

## <基本計画書>

### 300GHz 帯無線信号の広帯域・高感度測定技術の研究開発

#### 1. 目的

無線インターネットやスマートフォン等の普及による情報伝送需要の急増や機器の ICT 化に伴う電波利用の拡大により、マイクロ波帯の周波数のひっ迫が懸念されている。モバイルデータトラフィックは、今後も飛躍的に増大することが予想されており、通信容量の確保は喫緊の課題となっている。これらの課題を解決し、増大するモバイルデータトラフィックの要求に応えるために、数十 Gbps 級の伝送速度の実現が可能なミリ波・テラヘルツ波帯の利用が強く求められている。

ミリ波・テラヘルツ波帯の通信に関しては、2020 年頃に 20G-40Gbit/s 程度の実用化が期待されており、情報 KIOSK、モバイルバックホール、データセンター内の通信、スポーツ中継などの 4K/8K 映像コンテンツやリアルタイム遠隔手術現場のケーブルレス化のための高精細画像非圧縮伝送、コンピュータ等の機器内のボード間通信、THz カメラやセンシングなど、様々な形で社会生活に浸透していくことが予想されている。

また、国際機関等においても、ITU-R WP1A で周波数管理の検討が進められているほか、IEEE 802.15 Study Group 100Gbit/s Wireless ではモバイルバックホールなどへの応用を軸に国際規格化の検討が進められている等、国際標準化に向けた取組みが加速している。

今後、通信システム間の干渉を避け、ミリ波・テラヘルツ波帯における電波の効率的な利用を実現するためには、厳密な技術基準の策定やその適合性確認のための試験方法の導入が必要であり、広帯域な無線通信の信号品質を、高精度かつ高効率に測定するための測定手法や測定環境、解析技術を確立することが不可欠である。

本研究開発では、無線システムに使用される周波数資源のミリ波・テラヘルツ波帯への移行を促進するための基盤として、140GHz から 300GHz 帯の無線信号を高精度かつ高効率に測定するために必要な技術を実現することを目的とする。

これによりワイヤレスシステムのミリ波・テラヘルツ波帯への移行や周波数の有効利用を促進するとともに、我が国のワイヤレス分野における国際競争力強化に資する。

#### 2. 政策的位置付け

- ・電波有効利用の促進に関する検討会報告書（平成 24 年 12 月 25 日）
  - 第 1 章 電波利用環境の変化に応じた規律の柔軟な見直し
    - 1. 電波有効利用を促進する柔軟な無線局の運用
      - (3) 周波数再編の加速

## ② 電波有効利用技術の活用

電波の有効利用を一層推進する観点から、今後は、センサーネットワーク、M2M、テラヘルツ帯デバイス、無人無線航行関連技術など、新たなニーズに対応した無線技術をタイムリーに実現するとともに、電波利用環境を保護するための技術について開発をより一層推進するため、国際標準化、国際展開も含め、成果の実用化に向けた各段階の取組の充実・強化を図ることが必要である。(本文 7 ページ 21～25 行目)

## 第 3 章 電波利用料の活用の在り方

### 1. 電波利用料の新たな活用分野

#### (1) 検討に当たっての基本認識

① 昨今、スマートフォンの急速な普及等により、移動通信トラフィックが前年度比 2 倍以上の割合で増加する等周波数のひっ迫が深刻化していることを踏まえると、電波の有効利用や周波数の移行等に一層強力に取り組み、他の無線システムに割当て可能な周波数を生み出すことや追加的な周波数の割当てを回避することにより、周波数のひっ迫状況を迅速に緩和する対策の必要性が高まっていること (本文 19 ページ 25～30 行目)

### 3. 目標

ミリ波・テラヘルツ波帯の通信の信号品質を定量的に評価可能な汎用測定器の実現のため、140GHz から 300GHz 帯の広帯域の無線信号を対象とした測定環境の構築方法、測定手法及び解析技術を確立する。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

140GHz から 300GHz 帯の送信信号の品質を高精度かつ高効率に評価するために必要な以下の要素技術を確立する。

ア 測定系内で信号を周波数変換する際に生じるイメージ成分を除去し、測定対象のみを抽出する高精度なフィルタの実現及び送信信号の品質を高精度に測定するために必要な測定環境の構築手法を含む送信系計測技術

イ ベースバンド帯域が 15GHz を超える変調信号の信号品質を定量的に評価可能とする広帯域変調解析技術

#### (2) 技術課題および到達目標

##### 技術課題

##### ア 送信系計測技術の開発

ミリ波・テラヘルツ波帯の無線信号では変調帯域の拡大に伴いスペクトル密度が低下するため、これまでに開発されてきた 140GHz まで適用可能な技術よりもさらに高感度なスペクトル測定や変調信号解析の技術が必要とされる。しか

し、周波数が高くなるにつれ、測定系の雑音レベル、周波数変換時の損失、局部発振器の位相雑音などが上昇して技術的な困難さが格段に増大することから、このような測定技術は確立されていない。

また、ミリ波・テラヘルツ波帯の通信では、QPSK 変調信号などの周波数効率の高い変調方式の採用が予想されるものの、現状ではこれらの周波数帯における QPSK などの位相変調に対応する測定手法は未検討であり、送信系を評価するための測定環境も実現されていない。このことから、被測定信号を発生する信号源とその信号を評価する測定系とからなる送信系計測用テストベッドの開発を通じた、スプリアス測定や QPSK 変調信号などの品質測定に必要な測定環境の構築方法や測定手法の確立が求められている。

信号レベルの基準となる信号源の実現のためには、信号源の周波数特性等を補償する技術や信号解析実験系の測定レベルを校正する技術を開発し、信号レベルの絶対値評価を実現するとともに、その測定精度を評価することが必要である。

