

<基本計画書>

次世代無線通信測定技術の研究開発

～ 100GHz 超帯域無線信号の高精度測定技術の研究開発 ～

1. 目的

電波利用ニーズの高まり等による無線システムの高い周波数帯への移行に伴い、家庭内のワイヤレスブロードバンド化を実現する WPAN（ワイヤレスパーソナルエリアネットワーク）や安全・安心な運転をサポートするミリ波レーダーに代表されるミリ波帯無線システムの利用、さらには 100GHz 超の無線システムを実現する取組が急速に進展している。

その一方で、現在、60～70GHz 帯の無線システムの 2 次高調波や 100GHz 超の周波数帯における無線信号については、周波数が高くなるにしたがって、測定器の雑音レベル及び変換損失が増加すること、及び周波数確度が低下すること等の理由から、高感度かつ高精度な測定技術が確立されていない状況にある。さらに、局部発振器の高調波を測定結果から分離することもできず、不要発射等の未知の測定対象についても、厳密な測定が困難となっている。

今後もミリ波帯等の未利用周波数帯の電波利用は飛躍的にそのニーズを増すものと予測される。これら周波数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、そのための高精度かつ高効率な測定技術を確立することが不可欠である。また、無線通信規則（RR）の改定により、無線システムの有害な混信を避けるために、100GHz 超帯においても厳密なスプリアス測定が求められている。

本研究開発は、無線システムに使用される周波数資源のミリ波帯への移行促進するための基盤として、100GHz 超帯の微弱スプリアス信号を含めた無線信号を高精度かつ短時間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

・新成長戦略（閣議決定 平成 22 年 6 月）

成長を支えるプラットフォーム

（5）科学・技術・情報通信立国戦略

～IT 立国・日本～

（情報通信技術は新たなイノベーションを生む基盤）

情報通信技術は、距離や時間を超越して、ヒト、モノ、カネ、情報を結びつける。未来の成長に向け、「コンクリートの道」から「光の道」へと発想を転換し、情報通信技術が国民生活や経済活動の全般に取り組みられることにより、経済社会システムが抜本的に効率化し、新たなイノベーション

を生み出す基盤となる。

同戦略（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 ～IT立国・日本～②

戦略分野への技術開発の集中・推進（新世代ネットワーク、・・・等）

- ・情報通信審議会答申 我が国の国際競争力を強化するための ICT 研究開発・標準化戦略

第 1 部 研究開発戦略（UNS 研究開発戦略プログラム II）（平成 20 年 6 月）

3. 4 研究開発分野毎の研究開発推進戦略

・ユビキタスマビリティ

有限である電波資源を効率的に使うためのもっとも基礎的な研究開発であり、既存のアプリケーションの高度化だけでなく新たなアプリケーションの創成にもつながる可能性があり、かつ総じて我が国の研究開発水準が高い「電波資源の研究開発」について、今後とも重点的かつ精力的に取り組んでいく（略）。

・図 3-4-2-2 電波資源の研究開発のロードマップ

未利用周波数帯の利用を促進する機器の小型化、省電力化、低廉化等に資する基盤技術を確立

- ・電波新産業創出戦略～電波政策懇談会報告書～（平成 21 年 7 月）

第 6 章 電波を活用した新産業の創出に向けて

6-2 2020 年に現在の 100 倍の周波数利用効率向上へ

（略）周波数有効利用の観点としては、今後予想される電波利用システムのトラヒック増とそれに伴う周波数需要増に対応するため、周波数配分と連動して、重要課題※の研究開発を包括的に推進する（略）。

6-3-2 家庭内ワイヤレスプロジェクト

家庭内ワイヤレスシステムに適した周波数としては、強い直進性を持ち、特定の方向に向けて、短距離の通信区間において大容量データ情報の伝送に適している準ミリ波及びミリ波帯について検討することが適当である。

（略）電波の特性とシステムの利用形態の関係、国際標準化動向、国際の研究開発動向等を考慮しつつ、準ミリ波帯及びミリ波帯（60GHz 帯、70GHz 帯、120GHz 帯等）を候補として、周波数分配を検討することが適当である。

※図表 6-3 電波新産業創出プロジェクトにおいて推進すべき重要研究開発課題

プラットフォーム技術、ワイヤレス認証技術、コグニティブ無線技術、ネットワーク技術、ソフトウェア無線技術、アプライアンス技術

3. 目標

- ①100GHz 超帯の無線信号の測定において、測定器におけるイメージ応答の抑制と従来方式の高調波ミキサ方式に比較し周波数変換損失の 20dB 以上向上を実現しつつ、数十 GHz の広帯域幅で中間周波数帯に変換する周波数変換技術の確立、及び汎用測定器等へ接続可能とする技術の確立

