

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-176385
(P2002-176385A)

(43)公開日 平成14年6月21日(2002.6.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 4 B 7/185		H 0 4 B 7/185	5 K 0 2 2
H 0 4 J 15/00		H 0 4 J 15/00	5 K 0 7 2

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-373437(P2000-373437)

(22)出願日 平成12年12月7日(2000.12.7)

(71)出願人 301022471

独立行政法人通信総合研究所
東京都小金井市貫井北町4-2-1

(71)出願人 500562123

上海交通大学
中華人民共和国上海市華山路1954号

(72)発明者 何 晨

中華人民共和国上海市華山路1954号 上海
交通大学内

(74)代理人 100082669

弁理士 福田 賢三 (外2名)

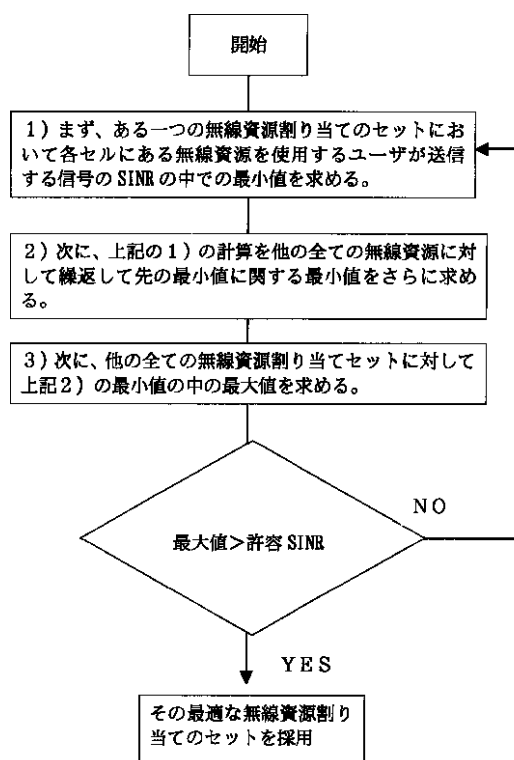
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 無線資源管理方法

(57)【要約】

【課題】 成層圏プラットフォーム通信システムや衛星通信システム等の高々度無線プラットフォーム用の空間分割多元接続方式(SDMA)に適用するための無線資源管理方法で、集中型SINR予測方法を提案して最適な無線資源割り当てを行なう。

【解決手段】 地上の複数の移動通信ユーザあるいは複数の固定通信ユーザと、無線通信プラットフォームと、を含む無線通信システムで、1)まず、ある一つの無線資源割り当てのセットにおいて各セルである無線資源を使用する全てのユーザが送信する信号のSINRの中での最小値を求め、2)次に、上記の1)の計算を他の全ての無線資源に対して繰返して先の最小値に関する最小値をさらに求め、3)次に、他の全ての無線資源割り当てセットに対して上記2)の最小値の中の最大値を求め、4)その最大値が許容SINRを上回れば、その最適な無線資源割り当てのセットを採用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 地上の複数の移動通信ユーザあるいは複数の固定通信ユーザと、マルチビームアンテナを用いてデジタル双方向無線通信を行う無線通信プラットフォームと、を含む無線通信システムであって、アレーアンテナの重み係数を用いて新規ユーザ及び通信中ユーザの位置情報と、マルチビームアンテナのビームパターンを用いてSINR予測値とを求める構成と、一機の無線通信プラットフォームがカバーする陸上各セルの新規ユーザ及び通信中のユーザのSINR予測値をプラットフォーム内部の信号処理手段あるいは通信手段を用いて求める構成と、を備える集中型ダイナミック・無線資源割り当て(WRA)手段を備えた無線通信システムにおいて、

- 1) まず、ある一つの無線資源割り当てのセットにおいて各セルにある無線資源を使用するユーザが送信する信号のSINRの中での最小値を求め、
- 2) 次に、上記の1)の計算を他の全ての無線資源に対して繰返して先の最小値に関する最小値をさらに求め、
- 3) 次に、他の全ての無線資源割り当てセットに対して上記2)の最小値の中の最大値を求め、
- 4) その最大値が許容SINRを上回れば、その最適な無線資源割り当てのセットを採用することを特徴とする無線資源管理方法。

