低消費電力が必要な無線アクセスにおいても、伝送の安定化やエリア拡大のための制御技術を開発しています⁽⁷⁾。この技術では、IEEE 802.11ahの無線システムに対して、IoT無線特有の要件であるエリアの拡大や伝送の安定化のためのパラメータ制御を行います。

ここで示した制御技術以外にも、さ

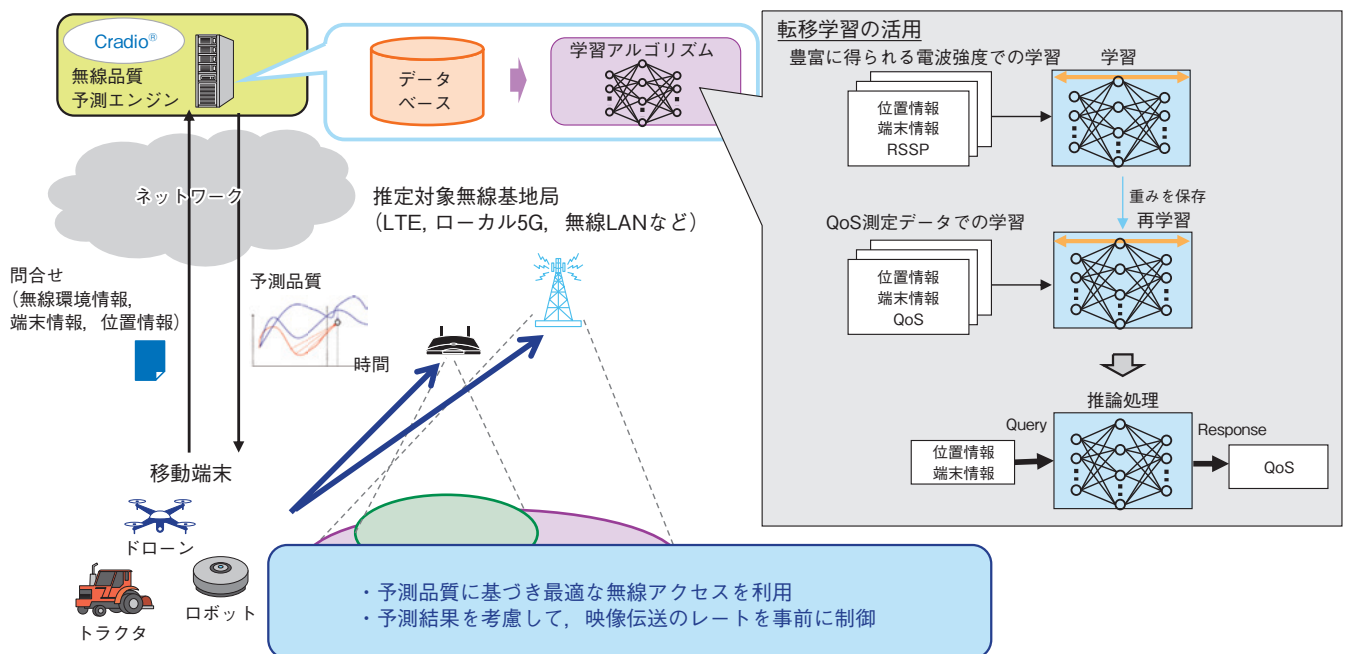


図4 無線ネットワーク品質予測・推定技術

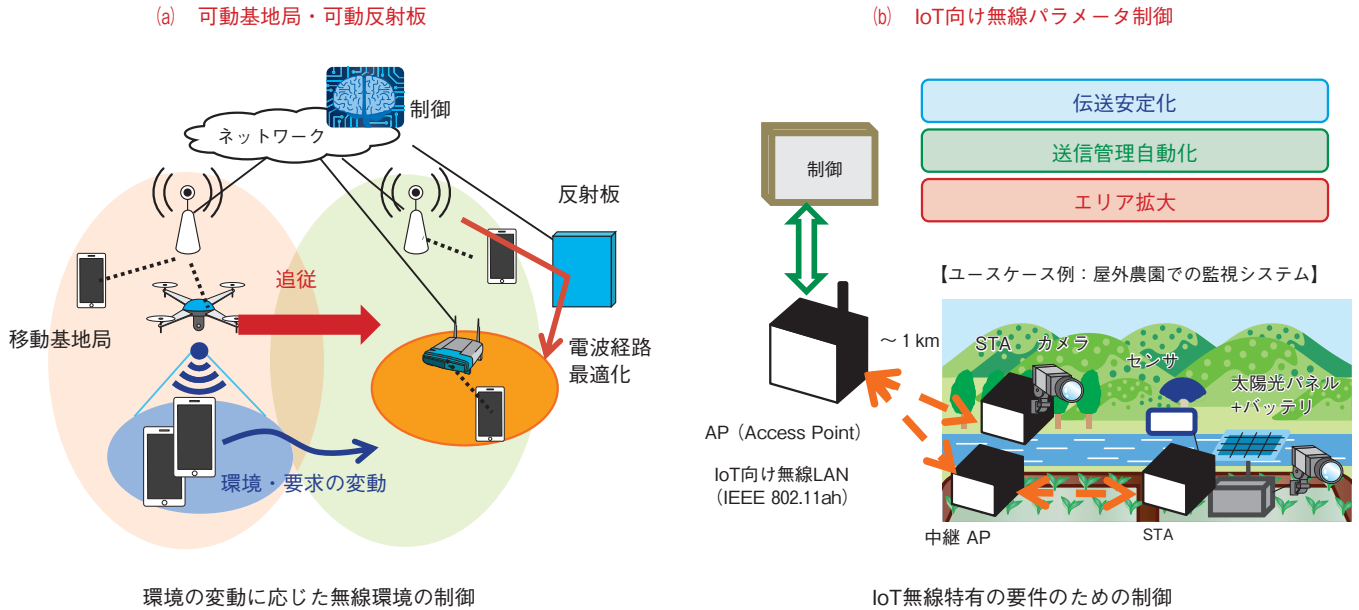


図5 無線ネットワーク動的設計・制御技術

さまざまな制御技術を研究開発しています。それらの制御技術によって、最適な無線ネットワークを必要に応じて自動的に構築・運用する技術をめざしています。

今後の展望

NTTでは、多様かつエクストリームな領域に拡大するアプリケーション要件を満たし、使用する無線アクセス種別を意識させずナチュラルな使用感を実現するため、Cradio®のマルチ無線制御技術の開発を進めており、2030年ごろのIOWNの実用化に合わせて提供できるようにする目標です。その第一歩として、Cradio®を構成する技術のいくつかを実装したプラットフォームの開発を進めています。

参考文献

(1) https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOCOMO_6G_White_PaperJP_20210203.pdf

(2) <https://journal.ntt.co.jp/article/13100>
 (3) <https://www.rd.ntt/as/times/108/02/top.html>
 (4) 若尾・河村・守山：“複数無線アクセス最適利用のための品質予測技術,” NTT技術ジャーナル, Vol. 32, No. 4, pp.11-13, 2020.
 (5) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2020/11/16/201116b.html>
 (6) 中平・佐々木・守山・鷹取：“マルチ無線プロアクティブ制御技術 (Cradio) における可動基地局を用いた無線動的制御,” 信学技報, Vol. 120, No. 314, CQ2020-62, pp. 11-16, Jan. 2021.
 (7) 篠原・井上・浅井・鷹取：“IoT向け広域無線LAN IEEE 802.11ahにおけるチャンネル選択技術,” 信学技報, Vol. 121, No. 43, RCS2021-23, pp. 41-46, May 2021.



(上段左から) 河村 憲一/ 守山 貴庸/
小川 智明



(下段左から) 浅井 裕介/ 鷹取 泰司

エクストリームNaaSによるナチュラルな通信環境を実現するため、さまざまな無線アクセスの制御技術に取り組んでいます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
 無線アクセスプロジェクト
 TEL 046-859-3135
 FAX 046-859-3145
 E-mail kenichi.kawamura.dn@hco.ntt.co.jp