測定系の構築においては、無線信号をダウンコンバートするためのフロントエンドを試作し、市販のスペクトラムアナライザなどを使用してスペクトル解析を実現することが必要とされる。

測定系およびそれを評価するための信号源に使用する局部発振器については、 $-120\text{dBc/Hz}$  よりも優れたフロア雑音特性が必要となる。また、スペクトル解析の際には測定系内で発生するスプリアスが信号と同一周波数で重なることを避けるために局部発振器の周波数を可変とする必要がある。

これらの信号源と測定系を組み合わせた送信系計測用試験システムによる実測定を想定した実験を通して、測定環境の構築手法を含めた送信系の測定手法を確立する必要がある。

さらに、ミリ波・テラヘルツ波帯の通信の実用化においてもマイクロ波帯と同様に、他の通信システムへの混信防止のため、不要発射によるスプリアスに対する規格策定と遵守が必要となるが、現状では規格の基盤となる高精度なスペクトル測定手法が実現されていない。特に、スペクトル測定においてプリセレクタを使用しない場合、ダウンコンバート時にイメージ成分が IF 信号に混入し、正確なスペクトル測定が実施できない。このため、測定におけるイメージ成分を除去し、測定対象のみを抽出する高精度のフィルタの実現が課題となっている。

上記の実現方策として、例えば、軸長が可変な空洞共振器を用いたフィルタの開発が考えられる。この場合、開発するフィルタは方形導波管で接続される形態をとることが想定されるため、 $140\text{GHz}$  から  $300\text{GHz}$  帯の全域をカバーするために複数のフィルタを準備する必要がある。

## イ 広帯域変調解析技術の開発

モバイルバックホールのように、長い通信距離が想定される通信では、雑音

耐性の高い QPSK が有力な変調方式の一つと考えられているが、この周波数帯における高効率な広帯域 QPSK 通信技術の開発や運用に必要な信号品質評価のための変調信号解析技術は確立されていない。

現状では 20Gbit/s の QPSK 信号の定量評価も困難である。ダウンコンバータを使用することにより、形式的に測定系を構築することは可能であるものの、その測定値には被測定信号の真の特性と測定系の特性が分離されずに含まれ、測定系の周波数特性などを補償しない限り、正しい測定結果を得ることができない。このことから、ミリ波・テラヘルツ波帯の変調信号の信号品質を高精度に評価可能な測定装置の開発は喫緊の課題であると言える。

QPSK 変調を用いた伝送速度 20Gbit/s の通信を考えると、シンボル速度が 10GSymbol/s となることから、測定装置を実現する上では、解析帯域幅を 15GHz 程度確保することが必要となる。また、アで実現するフロントエンドと組み合わせることによって、当該周波数帯の信号に対する高精度な変調解析を実現できることが必要である。

上記の実現方策として、例えば、ミリ波・テラヘルツ波帯広帯域変調信号に対応する IF 信号に対して低雑音の量子化と復調を行うことで高精度な EVM 測定が可能な変調解析系を構築することが考えられる。

また、EVM 測定技術の実現においては、フロントエンドの振幅・位相特性や IQ インバランス等を補償するための技術の確立が求められており、これらの補償が可能な構成を実現する必要がある。

#### 到達目標

140GHz から 300GHz 帯の QPSK 変調信号(被測定信号レベル-15dBm 以上を想定)などの品質を測定、評価するための要素技術として、次の 2 つを実現する。

ア 140GHz から 300GHz 帯の信号品質を帯域幅 15GHz 以上で測定可能とする測定技術及び測定環境構築技術並びに測定系内で生じる周波数変換時のイメージ成分を除去するフィルタの構成技術からなる送信系計測技術。

—信号解析実験系に使用する局部発振器については、-120dBc/Hz よりも優れたフロア雑音特性とする。

—スペクトル解析の際に測定系内で発生するスプリアスが信号と同一周波数で重なることを避けるため、局部発振器の周波数を可変とする。

—上記フィルタのイメージ除去比は、200GHz において 30dB 以上とする。

—対象無線信号を高精度に測定するための 140GHz から 300GHz 帯に対応した実証システムを実現する。

イ 解析帯域幅 15GHz 以上で、140GHz から 300GHz 帯の QPSK 変調信号の品質をエラーベクトル振幅 (EVM) 10%以下で評価可能とするための広帯域変調解析技術。

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27年度>

- ア 送信系計測技術の開発
  - ・CW/ASK 変調信号源の設計と試作
  - ・フロントエンド1次試作
  - ・高精度フィルタの検討
- イ 広帯域変調解析技術の開発
  - ・変調解析技術の方式検討
  - ・変調解析原理検証試作

<平成28年度>

- ア 送信系計測技術の開発
  - ・BPSK/QPSK 変調信号源1次試作
  - ・フロントエンド2次試作
  - ・レベル校正システム試作
  - ・高精度フィルタ原理検証モデル試作
- イ 広帯域変調解析技術の開発
  - ・変調解析系1次試作

<平成29年度>

- ア 送信系計測技術の開発
  - ・BPSK/QPSK 変調信号源2次試作
  - ・送信系計測用試験システム1次試作
  - ・高精度フィルタ1次試作
- イ 広帯域変調解析技術の開発
  - ・変調解析系2次試作

<平成30年度>

- ア 送信系計測技術の開発
  - ・送信系計測用試験システム2次試作及び総合評価
  - ・高精度フィルタ2次試作及び性能評価
- イ 広帯域変調解析技術の開発
  - ・変調解析系総合検証試作

## 5. 実施期間

平成27年度から30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

### 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。

### ②実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成35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。