【請求項2】 上記の集中型ダイナミック・無線資源割り当て(WRA)手段で用いた新規ユーザと通信ユーザのSINR予測値に加え、新規ユーザの呼損率及び通信ユーザの切断率も含めて、最適化アルゴリズムを実行し、一番特性の良い無線資源割り当てセットを選ぶ動的な無線資源割り当て手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の無線資源管理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、情報通信技術分野で用いられる無線資源管理方法に関するものであり、特に成層圏プラットフォーム通信システムや衛星通信システム等の高々度無線プラットフォーム用の空間分割多元接続方式(SDMA)として用いられる無線資源管理方法を提案するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、移動通信の国内と海外市場が年々拡大しており、特に、移動端末からインターネットにアクセスできるようになってから、ユーザ数が急速に増え続けており、無線通信の周波数資源に対する需要がますます増加している。このため、周波数資源をより有効に利用する新しい技術の開発が望まれている。

【0003】このような技術例としては、従来から知られている周波数資源をより有効に利用できる通信システムとした、下記の二つの例をあげることができる。

【0004】(1) 現存の衛星移動通信システムの例

北米地域の全域の移動通信ユーザと、そのユーザにサービスを提供するための、12個ビームを持ったマルチビームアンテナを搭載した人工衛星を用いて構成したMSAT通信システムの文献1(JohnLitva and Titus Kwok-Yeung Lo, Digital Beamforming in Wireless Communications, Chapt.7, Artech House Publishers, 1996.)に記載された例を図1に示す。

【0005】この通信システムの場合、同一の周波数チャンネル間の干渉を抑えながら、周波数資源の利用率を向上するために、全周波数バンドを4つに分け、マルチビームアンテナの各ビームに毎にバンドを分配している。但し、この分配には、地域的に隣接するビームには異なるバンドと成るが、地域的に離間したビームでは繰返しを許している。これは、ひとつの空間分割多元接続方式(SDMA, SpaceDivision Multiple Access)、として知られており、図1は、これを用いて構成した無線通信システムである。図1において、そのバンドの順番が図面中の数字で表示されている。

【0006】しかし、この方式は通信ユーザの具体的な位置情報を考えず、ユーザが常に一つのセル内の至る所まで移動することを想定して、周波数チャンネルの分配を行っている。このような分配は無駄が大き過ぎるので、さらに周波数の利用率を改善する事が可能である。

【0007】(2) 地上セルラーシステムの例
近年、アダプティブアレーによる地上SDMA方式を併用して各新規ユーザ及び通信中のユーザのSINR (Signal to Interference plus Noise Ratio = 信号電力(S) 対干渉電力(I) プラス雑音電力比(N) のとき、 $S / (I + N)$) を予測するチャンネル割り当てていくいくつかの方法が報告されている。それらは、例えば文献2(鈴木達、大鐘 武雄、大川 恭孝, “アダプティブアレーを用いたSDMA方式におけるチャンネル利用率の検討”, 信学技報 SS T99-75, ITS99-71, A.P99-197, RCS99-217, MW99-237(2000-02).) や文献3(原嘉孝, “予測SINRを用いたSDMA/TDMAスロット割り当て法の検討”, 信学技報, RCS2000-40(2000-06).) に提案されている。この概念図を図2に示す。これらの方法の特徴は、ユーザ1に向けるアンテナパターンは、ユーザ2の方向には指向性を持たず、逆にユーザ2に向けるアンテナパターンは、ユーザ1の方向には指向性を持たない様にする事により、同一セル内で同一チャンネルを用いた場合でも、相互の干渉が起こりづらくなるように構成することである。

【0008】しかし、これらの方法では、つぎのような欠点をあげることができる。

(欠点1) このような分散方式でSINR予測チャンネル割り当てを行う時、一つのセルでのチャンネル分配が隣のセルで既に同一チャンネルを割り当てているユーザのSINRに対して悪影響が起こる可能性があるため、安定性が悪くなって、結局、チャンネル分配の特性が落ちざるをえない。これについては、文献4(M. Serizawa and D. J. G

oodman, 貼ochInstability and deadlock of distribut eddynamic channel allocation能och, Proc. 43rd IEEE VTC, pp.528-531,1993.)に記載されている。

