

平成 22 年 3 月 11 日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18560382
 研究課題名（和文） 低コスト・高稼働率な固定衛星業務用時間遅延/サテライト
 ダイバーシティ方式の研究
 研究課題名（英文） A Study for Low-cost and High Availability of the Fixed Satellite
 Services by the Time Delayed/Satellite Diversities
 研究代表者
 初田 健（HATSUDA TAKESHI）
 北海道工業大学・工学部・非常勤講師
 研究者番号：10198757

研究成果の概要（和文）：本研究は、Ku(14/12GHz),Ka(30/20GHz)帯の衛星通信方式において、降雨、降雪減衰による回線不稼働率改善のために、大きな降雨マージンを必要とすることにより、コストアップしているシステムの、低コスト化、高性能化を実現するための新しいダイバーシティ方式として、時間遅延ダイバーシティ（TDD）/サテライトダイバーシティ（Sat. D）方式（TDD/Sat. D方式）を提案し、その理論的考察および実験的特性取得を行い、TDD/Sat. D方式の使用により、遅延時間約10～20分で、年間の回線不稼働率を約1/10に改善できること証明し、設計方法に反映した。

研究成果の概要（英文）：This study deals with the Ku-band Time-Delayed Diversity/Satellite Diversity (TDD/Sat. D) system, which is combination of a TDD system and a Sat. D system to overcome heavy rain attenuation in the Ku-band Fixed Satellite Service (FSS) systems. To verify the characteristics of the TDD/Sat. D system, propagation experiments are carried out the rain attenuation data measured and processed for assess the system characteristic. From the calculated results, it can be clarified that by using the TDD/Sat. D system, the satellite link unavailability time percentage can be improved by approximately 1/10 with a delay time =10~20 minutes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,400,000	630,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：固定衛星業務、Ku(14/12GHz)帯、Ka(30/20GHz)帯、ダイバーシティ方式、時間遅延ダイバーシティ方式、サテライトダイバーシティ方式、時間遅延/サテライトダイバーシティ方式

1. 研究開始当初の背景

(1)約15年前から固定衛星通信を積極的に利用した北海道統合通信網(HIT-Network)を構築するために、方式構成、アンテナ着雪による信号減衰対策、地上マイクロ波回線と衛星電波との干渉特性、心電図等の低速情報と顔色などの画像情報(静止画)の同時伝送方式の開発、回線の状態によりパケット長を可変とするパケット通信・超小型地球局(PC-USAT)方式の開発などの研究を、JCSAT中継器を用いて自局折返し実験も含めて行ってきた。また、HIT-Networkの設計に必要な電波伝搬特性についての新規開発の測定系を構築し、降雨・降雪の減衰特性、サイトダイバーシティ(SD)特性などのデータを蓄積してきた。

(2)さらに14/12GHz帯を使用する衛星回線の大きな問題点である降雨減衰対策の一環として、SD方式特性についての検討を報告者が提案し、JSAT衛星の中継器を使用して6大学間で伝搬実験を行い、短距離(10km)、長距離(札幌-福岡)間のSD方式特性の検討を行った。

(3)一方、サテライトダイバーシティ(Sat. D)については従来ほとんど着目されていないが、軌道上に同一システム(例えば、JSATなど)の衛星が数多く打ち上げられていることに着目し、HIT-Networkへの導入の可能性について発想し一部基礎的な実験を行ってきた。

また、移動体デジタル衛星通信・放送の進展の一環として静止衛星軌道に打ち上げる移動通信によるサービスが計画されていた。このような移動体衛星通信・放送では都市内の建物、樹木などによる遮蔽特性、SD特性、Sat. D特性を明らかにして、設計を行う必要性が生じてきている。これらの特性を基に、Sat. D方式を含めた、新しい各種劣化対策の研究を行ってきた。

さらに、L帯でのデジタル移動通信方式の設計のために検討してきた時間遅延ダイバーシティ(TDD)方式を考案し、この解析のために、札幌市内などの都市内信号減衰特性を取得し、TDD方式特性を明らかにした。

(4)ここで得られたTDD方式の考えを、本研究の対象周波数帯域であるKu帯にも応用してKu帯でのTDD/Sat. D方式の総合的特性を明らかにすることが出来た。

最近(約3年前)に至り、ITU-R(国際電気通信連合-無線関係)の研究グループ(SG-3)で、TDD方式の研究を開始し、各国のTDDのデータを収集し始めている。

報告者(初田)は、20年前からダイバーシティ技術に着目し、SD Sat. D TDD TDD/Sat. D方式と研究をステップアップし、世界に先駆けて、先進的・独創的な研究を行ってきたものと考えている。

