

## <基本計画書>

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発  
～ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク構築のための  
周波数高度利用技術の研究開発 ～

### 1. 目的

近年、タブレット PC やスマートフォン等の高性能で多機能な携帯無線通信端末が爆発的に普及しつつあり、国内市場における平成 23 年度のスマートフォン出荷台数は前年比 2.3 倍の 1,986 万台と予測され、携帯電話の総出荷台数の約 5 割を占める見込みとなっている。

これらの端末は、超高速 CPU や負荷の大きいプログラムを搭載せず、消費電力を低減して持ち運びを容易にしているところが大きな特徴である。このような端末は、接続されたネットワークの先に超高速・超大型のコンピュータが接続され、必要な時に情報を端末にダウンロードし、必要な時にネットワークの先のコンピュータに計算させ、必要なときデータをアップロードするクラウド的なシステムの利用が前提となっているが、ユーザーがネットワークの先に接続された大型コンピュータを全く意識せず各自の端末を利用可能とするためには、ユーザーが場所等を問わず大容量の情報を極めて短時間にネットワークからダウンロード／アップロードする環境が必要とされる。このため、ネットワークと端末間を超高速かつ低消費電力で接続するワイヤレスアクセスネットワーク※が必須となる。

※ ここで用いる「アクセスネットワーク」とは、光ファイバ等の幹線通信網から分岐してユーザーの端末へ至る通信網を指す。

現在、このような無線ネットワークとしては、マイクロ波帯以下を使用する携帯電話や WiMAX 等の既存のブロードバンドアクセスの周波数利用効率を向上させることにより対応しているが、スマートフォン等の普及に伴う移動通信システムのトラヒックの爆発的な増大（平成 23 年 12 月現在のデータ通信トラヒックは 181.3Gbps であり、平成 22 年 12 月のトラヒック 82.2Gbps から 1 年で約 2.2 倍に増加）による周波数ひっ迫が深刻化していることから、周波数のひっ迫度の比較的低いミリ波帯へのデータオフロードを早期に実現する必要がある。このため、ユーザーの端末へ近距離で瞬時かつ確実に大容量のデータを伝送する無線システム（無線アクセスゲート）等の近距離系ミリ波無線システム、並びに柔軟に配置される近距離系システムを結び、バックボーンとなる幹線通信網に接続するための中距離系ミリ波無線システムによる無線アクセスネットワーク構築技術の確立が求められている。

これらの技術の確立により、ユーザーの端末に近いアクセス系で発生する大容量のトラヒックをミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークに迂回させ、携帯電話や WiMAX 等の既存システムの周波数のひっ迫を緩和するとともに、ミリ波帯の利用促進による周波数有効利用を図ることが期待できる。

## 2. 政策的位置付け

- ・新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

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

- ・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）

## 3. 目標

スマートフォンやタブレット PC 等の高性能・多機能な携帯無線通信端末の普及に伴い、データ通信を中心とする急激なトラフィックの増加が既存の移動通信システムにおける周波数ひっ迫の大きな要因となっていることを踏まえ、携帯無線通信端末からインターネット網への接続（アクセス系）で発生する大量のトラフィックの一部を周波数ひっ迫度の比較的低いミリ波帯へ迂回させるため、ギガビット超級の伝送速度を有するミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークを構築するための周波数高度利用技術を確立する。

## 4. 研究開発内容

### (1) 概要

ミリ波帯でしか実現できない高速伝送技術を用いたワイヤレスアクセスネットワークの構築に資するため、数ギガバイトの大容量データを短時間で伝送可能な低消費電力の携帯端末、ユーザー端末との間で瞬時に大容量データ伝送を行うための無線アクセスゲート、稠密に設置された無線アクセスゲートをメッシュ状に結んで基幹通信網に接続する小型軽量で設置が容易な中距離無線システム、並びに構築したワイヤレスアクセスネットワークの信頼性を維持するための運用技術等を開発する。

なお、ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークの構築を実現するためには、開発した技術を搭載するミリ波帯無線機器の普及・展開が必須になることから、