【0009】(欠点2)その不安定性を改善するため、一つのセルでの基地局が周辺各セル中のユーザの位置情報とチャネル分配の情報を常に保持しなければならないと考えられる。それには各基地局間無線チャネル或いは通信線路を使って頻りに交信する必要があり、通信条件を整えるための通信負担が増加し、時間が掛かる。

【0010】これに対し、本発明では、成層圏プラットフォーム通信システム等の高々度無線プラットフォームを用いた通信システムとSDMA(空間分割多元接続方式)とを併用した無線資源管理の方法を提供するものである。この方法は衛星通信システムにも適用できると考えられる。ここで、上記の成層圏プラットフォーム通信システム等の高々度無線プラットフォーム用のSDMA(空間分割多元接続方式)については、文献5(G.M. Djuknic, J. Freidenfelds, and Y. Okunev, 貼ochEstablishing wirelescommunications services via high-altitude aeronautical platforms: a conceptwhose time has come能och, IEEE Communications Magazine, pp.128-135, Sept.1997.)に記載されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】この様に、従来の衛星移動通信システムや地上セルラーシステムにおける無線資源管理方法では、周波数チャネルの分配に無駄が大きすぎたり、安定な通信システムとするには、通信条件を整えるための通信負担が増加したりしていた。

【0012】この発明は上記に鑑み提案されたもので、最適な無線資源割り当てをすることができる無線資源管理方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明は、地上の複数の移動通信ユーザあるいは複数の固定通信ユーザと、マルチビームアンテナを用いてデジタル双方向無線通信を行う無線通信プラットフォームと、を含む無線通信システムであって、アレーアンテナの重み係数を用いて新規ユーザ及び通信中ユーザの位置情報と、マルチビームアンテナのビームパターンを用いてSINR予測値とを求める構成と、一機の無線通信プラットフォームがカバーする陸上各セルの新規ユーザ及び通信中のユーザのSINR予測値をプラットフォーム内部の信号処理手段あるいは通信手段を用いて求める構成と、を備える集中型ダイナミック・無線資源割り当て(WRA)手段を備えた無線通信システムにおいて、

1)まず、ある一つの無線資源割り当てのセットにおいて各セルにある無線資源を使用するユーザが送信する信号のSINRの中での最小値を求め、

2)次に、上記の1)の計算を他の全ての無線資源に対して繰返して先の最小値に関する最小値をさらに求め、

3)次に、他の全ての無線資源割り当てセットに対して上記2)の最小値の中の最大値を求め、

4)その最大値が許容SINRを上回れば、その最適な無線資源割り当てのセットを採用することを特徴としている。

【0014】また、第2の発明は、上記した第1の発明の構成に加えて、上記の集中型ダイナミック・無線資源割り当て(WRA)手段で用いた新規ユーザと通信ユーザのSINR予測値に加え、新規ユーザの呼損率及び通信ユーザの切断率も含めて、最適化アルゴリズムを実行し、一番特性の良い無線資源割り当てセットを選ぶ動的な無線資源割り当て手段を備えることを特徴としている。

【0015】

【発明の実施の形態】以下にこの発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0016】従来の移動衛星通信などの空間通信システムでは、ユーザの位置情報は利用されず、同一チャンネル間の干渉を防ぐため、トータルな周波数チャンネル資源を図1のように空間的に分割し、となりのセルには異なるチャンネルを分配してきた。

【0017】これに対し、本発明の方法では、ユーザの位置情報を取り入れて、システム側が持っている全ての無線周波数資源を各セルのユーザが原則的に共有できるようにし、それに動的チャンネル割り当て方法を併せて適用して、立体三次元空間の新しい空間分割アクセス(SDMA)方案を構築し、空間通信システム容量の向上を実現するものである。