2. 研究の目的

(1)10GHz以上での降雨、降雪による減衰は、方式実現の上で避けることのできない要解決事項であり、これまで各種研究が進められている。SDは一部の国際商用回線などで実用化されているが、地球局コストの安いVSAT地球局では、エントランス線が地球局システム全体のコストが高価となり、小型の低コストの地球局を使用するVSAT方式などでは導入が難しい。ここで提案するSat. D方式、およびTDD方式は低コストで信号減衰の補償が実現できる可能性がある。

(2)本研究は、Ku(14/12GHz)、Ka(30/20GHz)帯の衛星通信方式において、降雨減衰のよる回線不稼働率改善のために、大きな降雨マージンを必要とすることにより、コストアップしているシステムの低コスト化、高性能化を実現するための新しいダイバーシティ方式として、時間遅延ダイバーシティ(TDD)/サテライトダイバーシティ(Sat. D)方式(TDD/Sat. D方式)を提案し、その理論的考察および実験的特性取得を行い、設計方法を明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

設計に必要な伝搬特性、年間を通した不稼働率、信号減衰の補償がどの程度かを測定するために、北海道工業大学構内の敷地に、各種衛星アンテナ(約12基)、スペクトラムアナライザー、データ処理用PCなどを使用して、データ処理プログラムを構築しデータの取得を継続した。地上デジタル放送の不感地帯の救済のための、衛星を経由した再放送を実用化するときの、降雪地帯でのアンテナ着雪の問題を解決する共同研究にも関係して、具体的な受信アンテナとしてLune-Qアンテナを使用したモデル地球局により実際のTDD/Sat.

D方式特性のデータ取得を実施した。この実験により獲得されたデータを、新しく作成したデータ処理プログラムを使用して処理し、TDD/Sat. D方式の実用化のための設計資料を得ている。

一方、大阪電気通信大学でも、札幌と異なった気象条件での各種のダイバーシティ方式の特性を明らかにするために、Ku帯だけでなく、Ka(30・20GHz)帯での地球局を使用して、衛星信号の減衰特性を測定し、このデータを処理し、各種のダイバーシティ方式特性を導出し、考察している。

4. 研究成果

(1) 低コスト、高性能な最適Ka、Ku帯衛星通信方式の設計指針の検討

Ku、Ka帯の衛星通信方式において、回線不稼働率を小さくするための降雨減衰マージンを確保のための各種対策の比較検討を実施した。これに基づき、使用する衛星を想定し、具体的な回線設計を行い、特に、これまでの降雨減衰対策にはない新しいTDD/Sat. D方式の可能性の方式的な検討を実施した。

JSAT、BS衛星からの信号の年間の不稼働率の測定データから、TDD/Sat. D方式の利用により、1信号のみを受信する単1信号受信方式に比較して、回線稼働率を1~2桁改善できることが明らかとなった。この結果、地球局の小型化、送信電力の低減が可能となり、低コスト、高性能な最適Ka、Ku帯衛星通信方式の可能性が明らかにすることが可能となった。

この中でも、各種ダイバーシティが有効と考えられるが、実証実験によってSat. D方式の具体的な効果を確認するために、ここでは、Sat. D方式実現のための具体的なSat. D装置を試作し、降雨、降雪による信号減衰の長期データを取得した。

複数衛星受信に有効で、冬季降雪減衰も回避できる無着化 Lune-Q アンテナを使用し、JSAT-3、BS衛星の下り回線信号を受信し、降雨などによる信号減衰を約2年間測定した特性結果を得ている。この結果、単1信号受信方式に比較して、約1桁の下り回線の不稼働率改善が実測された。この実測値を、2信号を個別に測定した減衰特性を使用して、理論的なSat. D方式特性を計算し比較を行っている。さらに、回線不稼働率を改善するために、Sat. D方式と時間遅延ダイバーシティ(TDD)方式を併用したときの改善効果を計算し、単独使用に比較して併用効果があることを示している。

(2) Ku帯衛星通信方式ダイバーシティ特性の測定系の構築

Ku帯衛星通信方式の設計を行うには、衛星回線からの信号の降雨、降雪による減衰値の年間の統計的データが必要である。

一方、日本の放送業界も、2011年までにすべてデジタルTV化される予定である。この実用化に当たって、山間・離島など一部のデジタルTVの受信不可能な地域のための衛星再送信方式の実施も検討する必要がある。

