

<基本計画書>

周波数有効利用に資する次世代宇宙通信技術の研究開発
～ 動的偏波・周波数制御による衛星通信の大容量化技術の研究開発 ～

1. 目的

衛星通信は広域をカバーすることのできる情報通信インフラであり、衛星中継器の使用率は高い傾向にある。近年、船舶上において、Ku 帯衛星通信を利用したブロードバンド通信が可能となり、今後更なるトラフィックの増加が見込めることから、通信容量増加への対応が必要となっている。

通信容量を増加させるためには、新規通信衛星を追加することや周波数利用効率を向上させる等の手段があるが、静止衛星の軌道位置と周波数は有限であるため、新規通信衛星の追加は容易ではない。また、周波数効率の向上についても、通信衛星での対応が必要な場合には、新規の人工衛星が必要となるため、中・長期的な対応が必要となる。

そのため、本研究開発では、近年における船舶など移動体向けのブロードバンド衛星通信の需要増加への対応、更には機器更新が容易であり比較的短期間での対応が可能な地球局への導入を目指し、高い周波数利用効率化を実現することを目的とする。

本研究開発により、電波の高度有効利用に資するとともに、当該技術の国際標準化を通じて、我が国のワイヤレス分野における国際競争力強化を図る。

2. 政策的位置付け

- ・「新成長戦略」（平成 22 年 6 月 閣議決定）

同戦略において、次のとおり、我が国の情報通信技術について示されている。

V. 科学・技術・情報通信立国における国家戦略プロジェクト

我が国の最大の強みである科学・技術・情報通信分野で、今後も世界をリードする。新しい知の創造とイノベーション創出を両輪として制度改革や基盤整備に果敢に取り組むとともに、科学・技術人材の育成を進め、彼らが活躍する道を社会に広げていく。

3. 目標

地域衛星通信ネットワーク (LASCOM STD-303) など、現在稼働しているシングルキャリア変調かつ直交偏波多重を用いる Ku 帯の VSAT システム（以下「従来システム」という。）に比べて、偏波及び周波数を動的に制御する事により、1.5 倍以上の周波数利用効率を達成することを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

衛星通信における近年のブロードバンド化の要望に対し、衛星中継器の周波数の枯渇が問題となっており、新たな高効率周波数利用の基盤となる技術が必要とされている。そこで、帯域分解・圧縮伝送等を用いた新たな「スペクトラム制御技術」及び複数の偏波面を新たな空間軸として利用する「多偏波空間多重伝送技術」、これら基盤技術を統合する「動的回線運用技術」の研究開発を行う。

本研究開発によれば、衛星中継器の空き帯域の形状に合わせ、回線を柔軟に配置して運用できるため、システム伝送容量を増大する。また地球局の比較的簡単な機器更新のみで技術導入できるため、短期間かつ低コストにシステム構築が可能である。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

ア スペクトラム制御技術

衛星中継器内に存在する大小様々な空き帯域の状況に合わせ、送信スペクトラムの形状を制御するスペクトラム制御技術の研究開発を実施する。具体的には、①送信側で送信スペクトラムを複数のサブスペクトラムに分解・配置し、受信側でこれを復元するスペクトラム分解/合成、②送信側で一部のサブスペクトラムを削除するスペクトラム削除あるいは一部のサブスペクトラムを同一時間・同一周波数で伝送しスペクトラム重畳を行い、受信側でこれを復元するスペクトラム圧縮/復元、の2つの技術について開発を実施する。①サブスペクトラム分解/合成では、分解された各サブスペクトラムは異なる帯域幅や中心周波数を持ち、サブスペクトラム毎に異なる振幅位相歪みを持つ等の劣化要因があるため、これら劣化要因を補償する周波数同期及び振幅位相歪み補償アルゴリズムの確立が必要である。また②スペクトラム圧縮/復元では、圧縮率（スペクトラム圧縮適用前後の占有帯域幅の比率）に応じて、信号の部分欠落や重畳による干渉が発生するため、これらの影響による劣化を補償する圧縮/復元補償アルゴリズムの確立が必要である。