【0018】本発明の方法では、DBF(Digital Beam forming)アンテナを搭載した成層圏プラットフォームから多数のビームを発生し、それぞれの一つのビームは、地上セルラー通信系のそれぞれ一基の基地局に相当するものとする。成層圏プラットフォーム通信システムの機能から見ると、一基の成層圏プラットフォームに多数の基地局が配属されていると見ることができる。このような構成では、地上セルラー通信系各基地局間の交信が成層圏プラットフォームの通信機器を用いてプラットフォーム内部で行うことができる。

【0019】そこで、この特徴を生かして、成層圏プラットフォームが、同チャンネルユーザの情報を集め、各セルでのSINR予測値を成層圏プラットフォーム側が管理し、改めて無線資源の配分を行なうことによって、新規ユーザが加わった場合でもシステム全体の性能を最適化するものである。

【0020】この様に、セルラー通信系において、SINR値を予測してチャンネル分配を行うと言う方法については、従来の地上セルラー通信系では実現されていない。また、従来の地上セルラー通信系で実現しようとしても交信コストが増大し、通信安定性が得られなくなるなどの問題があった。

【0021】本発明は、成層圏プラットフォームが地上

各セルの全てユーザの位置情報をまとめて管理し、成層圏プラットフォーム内部で信号処理して、特に組合せ最適化を行なって、より安定かつ有効なSDMAとDCA（動的チャンネル分配、DynamicChannel Assignment）を併せて実現し、周波数資源の利用効率を向上させることに特徴が有る。

【0022】本発明では、図3のように成層圏プラットフォームに搭載されるマルチビームアンテナが多数のビームを形成し、一つのビームが地上カバーレージ中の一つのセルをカバーするようなシステムとし、各ビームに属する無線資源は、原則的にはシステムが持つ無線資源と共通のものである。また、この無線資源分配については、ユーザの位置から推定されるSINR情報を利用して、以下に説明する方法により行うものである。

【0023】これを、図4を用いて説明する。図4は、地上カバーレージ中の一部としてA、B、C、D四つのセルを示す。A、Bセル中の一部の通信ユーザは A_i 、 B_i （ $i = 1, 2, 3, 4$ ）で表示され、セルの直径に相当する幅HPBWを持つBeam AとBeam Bにそれぞれカバーされる。ここで、ユーザ A_i とユーザ B_i は、それぞれ隣接したセルに属しているが、かなり距離があるので、同じチャンネルを使っても、お互いに妨害せず、SINRは許容範囲内に抑えられる、ということはお明らかである。

【0024】先ず、成層圏プラットフォームのカバレージにN個のセル c_{ij} 、 $i = 1, 2, \dots, n$ ； $j = 1, 2, \dots, m$ ； $n \times m = N$ が含まれると想定する。システムの持つ周波数資源の全てをT個のロジック的なチャンネルに分配し、それに対応する物理的なチャンネルとしては、CF(carrierfrequencies)やTS(time-slots)やSSC(spread spectrum codes)などが可能である。

【0025】そのT個のチャンネルを各セルに共有させる。第k番目のチャンネルを割り当てられているセル c_{ij} 中の第r番目の通信ユーザ $u_{ij,r,k}$ に対する成層圏プラットフォーム側のSINRを $SINR_{ij,k}^{(1)}$ で表示する。もし、送信機の出力と電波伝搬損失が通信中は変動せず、 $SINR_{ij,k}^{(1)}$ に対応する通信ユーザが、他のセルで同一チャンネルを割り当てられた通信ユーザとは空間的に分離される関係にあり、電波到来方向(DOA)技術によって新規ユーザ及び通信中ユーザの位置情報が得られるならば、電波到来方向とマルチビームアンテナのビームパターンとを併せて計算して $SINR_{ij,k}^{(1)}$ を推定することができる。また、DOA技術を使わなくても、アダプティブアレーのDBF(DigitalBeam Forming)アンテナの重み係数から計算して、 $SINR_{ij,k}^{(1)}$ を直接に求めることも可能である。