この両者の必要性から、2006年からJSAT、住友電工と共同で、Ku帯衛星通信方式の設計と衛星再送信方式の実施上の設計に必要な、降雪地帯での信号減衰特性、アンテナ着雪による信号劣化を回避する対策のための実験を開始した。

北海道工業大学構内の敷地に、各種のアンテナを設置し、JSAT、BS信号を受信し、年間の減衰特性、不稼働率特性の測定を実施した。

(3) Ku帯TDD方式の特性測定

Ku帯での回線稼働率改善のための方策として、Ku帯TDD方式の基礎データを最初に取得した。Ku帯またはKa帯固定衛星通信サービスにおいて、信号減衰の主要な原因は降雨、降雪などの雲に原因しているが、TDD方式は雨雲または雪雲の塊(約3km程度)が時間とともに移動することを利用して、時間差を利用して、いずれかの信号減衰の小さい信号に切り替える、または、合成することで信号減衰を回避している。また、関西地域での雷雲(積乱雲)の頻繁な発生による信号減衰は、北海道とは異なった伝搬特性となることが予想される。また、最近の地球環境の変化により、異常気象が発生し易く、長期的なデータ取得が必要とされる。このような環境条件を勘案すると、異なった軌道位置の衛星からのデータを、地域差、夏季、冬季、1年平均など多様な比較項目で設計データをまとめる必要があった。

各種検討の結果TDD方式は、Ku帯衛星通信方式の負稼働率改善効果が非常に大きいことが判明し、約30分の遅延時間で、年間負稼働率を約1桁改善できることが明らかになった。

(4) Ku帯TDD/Sat. D方式の特性測定

TDD/Sat. D方式の設計の基本的考え方として、Sat. D方式ですでに2衛星を使用しており、この衛星資源を有効利用するために、さらに、各衛星に1チャンネルを追加することで、Sat. D方式のみの場合より、稼働率を改善できるものと考えて考案した方式である。このチャンネル追加のシステム全体への負担(コスト)は非常に小さいが、回線稼働率改善効果は大きいことが実験から明らかとなった。従来は、このような概念はなく、新規性のある方式である。

1衛星は $t=0$ と遅延時間 $t=$ の2信号を送信し、他の衛星も、 $t=0$ と遅延時間 $t=$ の2信号を送信して、この4信号の中の最も信号強度の良好な衛星を選択して受信するものである。このKu帯TDD/Sat. D方式の方式的効

果を確認するために、現在までに蓄積している Ku 帯の Sat. D 方式のデータを使用して、回線稼働率の改善効果を推定した。

JSA-3 衛星(128°E)と JSAT-110 衛星(110°E)の 18°の軌道間隔で実験した結果、約 20~30 分の遅延時間で、単 1 信号受信方式に比較して、約 1 桁の不稼働率改善が可能であることが確認された。

(5) Ku帯TDD/ Sat. D方式の具体的装置構成法の検討

Ku 帯 TDD/ Sat. D 方式の実現性を確認し、設計資料を得るために、具体的な装置構成の設計を行い、必要な部品を具備して、既存の地球局を活用して、方式の一部シミュレートするための組み立てを実施した。

TDD/ Sat. D 方式を目標とするが、今回は、Sat. D 方式装置の特性確認を目標に設計・実験を進めた。

方式構成としては、Lune-Q アンテナで受信した、JSAT128°衛星と JSAT110°衛星から受信した 2 信号を、中間周波数帯に変換し、この 2 種の IF 信号をレベル比較し、信号強度の大きい信号に切り替えることで、回線断の時間を短くしている。

平成 18 年度に基本設計を行った具体的な Ku 帯 TDD/ Sat. D 方式の具体的装置構成の基本設計に基づいて具体的な実験を行なった。測定は、(2)で述べた測定系を使用して、約 2 年間測定を継続しデータを取得した。この結果、装置は障害なく良好に動作し、このデータを整理することで、非常に回線不稼働率の小さい特性結果が得られた。

(6) Ku帯TDD/ Sat. D方式に使用するLune-Qアンテナの低減衰特性のメカニズムの解析

TDD/ Sat. D 方式では、衛星 2 基と 2 チャネルを使用するが、従来の 1 基の衛星受信用のパラボラアンテナでは、衛星 2 基を受信するために、アンテナが 2 枚必要であった。

