

## <基本計画書>

移動通信システムにおける周波数の高度利用に向けた要素技術の研究開発  
～ M2M 型動的無線通信ネットワーク構築技術の研究開発 ～

### 1. 目的

近年、様々な分野においてセンサネットワーク等のワイヤレス機器の利用が急速に拡大しており、機器間 (Machine-to-Machine: M2M) の無線通信を自律的かつ動的に運用できるシステムの構築が求められている。このようなシステムは、様々な機器が利用される現場において、事前の綿密な計画や設定等を行うことなく、短時間に無線ネットワークを構築することが期待される。しかしながら、現在広く使われているワイヤレス LAN 技術等の自律分散型無線システムでは、複数の無線機器間のネットワークを動的に構築するために必要な、アプリケーションに応じた様々な要求通信品質や無線ノード数のスケーラビリティ、ネットワークトポロジ制御の柔軟性等を満たすことは容易ではない。将来的なアプリケーションの高度化とその応用拡大を見据えつつこれらの要求条件を満たすためには、従来の伝送速度等のサービス品質 (Quality of Service: QoS) を個別に制御する技術では限界があり、総合的に高いアプリケーション品質 (Quality of Experience: QoE、アプリケーションによって得られる満足度) を提供できうる無線通信ネットワーク構築技術の確立が必要である。

そこで、本研究開発においては、自律分散型無線通信ネットワークの混在環境において、時々刻々と変化する無線ノード数、ノード間距離等のネットワーク状況に合わせて、無線リソース割当てとネットワーク制御を動的かつ継続的に行い、周波数利用効率と QoE 充足度を高める新たな無線通信システムを構築する。そのために無線リソースの利用状況 (使用/未使用) と複数のアプリケーションからの様々な要求 QoE を考慮してアプリケーションの收容可能量を予測する無線リソース活用度把握技術、この結果を受けて、利用可能な無線リソースを最大限活用し QoE を極大化するように、無線リソースの割当てとネットワークトポロジ等を決定するクロスレイヤ無線リソース割当て技術および動的ネットワーク構成制御技術を確立し、周波数利用効率とアプリケーションの QoE 充足度の一層の向上に資する。

### 2. 政策的位置付け

○新たな情報通信技術戦略 (平成 22 年 5 月 11 日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部)

#### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

(2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

#### 【重点施策】

○ 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

#### ○新たな情報通信技術戦略 工程表（平成 23 年 8 月改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

3. (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進  
（短期、中期、長期）（前略）次世代ワイヤレス、（中略）の要素技術を研究開発。

#### ○「新成長戦略」（平成22年6月 閣議決定）

##### （2）ライフ・イノベーションによる健康大国戦略

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ I T立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約70兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

#### ○グローバル時代における I C T 政策に関するタスクフォース国際競争力強化検討部会最終報告書（平成22年12月 総務省）

##### 研究開発戦略 主な取組

##### 1. 主な取組の概要

- いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術の研究開発
- ・（前略）ホワイトスペース等の更なる電波の有効利用技術の研究開発等を実施し、その早期導入を図る。

### 3. 目標

無線ノード数、ノード間距離等が時々刻々変化する自律分散無線通信ネットワークにおいて、無線リソース利用状況やアプリケーションからの様々な要求 QoE を考慮した動的無線通信ネットワーク構築技術を確立し、平時・災害時を含む国民の安心安全等に寄与する周波数利用効率の高い動的機器間無線通信ネットワークの実用化を目指す。

また、そのために以下の目標を達成する。

- ・ 無線ネットワーク全体の要求 QoE 充足度の指標化手法を確立する。
- ・ 複数の異なる無線システムが混在する 50m 四方位程度のエリアにおいて、従来のシステムによって構成される無線ネットワークと比較して、入力される総トラフィックに対する要求 QoE 充足度が同等のもと、面的周波数利用効率を 2 倍以上とする。