【0026】次に、 i あるいは j を変えて、全てのセルで第k番目のチャンネルを使用する通信ユーザに対して、それぞれ最小なSINRを求めて、それを $SINR_{ch,k}^{(1)}$ として定義する。一般に、全ての可能なチャンネル分配方法が複数あるとき、各チャンネルに対する $SINR_{ch,k}^{(1)}$ 中の最小値を使って、選ばれた第l（エル）番目のチャ

ネル分配方法に対応するSINR特性を $GSINR^{(l)}$ で表示するものとする。

【0027】一方、新規ユーザに関する呼損率を $P_b^{(l)}$ 、通信中ユーザに関する強制切断率を $P_h^{(l)}$ と、それぞれ定義する。ここで、呼損率とは、通信要求のための発呼に対して接続に失敗する確率であり、強制切断率とは、通信中のユーザが強制的に通信を中断させられる割合である。

【0028】次に、カバーレージ内の全てのセル中にある通信ユーザのSINR特性の最適化及び呼損率と強制切断率の最小化を同時に実現する。これは、最大化 $\max\{GSINR^{(l)}\}$ 、最小化 $\min P_b^{(l)}$ 、及び最小化 $\min P_h^{(l)}$ を同時に行うことになり、一つのマルチオブジェクト組合せ最適化問題である。

【0029】このような最適化モデルにおいては、一般的には、この組合せ数の増加に伴って計算量が指数的に上昇すると言われている。しかし、ニューラルネットワークあるいは遺伝子アルゴリズムとして知られている手法を利用して、この組合せ最適化問題の解を求めることは可能であることもまた知られている。

【0030】ここで、遺伝子アルゴリズムを利用して数1に表示される組合せ最適化モデルに基づいて、通信システムの容量増加を図る一つのシステムシミュレーション例をあげる。

【0031】この場合、最適化モデルは、 \mathbf{o}_l を新規ユーザと通信ユーザの順番リストとし、 $F(\mathbf{o}_l)$ を第l（エル）番目のチャンネル割り当て方案の特性に関する評価関数とするとき、 $F(\mathbf{o}_l)$ を最大化する問題となつて、次のように書く事ができる。ここで、 $GSINR$ は、チャンネル分配に対応するSINR特性であり、 $P_b^{(l)}$ は新規ユーザに関する呼損率で、 $P_h^{(l)}$ は通信中ユーザに関する強制切断率であり、 w は最適化重み係数であり、 M は繰り返し回数の上限であり、 C はセルの集合であり c_{ij} はそのメンバであり、 T はロジック的なチャンネル数である。

【0032】

【数1】

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \max F(\mathbf{o}_l) = w_1 GSINR^{(l)} - w_2 P_b^{(l)} - w_3 P_h^{(l)} \\
 \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad l = 1, 2, \dots, M \\
 \text{s.t. } SINR_{ij,k}^{(l)} \geq \text{Threshold} \\
 \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \left\{ \begin{array}{l} c_{ij} \in C, k \in \{1, 2, \dots, T\} \\ \text{if the call is allocated} \\ \text{with the } k\text{th channel as } u_{ij,r,k}^r \end{array} \right.
 \end{array} \right.$$

【0033】このシステムシミュレーションで使っているマルチビームアンテナが9個のビームを発生し、成層圏プラットフォームの地上カバーレージが9個のセルに分割され、一つのビームは一つのセルをカバーし、そのビームパターンの二次元プロファイルは、図5に示されるものであるとする。

【0034】また、システムの周波数バンドが12個のチャンネルに分かれ、全てのセルに共有される、とする。ここで、システムシミュレーション用の主なパラメータ*

*は表1のようにとった。
【0035】
【表1】

表 1. SPF 通信システムシミュレーション用の主なパラメータ

height of the SPF 成層圏プラットフォームの高度	20km
number of beams for the DBF antenna DBFアンテナのビーム数	9
number of cells in terrestrial coverage サービス地域の地上をカバーするセル数	9
radius of a cell セルの半径	2km
Beam width (HPBW) for one beam ビームの広がり角度	11°
side lobe level サイドローブのレベル	-33 dB
available channels in the SPF system 成層圏プラットフォームで使用できるチャンネル	12
required SINR threshold 満たすべきSINRの閾値	20 dB
call arrival probability distribution 発呼信号の到達確率分布	Poisson 分布
average call hold time 発呼時の平均ホールド時間	180 s