各技術の研究開発に当たっては、実装の容易性及び製品化の際の生産性（歩留りの向上、低廉化等）を十分に考慮しておく必要がある。

また、複数ユーザーの携帯端末を収容した場合等に個々の無線アクセスゲートにトラヒックが集中的に発生することが予想されるため、無線アクセスゲートを稠密に設置し、ワイヤレスアクセスネットワークを構築する上では、局所的に発生する大量のトラヒックをネットワーク全体で負荷分散して収容することにより、個々の回線容量を超過させることなく効率的に基幹通信網と接続する機能を具備する必要がある。したがって、無線バックホール回線として利用する中距離無線システム及び無線ネットワークの高信頼性を確保するための運用技術については、求められる機能要件を精査しつつ、無線アクセスゲート及び携帯端末と一体的に開発することが必須であり、研究開発の最終段階では、これらを組み合わせた統合実証実験を実施することにより、ワイヤレスアクセスネットワークとしての機能性及び有効性を評価・検証する。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発  
数ギガバイトの大容量データを短時間で伝送可能な低消費電力の携帯端末、駅等の公共スペースや家庭内に設置され、ユーザーの持つ携帯端末との近距離間で瞬時に大容量データ伝送を行うための無線アクセスゲートが必要となる。

携帯端末については、価格が安く、軽くて持ち運びが便利で、電池が長持ちすることが求められることから、携帯端末に備える機能はなるべく簡素化、量産可能なものでなければならない。近年のミリ波無線機器は、シリコン技術の適用により、安価で低消費電力の方向へ向けて動き出しているが、安い、軽い、電池の長持ち等を重視するがゆえに基本的な変復調特性、例えば、I/Q バランスや帯域内平坦性、周波数特性、直線性等の特性については、低い周波数帯の無線機器に比べて必ずしも安定的とはいえず、信頼性や検査の容易性等の量産性の面で依然として課題があるため、このような特性を補償しつつ、無線特性や生産性を高める必要がある。また現状、家庭内の高精細映像伝送等に用いられる 60GHz 帯無線システムの誤り訂正後の最大データ伝送速度は約 3Gbps であるが、USB (Universal Serial Bus) や SATA (Serial Advanced Technology Attachment) 等の高速な汎用インターフェースを具備するユーザー端末によるストレスレスな無線アクセスを実現するためには、誤り訂正後の最大データ伝送速度 6Gbps 以上が必要となる。このような高速な無線環境下では、伝送信号の信号対雑音比が劣化しやすいため、厳しい環境下でも安定した無線伝送を行うことのできる高利得な誤り訂正機能を持つベースバンド信号処理技術が求められる。

一方、無線アクセスゲートについては、ミリ波の物理的性質を踏まえ、欠点を補いつつ特長を生かすための技術として、携帯端末側の変復調特性や伝播路

の不完全性を補正する技術、既存の無線システム等を活用して携帯端末接近時の瞬間的なアクセス接続を安定かつ確実なものとする技術、適切な通信ゾーンを近接形成する高度アンテナ技術等の搭載が求められる。

本研究開発では、これまでの研究開発成果も踏まえ、数ギガバイトの大容量データを短時間で伝送可能な 60 GHz 帯を前提とし、ミリ波帯におけるシリコン CMOS 無線機の特性をマイクロ波帯以下の無線機が持つ高品質な水準まで高めることを目的として、自律的な性能補償やセルフテスト等の高度インテリジェンス性を備えたミリ波帯 RF フロントエンド・ベースバンド CMOS 集積回路の開発を行い、60GHz 帯において近距離でギガビット超級の伝送速度を実現する低消費電力の携帯端末及び無線アクセスゲートシステムを実現する。

#### イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発

公共スペース等に設置された無線アクセスゲートを基幹通信網に接続するためには、幹線通信網のノードと無線アクセスゲートとの数 km 間を柔軟に接続することが可能で、かつ小型軽量で設置が容易な超高速中距離無線システムが必要となる。また、稠密に設置された無線アクセスゲートをカバーするためには、メッシュ状の無線ネットワーク構成が想定され、限られた周波数資源の中で周波数の利用効率を可能な限り高めることが求められる。

本研究開発では、前述の要求を満たすギガビット級の伝送速度で数 km を安定して伝送することが可能な 40GHz 帯を前提に、従来検討されてきた TDD 方式と比較し、周波数の利用効率を倍増させることが可能な同一周波数・同一偏波による同時双方向通信方式を用いた中距離無線システムを開発する。なお、当該システムは、無線ネットワーク構成の自在性・簡便性を確保するため、ミリ波無線の特徴を最大限に生かし、小型かつ軽量で設置の自由度が高く、高利得で鋭い指向性のアンテナを有していることが求められる。

#### ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発

ア項及びイ項で開発するシステムを用いてミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークを構築するには、その高速性、非干渉性などミリ波帯の特長を生かすとともに、トラヒックの負荷集中状況や局地的な豪雨による降雨減衰など伝搬環境の影響を回避・軽減し、無線ネットワーク自体及びユーザー端末への伝送の両面での信頼性を高い確率で維持するネットワークの運用技術が必須である。

本研究開発では、メッシュ状に構成されたミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークにおける無線通信品質の劣化量等のリアルタイム伝搬経路情報を収集するとともに、局所的な降雨減衰等による特定の通信経路が切断する可能性を定期的に予測し、ネットワークの機能低下を未然に防ぐプロアクティブな経路制御技術やユーザー端末の移動により生じる接続無線アクセスゲートの位置の変化を予測し、大容量データを効率的にユーザーに伝送するネットワーク適応制御技術の開発が必須となる。

## 到達目標

- ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発
- ・チップ自体が動作状態をモニターし、それらに応じてチップの特性を自律的に補償することにより、常に最適な性能を発揮する自律性能補償機能やセルフテスト機能等の高度インテリジェンス性を備え、誤り訂正後の最大データ伝送速度 6Gbps 以上を可能とする 60GHz 帯 RF フロントエンド CMOS 集積回路の開発
  - ・60GHz 帯において最大データ伝送速度 6Gbps 以上の安定的な伝送を実現するための、超高速高分解能アナログーデジタル変換回路 (ADC) 及び LDPC 符号等の高利得誤り訂正符号の符号化・復号回路を搭載したベースバンドシステム集積回路の開発
  - ・超低消費電力化デジタル処理回路、瞬間的な通信に適した放射パターンを有する超小型アンテナ一体パッケージ等を搭載し、無線アクセスゲートとの間で最大データ伝送速度 6Gbps 以上での近距離大容量データ伝送を実現する総消費電力 1W 以下の低消費電力携帯端末システムの開発
  - ・既存の無線システムを活用して通信確立を補助する機能、ユーザー端末側の状況に応じたアンテナ、伝搬特性を補償する通信アシスト機能等を搭載し、ユーザー端末との間で最大データ伝送速度 6Gbps 以上での近距離大容量データ伝送を極めて短時間で確実に実施可能とする無線アクセスゲートシステムの開発
- イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発
- ・同一周波数・同一偏波による同時双方向通信における自局送信波回り込みキャンセリングを実現するための送受アンテナ間高アイソレーション化技術、アナログ・デジタルキャンセリング技術及び超高速高分解能 ADC を搭載した高機能ベースバンドシステム集積回路の開発
  - ・同一周波数・同一偏波による同時双方向通信を上り・下りそれぞれの方向で 1Gbps 以上の伝送速度で実現し、従来の FDD/TDD 方式と比較して 2 倍以上の周波数利用効率を実現する 40GHz 帯中距離無線システムの開発
  - ・小型かつ軽量の筐体、高利得で鋭い指向性を持ち複数近接設置に耐え得る分離度を有するアンテナ等、設置の自由度や作業効率の向上を図ることで無線ネットワーク構成の自在性を確保可能な無線装置の開発
- ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発
- ・無線メッシュネットワークにおける無線通信品質の劣化量や適応制御情報等のリアルタイム伝搬路情報を収集し、局所的な降雨減衰等による特定の通信経路が切断する可能性を 10 秒以下の周期で予測することにより、回線断を未

然に防ぐとともに、局所的な降雨の影響を受けるエリアにおけるメッシュネットワークの総容量の低下率を 10%未満に抑えるトラヒック経路制御技術等の適応制御技術の開発

- ・ユーザー端末の移動状況から、接続無線アクセスゲート位置を予測し、適切にデータを配信すること等により、携帯端末へのデータ送信スループットや遅延等の通信品質を維持する技術の開発

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 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発