住友電工(株)と JSAT(株)の共同開発による Lune-Q アンテナは、1 枚のアンテナで、複数衛星の受信が可能であり、TDD/ Sat. D 方式との整合性が非常に優れている。このため、実験当初より、Lune-Q アンテナを使用して、信号減衰特性の測定を継続していた。しかし、着雪による信号減衰の問題は未解決であった。

測定データを詳細に検討する過程で、Lune-Q アンテナの減衰特性が、パラボラアンテナに比較して、降雨、降雪時に非常に小さい現象を発見した。この低減衰特性のメカニズムを長年に亘って考察し、そのメカニズムを明らかにすることができた。

この理由は、各種の試行実験、考察から合理的な理由の説明が得られた。すなわち、Lune-Q アンテナの構造で、半球状のルーネベルグレンズの下に、給電部が配置されてお

り、この給電部が降雨、降雪により着水しない(濡れない)ためであることを明らかできた。このメカニズムを積極的に利用して、半球状のルーネベルグレンズ全体及び給電部分を、負傾斜型無着雪カバーで完全に覆おうことで、さらに低損失化できることを実験により実証した。

これらの実験結果を基に、特許を 2 件提出した。

(7) TDD/ Sat. D方式のアプリケーション領域、2基目の衛星の共用方式構成法の検討

従来の衛星通信方式は、電話呼が中心であるため、実時間運用が必須であった。しかし、最近のインターネットなどのデジタル方式の普及に伴い、データ、画像などは必ずしも実時間が必要ではないメディアへの衛星通信の応用の可能性が増加してきている。このような動向を十分調査し、非常な低コストのシステム構成を明らかにし、新しいアプリケーションの開拓が可能となった。

これまでの減衰特性測定データ、装置特性測定データを検討した結果、年間の不稼働率が、0.1~0.05%のオーダーであるので、常時 2 衛星を作動させる必要はなく、年間の 80~40 時間以下の短い時間のみ、第二番目の衛星に切り替えれば良いことになり、衛星資源の有効利用が可能となる。

逆に考えると、年間の 99.9%~99.95%の時間率は 2 基目の衛星および第二チャンネルは不要であるといえる。地球局規模が小型になると降雨マージンも少なくなり、不稼働率は増加するが、大きめに考えても、例えば、年間 95%程度の時間率は 2 基目の衛星、第二チャンネルは不要であると考えられる。この結果、複数のシステム内の地球局で、2 基目の Sat. D 方式用衛星、TDD 方式用第二チャンネルを、システム内の複数の地球局間で共用できるものと考えられる。これにより、衛星資源、周波数資源の有効利用が可能となり、1 地球局当りの 2 基目の衛星、第二チャンネルに対するコストを大きく低減できることが可能になる。一方、TDD 方式についても、国際電気通信連合-無線通信 (ITU-R) の研究グループ -3(SG-3)でのデータ収集が 2 年前から開始され、英国、イタリア、ドイツ、ギリシャの代表が審議している。報告者もこの研究にデータを提供し協力している。

このことは、報告者がすでに 10 年以上前から研究し、AP-S などに発表してきた成果が ITU でも評価しはじめて、研究を開始したことを意味しており、本科学研究費補助金による研究成果が、世界に先駆けて、国際的にも寄与できたことになるものと考えている。

(8) Ku帯およびKa帯衛星回線降雨減衰のサテライトダイバーシティ特性の方位角依存性の

検討

1995年から1998年の間に、大阪電気通信大学(寝屋川市)において、サテライトダイバーシティ特性の方位角依存性について、連続的に測定を行ったJCSAT-1、BS、およびCS-3(N-STAR)電波の受信レベルを用いて、降雨時のKu帯およびKa帯衛星電波の降雨減衰量のサテライトダイバーシティ効果について方位角が互いに30°から60°程度異なる3衛星の伝搬路の間で検討を行った。ここでは周波数や偏波面の異なる各衛星の受信レベルを、降雨事象毎の雨滴粒径分布を考慮して周波数スケーリングを行い、各周波数帯で同一の周波数と偏波面に統一して比較を行った。その結果、発生時間率が0.1%から0.01%程度の減衰量に対しては、いずれの周波数帯においても、回線稼働率が2伝搬路間では約70%、3伝搬路間では約50%程度まで改善されることが示された。この改善率は降雨タイプに大きく依存し、また仰角が等しければ方位角の差が大きいほど効果が上がることが統計的に示された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計21件)