【0036】9個のセルが地上のx-y平面で3×3のように並列し、周辺セルでユーザの同チャンネル干渉を漏れなく計算するため、外でさらに一列の仮想セルを設ける。また、SINR特性を評価するため、先ず、隣接ビームのメインローブから起こる同一チャンネル干渉レベルを計算する。さらに、サイドローブの影響を含めて考えると、9個のビームを使う時、成層圏プラットフォームサイドローブのレベルが9.5dBに上昇しても、DBFアンテナから出したビームのサイドローブが-32.5dBに抑えられれば、受信側の許容SINRが20dBまで維持できる。

【0037】本発明のDCA方法の性能評価のための比較対象としては、図2のような同一周波数再利用間隔を4に設定する固定チャンネル割り当て方式(FCA)を取り上げた。

【0038】なお、計算を単純化するため、今回の計算例では、伝播損失やマルチパスなどの影響については、除外している。さらに、式(7)中の係数を $w_1 = 0.1$ 、 $w_2 = 40$ 、 $w_3 = 0$ に設定して、このDCA方式を利用する時のトラフィックに対する呼損率特性を調べた。その計算方法としては、図7にも示した次のアルゴリズムを用いた。

1) まず、ある一つの無線資源割り当てのセットにおいて各セルにある無線資源を使用するユーザが送信する信号のSINRの中での最小値を求め、

2) 次に、上記の1)の計算を他の全ての無線資源に対して繰返して先の最小値に関する最小値をさらに求め、

3) 次に、他の全ての無線資源割り当てセットに対して上記2)の最小値の中の最大値を求め、

4) その最大値が許容SINRを上回れば、その最適な無線資源割り当てのセットを採用する。その計算結果を図6に示す。

30 【0039】このシミュレーションの結果から見ると、従来のFCA方式よりも、本発明のDCAとSDMAとの組合せ方式を使うことにより、同じ呼損率での成層圏プラットフォーム通信システムの容量が大幅に増加されることが分かる。例えば、呼損率が 10^{-3} の場合は、システムの容量が約10倍に増えた。また、トラフィック量の増加にしたがって、呼損率の改善幅がだんだん小さくなる。しかし、最悪の場合は、通信ユーザの数が極限に達し、隣接するセルとの間でチャンネルの共用が全くできなくなるが、この場合にも、呼損率特性はFCAと同様になるにすぎない。

【0040】以上説明した様に、本発明は、新しい動的な無線資源管理手段を提案しており、これを成層圏プラットフォーム通信システムに応用すると、無線資源を効率よく使い、システムの容量増加を果たすことができる。

【0041】さらに、その動的な無線資源管理方法は衛星通信システムなどにも応用でき、基本的には、上記したものと同様なシステム容量改善効果が得られると期待される。

50 【0042】

【発明の効果】この発明は上記した構成からなるので、以下に説明するような効果を奏することができる。

【0043】第1の発明では、成層圏プラットフォームなど無線通信システムの通信容量が増加する

【0044】また、第2の発明では、動的チャンネル分配(DCA)方式の安定性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】MSATシステムにおけるビームカバレッジを示す図である。

【図2】地上SDMA方式の概念を示す図である。

【図3】成層圏プラットフォームのフットプリントを示*

*す図である。

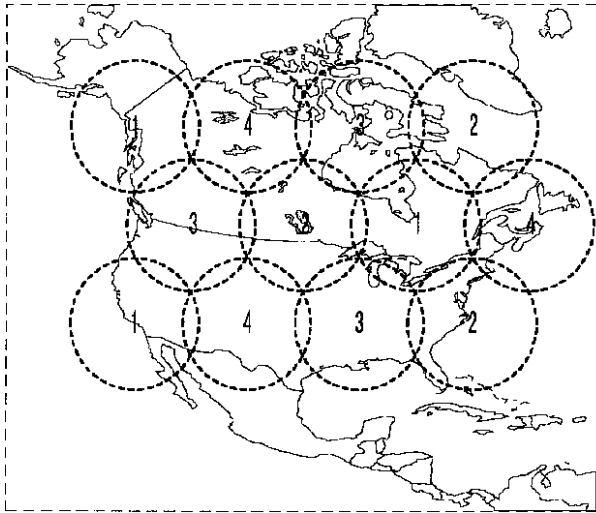
【図4】マルチビームアンテナを持つ成層圏プラットフォームのカバレッジを示す図で、(A)は、ユーザのセル内の分布位置を示す図で、(B)は、隣接セルのビームパターンを示す図である。