- ・高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の基本設計
- ・ベースバンドシステム集積回路に係る超高速高分解能 ADC の基礎検討、誤り訂正符号化・復号機能を含むデジタルベースバンド回路の論理設計
- ・携帯端末システムに係るアナログベースバンド回路の TEG 試作、誤り訂正符号化・復号機能を含むデジタルベースバンド回路の FPGA 試作、FPGA 評価基板の開発
- ・無線アクセスゲートシステムに係る電力増幅器、低雑音増幅回路及び直交変調部等の基本設計

イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発

- ・自局送信波回り込みキャンセリング機能の基礎検討
- ・中距離無線システムに係るキーコンポーネントの基本設計・試作

ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発

- ・無線メッシュネットワークの経路制御アルゴリズムの基礎検討
- ・ユーザー端末の移動予測アルゴリズムの基礎検討

<平成25年度>

ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発

- ・高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の試作
- ・ベースバンドシステム集積回路に係る超高速高分解能 ADC の試作、制御部を除くベースバンド CMOS 集積回路の試作・評価
- ・携帯端末システムに係るシステム制御回路の開発、アプリケーションインターフェースの開発
- ・無線アクセスゲートシステムに係る RF モジュール試作

- イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発
  - ・ 自局送信波回り込みキャンセリング技術に係る高機能ベースバンドシステム集積回路の基本設計・試作
  - ・ 中距離無線システムに係る部分回路毎の評価が可能なモジュール連結構成型装置の試作、各種評価ボードの開発

- ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発
  - ・ 無線メッシュネットワークの経路制御アルゴリズムの試作、基本シミュレーション評価
  - ・ ユーザー端末の移動予測に基づくネットワークのデータ転送制御アルゴリズムの試作、基本シミュレーション評価

<平成26年度>

- ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発
  - ・ 高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の評価
  - ・ ベースバンドシステム集積回路に係る超高速高分解能 ADC の評価、制御部を含むベースバンド CMOS 集積回路の試作・評価
  - ・ 携帯端末システムに係るシステム制御回路の改良、アプリケーションインターフェースの改良、RF・ベースバンドを含む最終システム設計
  - ・ RF モジュール等のアナログ機能評価を主目的とした無線アクセスゲートシステムの試作・評価

- イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発
  - ・ 自局送信波回り込みキャンセリング技術に係る高機能ベースバンドシステム集積回路の評価
  - ・ 中距離無線システムに係る試作装置の評価、ベースバンドシステム集積回路の搭載を前提にした屋外設置までを可能とする無線装置の試作

- ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発
  - ・ 無線メッシュネットワークの経路制御アルゴリズムの総合評価用シミュレーション環境の構築、総合評価
  - ・ ユーザー端末の移動予測に基づくネットワークのデータ転送制御アルゴリズムと経路制御アルゴリズムとの親和性に関する総合性能の検討

<平成27年度>

- ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発
  - ・ 高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の実装
  - ・ ベースバンドシステム集積回路の実装

- ・統合実証試験を目的とした携帯端末システムの試作・装置評価
- ・統合実証試験を目的とした無線アクセスゲートシステムの試作・装置評価
- ・ア～ウの各技術を組み合わせたワイヤレスアクセスネットワークとしての統合実証実験・評価

#### イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発

- ・自局送信波回り込みキャンセリング技術に係る高機能ベースバンドシステム集積回路の中距離無線システムへの実装
- ・中距離無線システムの屋外無線装置によるフィールド試験・評価
- ・ア～ウの各技術を組み合わせたワイヤレスアクセスネットワークとしての統合実証実験・評価

#### ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発

- ・無線メッシュネットワークの適応型経路制御アルゴリズムの機能拡張
- ・ユーザー端末の移動予測に基づくネットワークのデータ転送制御アルゴリズムの総合評価
- ・ア～ウの各技術を組み合わせたワイヤレスアクセスネットワークとしての統合実証実験・評価

### 5. 実施期間

平成 24 年度から平成 27 年度までの 4 年間

### 6. その他

#### (1) 成果の普及展開に向けた取組等

##### ア 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化規格・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。

##### イ 実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 30 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) 提案及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。特に、60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムについては、想定される利用シーンやシステムイメージを踏まえ、実用化が有力と考えられるユースケースモデルを検討し、その機能要件を十分に精査した上で、研究方法、実施計画及び年度目標を設定すること。

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。