- ・ 無線ネットワーク構築を自律的に実現する手段を確立し、200 台程度の無線ノードに対して、動的にネットワークを再構成するために必要な時間を 1 秒以下とする。

上記目標を達成するに当たり、適用先の一例として災害時における災害現場や避難所などに常設・あるいは一時的に構築される無線通信ネットワーク等を想定する。そして、テレメトリデータ・センサ出力情報伝送に代表される数 kbps 以下の間欠的低レートトラフィック、音声通話や低解像度動画伝送等に代表される数 10 ～数 100kbps のストリーミング型トラフィックや高精細写真に代表される数 M～数 10MBytes のファイル転送、電子メールやモバイルサイト等に代表される数 k～数 10kBytes のインターネットトラフィック等、要求 QoE の異なる複数のトラフィックが多数同時発生する環境を想定する。

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

柔軟かつ收容能力の高い機器間無線通信ネットワークの実現に向け、自律分散制御を行う複数の無線システムが混在する環境下において、様々なアプリケーションの要求する QoE や無線リソース利用状況を考慮して、周波数利用効率と QoE 充足度を高めるように動的に無線通信ネットワークを構築・制御する技術の研究開発を行う。

このため、無線リソース利用状況と様々なアプリケーションが要求する QoE を把握する無線リソース活用度把握技術、その結果に基づくクロスレイヤ無線リソース割当技術および動的ネットワーク構成制御技術を確立し、周波数利用効率と各アプリケーションの QoE の充足度の向上に資する。

また、これらの技術により機器間無線通信ネットワークを構築できる新しい機能を搭載した無線機を具体的に開発、複数製作し、実アプリケーションを想定した無線ネットワーク実証実験を行うことで、その有効性を確認する。

##### (2) 技術課題および到達目標

###### 技術課題

###### ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

有限な無線リソースを効率的に割り当て、その活用度を最大限高めるには、個々のアプリケーションの運用に必要な無線リソースの量や、その要求 QoE の充足度を把握することが重要である。しかし、従来のコグニティブ無線は未使用の無線リソースを利用して新たな通信を行うために、スペクトラムセンシングによって無線リソースの利用状況を把握するに止まっている。

そこで、複数の自律分散型無線システムが混在する環境下において、自他システムの無線リソースの利用状況を把握すると共に、自他システムのアプリケ

ーションから要求される QoE の推測とその充足度の評価を可能とする技術を確認する。

#### イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

様々なアプリケーションからの要求 QoE の充足と周波数利用効率の向上のため、アプリケーションから要求される QoE と無線リソース利用状況に応じた適切な無線リソース割当技術、無線リンクの伝送品質を改善する技術の確立が課題となる。特に、複数の自律分散型無線システムが混在する環境下においては無線リソース割当ての変更が自他システム間の相互作用を引き起こし、周波数利用効率と QoE 充足度に大きく影響する可能性がある。このため、時々刻々変化する各システムの状況を勘案した無線リソース割当てを行う技術を確認する。

#### ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

機器間無線通信ネットワークにおけるアプリケーションの收容能力の向上には、ネットワーク内に存在する複数の自律分散型無線システムの面的な周波数利用効率をより一層向上させ、かつ各ノードのアプリケーションが要求する QoE の充足度を調整し、全体として最適化することが求められる。このため、時々刻々と変化する無線通信環境において単一又は複数のノードにより構成される各ノードグループ内の識別子、トポロジ、トラフィック、要求 QoE 充足度等を勘案し、動的にネットワークを構築・再構成・制御できる技術を確認する。

### 到達目標

#### ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

様々なアプリケーションの要求する QoE を可能な限り充足するよう無線リソースを割り当てるにあたり必要となる、無線リソースの利用状況とアプリケーションから決定される要求 QoE およびその充足度の指標化手法を確認する。また、これらの指標を生成するために必要となる情報を取得する無線リソース活用度把握技術を確認する。

#### イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

課題アで確認する無線リソース活用度把握技術により取得した情報をもとに要求 QoE の充足度を最大化する動的無線リソース割当技術と、アンテナ特性・構成等を利用したリンク品質制御技術を確認するとともに、これら技術を実装した無線通信システムを構築する。

#### ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

200 台程度以上のノードにより構成される無線ネットワークにおいて、ノードの移動や参入、離脱時に、その状況において最適なネットワークトポロジに 1 秒以内に再構成し、かつ各ノードの要求 QoE を可能な限り充足させるため、

アンテナ特性・構成等を活用した干渉回避技術、各ノードグループ内・ノードグループ間の負荷を適正に分散させるネットワークポロジ動的制御技術を確認する。

- ・ 課題ア、イ、ウにより開発した技術を実装した実証実験機を製作し、50m 四方程度のエリアにおいて文字伝送、音声通話、画像伝送といった異なる要求 QoE を有するアプリケーションを複数同時に実行させた際に、入力される総トラフィックに対する要求 QoE 充足度が同等のもと、従来システムと比較して面的周波数利用効率を 2 倍以上を達成し、迅速かつ適切な動的ネットワーク構成が実現できることを実アプリケーションを想定した実証実験により確認する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

(例)

<平成 24 年度>

ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

無線リソース利用状況と要求 QoE、QoE 充足度の指標化手法、これら指標を生成するために必要となる情報を取得する無線リソース活用度把握技術の基本設計を実施する。また本技術を実現する回路の基本設計を実施する。

イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

課題アにおいて検討する技術を用いて把握した、無線ネットワークの状況に応じて適切に無線リソースを割り当てる具体的方法の基本設計を実施する。この設計に当たっては、アンテナ特性・構成を含めた物理層、MAC 層を総合的に考慮したクロスレイヤ制御によるリンク構成技術とすることで、要求 QoE 充足度と周波数利用効率の向上を図ることを目標とする。また実証実験機の基本設計と製作を実施する。

ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

ノードが変動する無線ネットワークにおいて、それぞれのノード間の干渉を制御する手法と、隣接するゲートウェイと互いに協調して動的に無線通信ネットワークポロジ等を制御する手法の基本設計を実施する。さらにこれを評価するためのコンピュータシミュレータを開発し、検討した動的干渉制御技術および動的ルーティング制御技術の基本性能を確認する。

<平成 25 年度>

ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

前年度に設計した無線リソース活用度把握技術の詳細設計を行い、シミュレーションによる定量評価を実施する。また実証実験機に本技術を実現する回路を実装し、動作の確認を行う。

#### イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

物理層・MAC層の詳細設計と共に、実証実験機の詳細設計と構築を実施する。

#### ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

前年度設計した制御技術の詳細設計を実施し、コンピュータシミュレーションにより定量評価を行う。さらにこの機能を実証実験機に実装し、基本的な動作の確認を行う。

#### <平成26年度>

課題ア、イ、ウにより25年度までに開発した技術を統合した無線システムの性能をシミュレーションならびに実証実験を通じて評価し、従来システムと比較して要求QoEの充足度を考慮した面的周波数利用効率の向上と、迅速かつ適切な動的ネットワーク構成が実現できることを確認する。

### 5. 実施期間

平成24年度から平成26年度年度までの3年間

### 6. その他

#### (1) 成果の普及展開に向けた取組等

##### ①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

##### ②実用化への取組

研究開発期間終了後も「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成28年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

#### (2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数

値目標を定めること。また、従来の技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。研究成果が明確に示されるように、実証実験に際しては実アプリケーションの運用を想定し、計画、実施すること。また、実アプリケーションにある様々な種類の機器を具体的に想定し、周波数利用効率の向上と QoE の実現のみならず回路規模、サイズ、消費電力等が適切に考慮されていること。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。