【図5】ビームパターンの二次元プロファイルを示す図である。

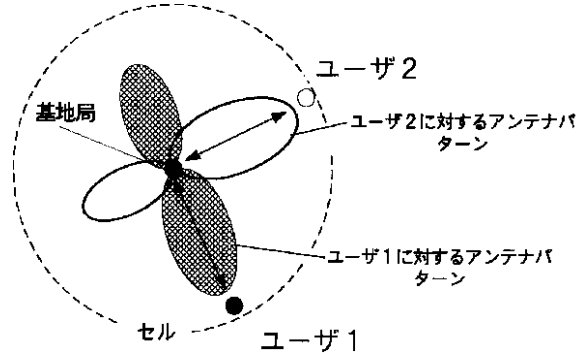
【図6】トラフィックに対する呼損率特性の比較を示す図である。

10 【図7】最適な無線資源割り当てのパラメータセットを得るためのアルゴリズムを示す図である。

【図1】

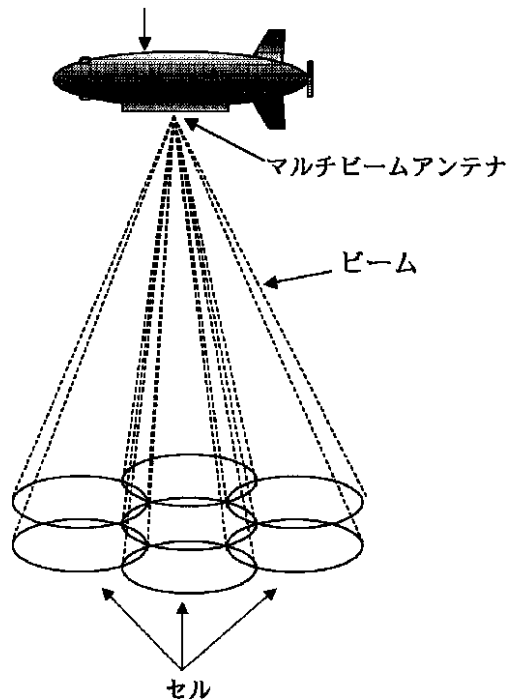


【図2】

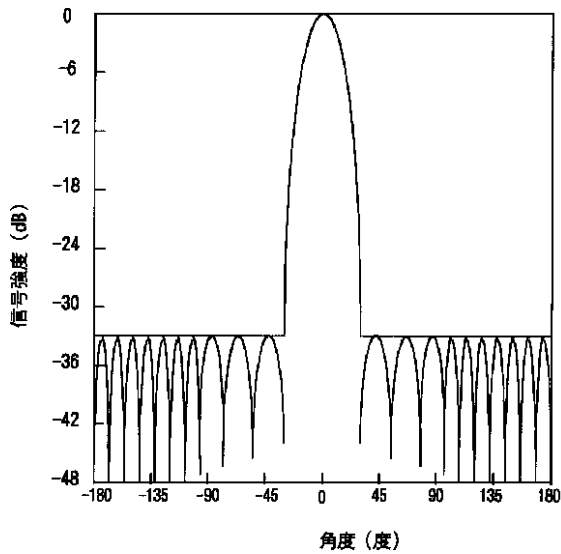


【図3】

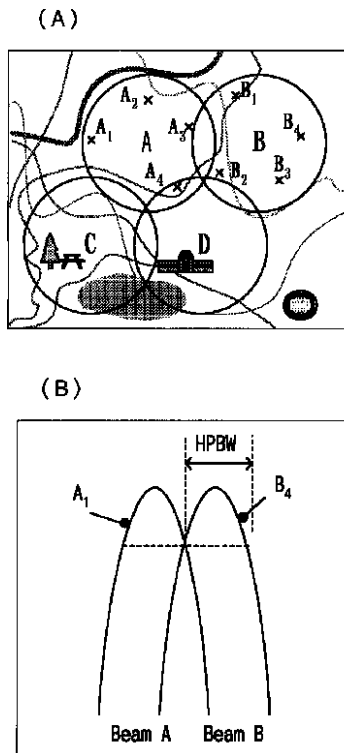
成層圏プラットフォーム



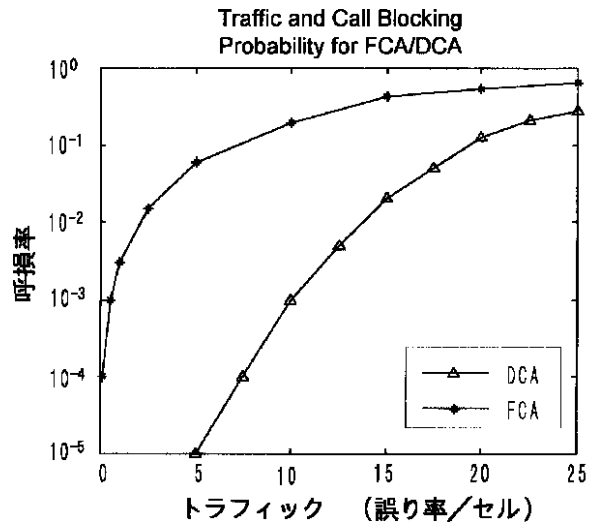
【図5】