②100GHz 超帯の無線信号の周波数変換を可能とする高安定・高信号純度・高出力な発振信号源の確立

③各要素技術を組み合わせた統合計測システムの 110GHz 以下～140GHz 以上帯における動作の実証

4. 研究開発内容

(1) 概要

一般への普及が想定される 60～70GHz 帯無線機器の 2 次高調波評価及び 100GHz 超帯の無線信号の評価のための 110GHz 以下～140GHz 以上帯高感度測定技術の確立を目指す。従来の高調波ミキサ方式に代えて、広帯域基本波ミキサによる高効率周波数変換装置を開発する。周波数変換に必要となる高安定・高信号純度ミリ波帯局部発振器を開発する。これらを既存の汎用測定器（スペクトラムアナライザ）の外部付加装置として組み合わせることで、110GHz 以下～140GHz 以上の無線信号の高精度測定技術を実現することを目的とする。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

110GHz 以上の帯域に対応した周波数変換器として高調波ミキサが既に市販されており、スペクトル計測は可能であるが、その周波数変換効率は低く、微弱なスプリアス測定には適さない。

また、高調波ミキサ方式には不要イメージが発生するという問題がある。局部発振周波数が低く、不要イメージと所望信号の周波数間隔が大きく取れない。60GHz 帯無線システムでは数 GHz の帯域を活用するものもあり、その 2 次高調波は 10GHz を超える帯域幅を持つ。これが不要イメージとの周波数間隔を超えると正しい信号測定が不可能となる。

これらの課題を解決するため、基本波ミキシング方式による広帯域周波数変換技術の実現が必要である。要素技術として、周波数変換器の低損失化技術と、高安定・高信号純度・高出力なミリ波帯局部発振器の開発が必要となる。また、各要素の開発成果を実証するために、全体を組み合わせでの総合評価やスペクトラムアナライザとしての実用性評価も必要である。

ア 広帯域周波数変換技術の開発

広帯域のスプリアス測定評価に利用できる基本波ミキシング方式による周波数変換器を開発し、被測定信号周波数 110GHz 以下～140GHz 以上、局部発振周波数 100GHz 帯、変換損失 10dB 以下とし、既存の高調波ミキサによる変換損失 31dB @ 110GHz と比較し 20dB 以上改善すること、化合物半導体を使ったモノリシック集積回路化などが課題である。

なお、前置フィルタを設置する場合には、フィルタバンク切替、連続可変同調等の実現手法のうちから目標を達成するための最適な手法を選択し、前置フィルタと周波数変換器との総合損失40dB以下とすることが課題である。

また、プリアンプを設置する場合には、最先端デバイス技術を生かした広帯域低雑音増幅器を開発し、周波数帯域 110GHz 以下～140GHz 以上、利得 20dB 程度、NF 4dB 以下とすることが課題であり、プリアンプを迂回するための機能も必要である。

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

アの周波数変換に必要となる高安定・高信号純度・高出力な 100GHz 帯局部発振器を開発し、年間の周波数精度 10^{-8} 以下、100GHz における SSB 位相ノイズ $-80\text{dBc}/\text{Hz}$ (10kHz offset) 以下とすることが課題である。周波数変換の十分なダイナミックレンジを確保するためには、光信号処理技術を使った周波数逡倍回路を実現するなど高信号純度を保ったままで出力振幅 13dBm 以上とすることが課題である。

なお、OFDM 変調方式のミリ波伝送に対応するためには 100GHz における SSB 位相ノイズ $-110\text{dBc}/\text{Hz}$ (1MHz offset) 以下、マイクロ波帯と同等にちゅう密な周波数配置のミリ波帯無線通信システムを実現するためには 1 秒間の周波数安定度 10^{-12} 以下、年間の周波数変動 10^{-11} 以下の基準信号源を実現することが課題である。

ウ 統合計測システム技術の開発

ア及びイのための超広帯域デバイス及びモジュールの計測評価技術の開発とともに、ア及びイの開発技術を統合し、市販の 50GHz 帯スペクトラムアナライザの外部付加装置として組み合わせた高精度計測システムを構成し、110GHz 以下～140GHz 以上の入力信号帯域における技術的検証を行うことが必要である。