T.Hatsuda, Y. Iwatani, M. Sasaki, Y. Tsushima, N. Yosimura, T. Zakouji, K. Kawasaki, M. Kuroda, K. Imai and Y. Maekawa, Comparison of Characteristics of Measured Ku-band Satellite Diversity (Sat. D) Unit and Theoretical Sat. D System, 2009 IEEE AP-S International Symposium, 査読有、310.9、Session310、2009

Y. Maekawa and T.Hatsuda, A Study on the Satellite Diversity and Time Delayed Diversity Techniques in Ku-band Satellite Communications Links, JC-SAT2009, 査読有、SAT2009-45、Nara 2009

初田 健, 岩森靖卓, 佐々木学, 対馬義行, 吉村憲民, 座光寺孝明, 河崎憲一郎, 黒田昌利, 今井克之, 前川泰之, Ku帯固定衛星業務でのサイトダイバーシティ方式装置実測特性と時間遅延ダイバーシティ(TDD)方式への発展, 電子情報通信学会技術報告, 査読有, 衛星通信研究会, SAT2009-15, 2009, pp.45-50

前川泰之, 初田 健, Ku帯およびKa帯衛星回線におけるサテライトダイバーシティと時間遅延ダイバーシティ効果の検討, 信学技報, 査読有, A・P2009-69, 2009, pp.147-152

前川泰之, 初田 健, Ku帯衛星回線におけるサテライトダイバーシティと時間遅延ダイバーシティ効果の検討, 信学技報,

査読有, SAT2009-10, 2009, pp.169-174
T. Hatsuda, Y. Iwatani, M. Sasaki, Y. Tsushima, N. Yosimura, T. Zakouji, K. Kawasaki, M. Kuroda, K. Imai and Y. Maekawa, Ku-band Time-Delayed Diversity /Satellite Diversity (TDD/Sat.D) System for Improving Link Availability Using Lune-Q Antenna, 2008 IEEE AP-S International Symposium, 査読有、127.6, Session 127, 2008

Y. Maekawa, T. Nkaktani, Y. Shibagaki, T. Hatsuda, A Study on Site Diversity Techniques related to Rain Area Motion using Ku-band Satellite Signals, The Institute of Electronics and Communication Engineers, 査読有, Trans. on Communication, Vol.E91-B-II, No.6, 2008, pp.1812-1818

Y. Maekawa and T. Hatsuda, Angular Dependence of Satellite Diversity Effects on the Attenuation Statistics Obtained from Ku and Ka Band Signals of the Geostationary Satellites in Japan, Proc. of ClimDiff 2008, 査読有, Boulder, CO, USA, 2008

Y. Maekawa, K. Sawai, Y. Shibagaki, T. Takami, and T. Hatsuda, Site Diversity Effects on Ku-band Satellite Signal Attenuation related to Rain Area Motion, Proc. of International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, Paper ID: 1644955, Taipei, Taiwan, 2008

初田 健, 岩森靖卓, 佐々木学, 対馬義行, 吉村憲民, 座光寺孝明, 河崎憲一郎, 黒田昌利, 今井克之, 前川泰之, 無着雪カバー付LuneQアンテナを使用した地上デジタル放送衛星再送信方式の回線稼働率特性の新しい評価結果, 電子情報通信学会技術報告, 査読有, 衛星通信研究会, SAT2008-15, 2008, pp.49-54

前川泰之, 前川泰之, 初田 健, Ku帯およびKa帯衛星回線降雨減衰のサテライトダイバーシティ特性の方位角仰角依存性, 信学技報, 査読有, A・P2008-1, 2008

前川泰之, 澤井紘一, 柴垣佳明, 高見友幸, 初田 健, Ku帯衛星回線のサイトダイバーシティ改善度と雨域通過方向との関係, 信学技報, 査読有, A・P2008-42, 2008

Takeshi Hatsuda, Y. Iwatani, M. Sasaki, Y. Tsushima, N. Yosimura, T. Zakouji, K. Kawasaki, M. Kuroda, K. Imai and Y. Maekawa, Propagation Characteristics of Non Snow-Attached Lune-Q Antenna for Satellite Re-Transmission of Terrestrial Digital Broadcasting Signal, 2007 IEEE AP-S International Symposium, 査読有, IF225-2, 2007