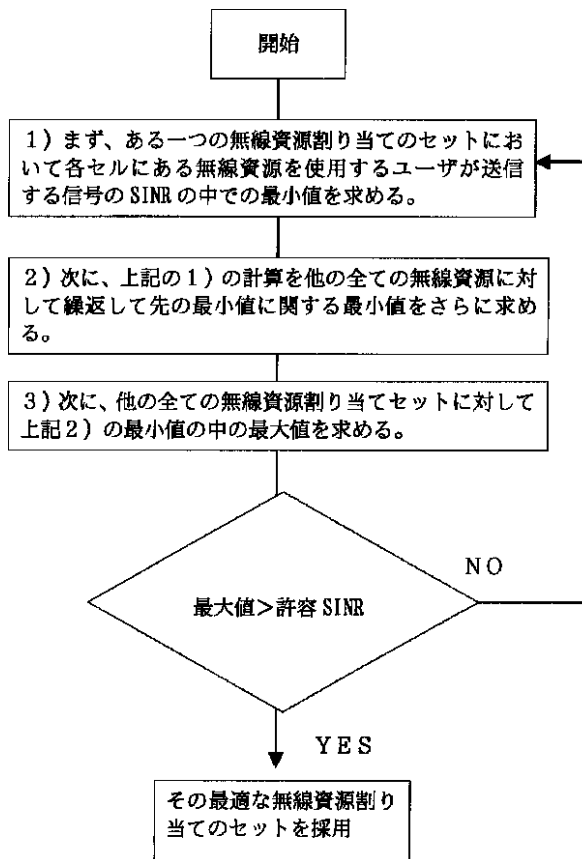
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 長谷 良裕
神奈川県横須賀市光の丘3丁目4番 郵政
省通信総合研究所 横須賀無線通信研究セ
ンター内
(72)発明者 烏 剛
神奈川県横須賀市光の丘3丁目4番 郵政
省通信総合研究所 横須賀無線通信研究セ
ンター内

(72)発明者 三浦 龍
神奈川県横須賀市光の丘3丁目4番 郵政
省通信総合研究所 横須賀無線通信研究セ
ンター内
(72)発明者 諸 鴻文
中華人民共和国上海市華山路1954号 上海
交通大学内

Fターム(参考) 5K022 FF00
5K072 AA13 BB13 BB22 CC03 CC34
DD02 DD11 DD16 GG02 GG15