イ 多偏波空間多重伝送技術

衛星中継器、地球局間の電波伝搬は見通し内伝搬となり、送受信信号の偏波面がほぼ安定していることを利用して、従来実現されている直交偏波多重伝送に新たな偏波面を追加して空間軸として利用し、伝送情報量を増加させる多偏波伝送技術の研究開発を実施する。多偏波空間多重伝送技術では、直交している偏波信号に対して更に非直交偏波信号を多重すれば偏波信号間の干渉により復調信号に誤りが生じるため、復調時の非直交偏波キャンセルや誤り訂正アルゴリズムの確立が必要である。さらに、偏波信号間の干渉を軽減するため、偏波信号の変調信号点配置を考慮した変調制御アルゴリズム、既存の直交偏波アンテナを用いて

偏波面を制御する偏波制御アルゴリズム、既存の衛星中継器による偏波間誤差を補償する補償アルゴリズムの確立が必要である。

ウ 動的回線運用技術

ア又はイ、あるいはア、イを連携した伝送技術を用いる地球局において、衛星中継器の周波数を有効に利用することを目的とし、時々刻々と変化する衛星中継器の周波数の利用状況に応じて、周波数、偏波面、帯域幅、所要電力、圧縮率などの回線要素を各地球局に適切に設定する動的回線運用技術を検討する。ア又はイの技術を適用した地球局においては、従来システムに比べて、必要となる周波数分解能が高くなると共に、新たに圧縮率などの回線要素が加わるため、従来の回線割当アルゴリズムを利用できない。そこで、新たな回線利用の制約条件を考慮しつつ、単一の衛星中継器のみならず複数の衛星中継器に跨る周波数を余すことなく最大限に有効利用することができる高効率な回線割当アルゴリズムの確立が必要である。

到達目標

衛星通信の周波数利用効率を高めるための重要な要素技術である、ア（スペクトラム制御技術）、イ（多偏波空間多重伝送技術）及びウ（動的回線運用技術）に関する各アルゴリズムを開発する。

また、ア、イを搭載した伝送装置と、伝送装置間を回線接続することができるウを搭載した回線制御装置を開発し、商用通信衛星を利用した通信実験を実施する。実験では、衛星の軌道変動や衛星中継器特性によるドップラー、遅延ゆらぎ、位相雑音、ユーザ環境差異による装置特性変動等の不確定要因があるが、このような状況下でも、通信が正常に行なわれると共に、従来システムと比較して周波数利用効率が1.5倍以上向上することを確認する。

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23年度>

ア スペクトラム制御技術

・送信スペクトラムを衛星中継器帯域幅に対し1/500程度以上の分解能で複数のサブスペクトラムに分解・配置・復元するスペクトラム分解/合成、及び同等の分解能で圧縮率を制御可能なスペクトラム圧縮/復元を検討する。同程度の分解能受信サブスペクトラムにおける周波数誤差、位相雑音、圧縮による干渉等の劣化要因を考慮しスペクトラム合成を行うための周波数同期、振幅位相歪み補償、圧縮補償のアルゴリズムを確立する。各々のアルゴリズムを用いて、計算機シミュレーション等により誤り率特性、同期特性等の基本伝送特性の評価を行い、各々のアルゴリズム単独での周波数利用効率の向上を確認する。

イ 多偏波空間多重伝送技術

- ・ 偏波信号間の干渉を除去する非直交偏波キャンセル、及び誤り訂正アルゴリズムの検討を行う。また、偏波信号の変調信号点配置を制御する変調制御、及び偏波面を正確に制御する偏波制御、既存の衛星中継器に対する偏波間誤差補償のアルゴリズムを確立する。各々のアルゴリズムを用いて、計算機シミュレーション等により誤り率特性、同期特性等の基本伝送特性の評価を行い、各々のアルゴリズム単独での周波数利用効率の向上を確認する。

ウ 動的回線運用技術

- ・ スペクトラム制御技術及び多偏波空間多重伝送技術のそれぞれの回線利用形態に関する制約条件の明確化を行う。
- ・ これらの制約条件を考慮しつつ、衛星中継器の周波数の範囲内でスペクトラム制御技術を用いる地球局に対し、周波数、帯域幅、所要電力、圧縮率等の回線要素の割当を実施する回線割当基本アルゴリズム、及び多偏波空間多重伝送技術を用いる地球局に対し、周波数、偏波面、帯域幅、所要電力等の回線要素の割当を実施する回線割当基本アルゴリズムの検討を行う。
- ・ 各々の検討アルゴリズムを用いた計算機シミュレーションにより制約条件に則った回線割当が行われることを確認する。