到達目標

要素技術として次の2つを実現する。

- ①帯域幅数十 GHz 以上、変換損失 10dB 以下（前置フィルタを含む場合は 40dB 以下）の周波数変換技術
- ②年間の周波数精度 10^{-8} 以下、100GHz における SSB 位相ノイズ $-80\text{dBc}/\text{Hz}$ (10kHz offset) 以下、出力振幅 13dBm 以上の高安定局部発振技術（選択的目標として、100GHz における SSB 位相ノイズ $-110\text{dBc}/\text{Hz}$ (1MHz offset) 以下の局部発振技術、1 秒間の周波数安定度 10^{-12} 以下、年間の周波数変動 10^{-11} 以下の超高安定基準信号源）

さらに、これらを含む全体として、対象無線信号を高精度に測定するための110GHz以下～140GHz以上の実証システムを実現する。

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。

(選択的目標の超高安定基準信号源を含む場合の例)

<平成23年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発

- ・ミリ波フィルタの設計並びに、設計時のシミュレーションと実機との特性比較検証を目的とした1次試作及び評価実験
- ・周波数変換特性等を把握し、シミュレーションとの差異を明確にするための高周波・広帯域ミキサの1次試作
- ・狭帯域100GHz超周波数変換ミキサを用いた局部発振信号の位相雑音、周波数安定度評価系の構築

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・光電気変換式信号発生器におけるミリ波信号発生原理の確認と問題点明確化のための1次試作
- ・光学部駆動電気回路仕様の検討
- ・25GHz発振器の試作と評価
- ・原子発振器プロトタイプモデルの基本設計

ウ 統合計測システム技術の開発（次年度より着手）

<平成24年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発

- ・十分なイメージ抑圧比を確保するために必要な統合システム用ミリ波フィルタの設計と第2次試作
- ・試作した統合システム用2次試作ミリ波フィルタの評価実験
- ・1次試作における問題点を克服した高周波・広帯域ミキサの2次試作
- ・狭帯域100GHz超周波数変換ミキサを用いた局部発振信号の位相雑音、周波数安定度評価系の調整・評価

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・1次試作光電気変換式信号発生器の位相雑音評価
- ・1次試作の問題点を克服した統合システム用2次試作光電気変換式信号発生器光学部、電気系、制御系の設計と試作評価
- ・原子発振器プロトタイプモデルの詳細設計
- ・原子発振器プロトタイプモデル量子部試作及び基本機能の実証

ウ 統合計測システム技術の開発

- ・総合特性評価及び問題点把握のための2次試作高周波・広帯域ミキサと

前置フィルタを統合したパッシブ系フロントエンドモジュールの1次試作と動作確認

<平成 25 年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発

- ・ 2次試作高周波・広帯域ミキサを用いた局部発振信号の位相雑音、周波数安定度評価系の総合評価

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・ 2次試作光電気変換式信号発生器を用いたミリ波変調信号発生器の構築
- ・ 2次試作光電気変換式信号発生器総合調整
- ・ 原子発振器プロトタイプモデル量子部及び電子制御部試作と基本機能の実証
- ・ 組込用原子発振器（小型モデル）の設計

ウ 統合計測システム技術の開発

- ・ 1次試作における問題点を克服したパッシブ系フロントエンドモジュールの2次試作と動作評価
- ・ 統合計測システムの制御項目の把握を行うためのスペクトラム解析実証実験系の1次試作と評価

<平成 26 年度>

ア 広帯域周波数変換技術の開発（前年度に終了）

イ ミリ波帯局部発振技術の開発

- ・ 光電力標準から100GHz超ミリ波電力標準へのトレーサビリティ実証実験及び不確かさ評価
- ・ 組込用原子発振器（小型モデル）の試作及び性能評価

ウ 統合計測システム技術の開発

- ・ 統合計測システムとして稼働可能なスペクトラム解析実験系2次試作と性能評価
- ・ 総合調整及び測定精度、スプリアス感度等の諸特性に関する総合評価
- ・ 実測評価実験

5. 実施期間

平成 23 年度から平成 26 年度までの 4 年間

6. その他

(1) 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数値目標及びその根拠（何をもって最適と判断するかなど）を提案書に記載するとともに、「100GHz超帯域無線信号の高精度測定技術」の実用化の将来

見込みを記載し、提案すること。

なお、提案に当たっては目標を達成するための具体的な研究方法及び年度目標について明記すること。

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。

また、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。

(2) 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機関・団体、国際学会等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、これら団体等への提案活動を行うものとする。

なお、提案を想定する団体等及び具体的な提案活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

(3) その他

本研究開発による測定技術について、平成29年度までの実用化を目指すとともに、本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施するなど、実用化に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も行い、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。