Takeshi Hatsuda, Y. Iwatani, M. Kuroda, K. Imai, M. Sasaki, Y. Tsushima, N. Yosimura, T. Zakouji and K. Kawasaki, Unique Attenuation Characteristics of Ku-band LuneQ antenna for Satellite Re-transmission Digital Broadcasting Signal, 2007 IEEE AP-S International Symposium, 査読有, 209.6, 2007

T. Nakatani, Y. Maekawa, Y. Shibagaki, and T. Hatsuda, Relationship between Rain Front Motion and Site Diversity in Ku-band Satellite Links, Proc. of 25th AIAA International Communication Satellite Systems Conference, 査読有, AIAA-2007-3173, Seoul, Korea, 2007

Y. Maekawa, T. Nakatani, Y. Shibagaki, and T. Hatsuda, A Study on Site Diversity Techniques related to Rain Front Motion using Ku-Band Satellite Signals, Proc. ISAP2007, 査読有, 4D1-2, Niigata, Japan, 2007, pp.1382-1385

前川泰之、初田 健、Ku帯およびKa帯衛星回線降雨減衰のサテライトダイバーシティ特性の方位角依存性、電子情報通信学会技術報告、査読有、アンテナ伝搬研究会、AP2007-19、2007、pp.37-40

Takeshi Hatsuda, Kazuya Hashimoto, Junko Masuda and Jun Murakami, Diversity System Comparison of Satellite Visibility Improvement for Designing Mobile Broadcasting Satellite System, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 査読有, Vol. 54, No. 8, 2006, pp.2365-2370,

Takeshi Hatsuda, Satoru Sunaga, Shinichi Sato and Masaru Nomura, Availability Improvement Effects of Time-delayed Diversity(TDD) System for Ku-band Fixed Satellite Services(FSS) System, 2006 IEEE AP-S International Symposium, 査読有, Session 558, 558.1, 2006

T. Nakatani, Y. Maekawa, Y. Shibagaki, and T. Hatsuda, Relationship between Rain Front Motion and Site Diversity in Ku-band Satellite Links, Proc. of 25th AIAA International Communication Satellite Systems Conference, 査読有, AIAA-2007-3173, Seoul, Korea, 2007

[学会発表](計5件)

初田 健、岩森靖卓、佐々木学、対馬義行、吉村憲民、座光寺孝明、河崎 憲一郎、黒田昌利、今井克之、前川泰之、Ku帯固定衛星業務のサテライトダイバーシティ (Sat. D)方式の装置実測特性と理論値との比較、電子情報通信学会 2009年総合大会、愛媛大学、B-3-21、2009

前川泰之、初田 健、Ku帯衛星回線におけるサテライトダイバーシティと時間遅延ダイバーシティ効果の数値的検討、電子情報通信学会 2009年総合大会、愛媛大学、B-1-37、2009

初田 健、岩森靖卓、佐々木学、対馬義行、吉村憲民、座光寺孝明、河崎憲一郎、黒田昌利、今井克之、前川泰之、Ku帯固定衛星業務の稼働率改善のための時間遅延ダイバーシティ(TDD)方式の年間特性とITUでのTDD方式研究動向、平成21年度電気・情報学会北海道支部連合大会論文集、141、2009

初田 健、岩森靖卓、佐々木学、対馬義行、吉村憲民、座光寺孝明、河崎憲一郎、黒田昌利、今井克之、前川泰之、Ku帯固定衛星業務のサテライトダイバーシティ(Sat. D)方式の装置実測特性と理論値の比較、電子情報通信学会 2009年総合大会、B-3-21、愛媛大学、2009

前川泰之、初田 健、Ku帯衛星回線におけるサテライトダイバーシティと時間遅延ダイバーシティ効果の数値的検討、電子情報通信学会 2009年総合大会、B-1-37、愛媛大学、2009

[産業財産権]
取得状況(計2件)

名称: 電波レンズアンテナ装置
発明者: 初田 健、今井克之、黒田昌利、木戸英晶、佐々木学、河崎憲一郎、
権利者: 住友電工(株)、JSAT(株)
種類: 特許
国内外の別: 国内

名称: サテライトダイバーシティ装置
発明者: 初田 健、今井克之、黒田昌利、木戸英晶、佐々木学、河崎憲一郎、
権利者: 住友電工(株)、JSAT(株)
種類: 特許
国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者
初田 健(HATSUDA TAKESHI)
(北海道工業大学・工学部 非常勤講師)
研究者番号: 10198757

(2) 研究分担者
前川 泰之(MAEKAWA YASUYUKI)
(大阪電気通信大学・工学部 教授)
研究者番号: 30181572