<平成24年度>

ア スペクトラム制御技術

- ・ 平成23年度にシミュレーション検討を行った周波数同期、振幅位相歪み補償、圧縮補償アルゴリズムを結合させ、衛星中継器帯域に対し1/1000程度以上の分解能でスペクトル分解を可能とするスペクトラム分解/合成、及び同等の分解能で圧縮率を制御可能なスペクトラム圧縮を実現しスペクトラム制御技術を確立する。本アルゴリズムを実装したスペクトラム制御伝送装置を試作し、回線が確立できることを確認する。
- ・ 計算機シミュレーション又は室内実験により、従来システムと比較して、周波数利用効率が目標値以上向上することを確認する。

イ 多偏波空間多重伝送技術

- ・ 平成23年度にシミュレーション検討を行った非直交偏波キャンセル、誤り訂正、変調制御、偏波制御、偏波間誤差補償の各アルゴリズムを結合させ、多偏波空間多重伝送技術を確立する。各アルゴリズムを実装した多偏波空間多重伝送装置を試作し、回線が確立できることを確認する。
- ・ 計算機シミュレーション又は室内実験により、従来システムと比較して、周波数利用効率が目標値以上向上することを確認する。

ウ 動的回線運用技術

- ・平成 23 年度にシミュレーション検討を行ったアルゴリズムを活用し、スペクトラム制御技術と多偏波空間多重伝送技術を連携して用いる地球局に対し、周波数、偏波面、帯域幅、所要電力、圧縮率等の回線要素の割当・解放を、各地球局からの回線割当要求・回線開放要求に応じて動的に実施する回線割当アルゴリズムを確立する。
- ・上記アルゴリズムを用いた計算機シミュレーションにより、非同期に回線割当要求・回線開放要求を行う 100 局以上の地球局に対し、回線割当が行われることを確認する。

<平成 25 年度>

ア スペクトラム制御技術

- ・平成 24 年度に試作したスペクトラム制御伝送装置にウの回線制御装置とのインタフェース機能として回線要求信号・回線解放信号の送信機能、回線割当信号の受信機能等を実装する。
- ・ウの回線制御装置にてスペクトラム制御伝送装置間を回線接続できることを確認する。

イ 多偏波空間多重伝送技術

- ・平成 24 年度に試作したスペクトラム制御伝送装置にウの回線制御装置とのインタフェース機能として回線要求信号・回線解放信号の送信機能、回線割当信号の受信機能等を実装する。
- ・ウの回線制御装置にて多偏波空間多重伝送装置間を回線接続できることを確認する。

ウ 動的回線運用技術

- ・平成 24 年度に確立した回線割当アルゴリズムを実装した回線制御装置を試作する。
- ・回線制御装置にてアのスペクトラム制御伝送装置間又はイの多偏波空間多重伝送装置間を回線接続できることを確認する。
- ・平成 24 年度に確立したスペクトラム制御技術と多偏波空間多重伝送技術と動的な回線運用技術を組合せ、計算機シミュレーション又は室内実験により、従来システムと比較して、周波数利用効率が 1.5 倍以上向上することを確認する。

<平成 26 年度>

- ・平成 25 年度に試作した各装置に対して衛星アンテナや RF (Radio Frequency) 送受信装置など実証実験に必要な要素を実装する。
- ・上記実証実験装置を用い、商用通信衛星を介し衛星回線を確立できることを確認する。またこのとき、従来システムを用いる衛星通信と比較して、衛星通信回

線上における周波数利用効率が1.5倍以上向上することを確認する。

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を提案書に記載すると共に、動的偏波・周波数制御による衛星通信の大容量化技術の実用化について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開発期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準規格、機関、団体等への提案を積極的に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、団体等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。

(3) その他

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施するとともに、平成28年度頃までの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実施し、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。