

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3990111号

(P3990111)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月27日(2007.7.27)

(51) Int. Cl. F I  
**HO4B 7/15 (2006.01)** HO4B 7/15 Z

請求項の数 6 (全 39 頁)

|               |                               |           |   |
|---------------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号     | 特願2000-592973 (P2000-592973)  | (73) 特許権者 | 598011983   |
| (86) (22) 出願日 | 平成12年1月7日(2000.1.7)           |           | ヒューズ・エレクトロニクス・コーポレーション                              |
| (65) 公表番号     | 特表2002-534901 (P2002-534901A) |           | アメリカ合衆国、カリフォルニア州 90245、エル・セグンド、イー・インペリアル・ハイウェイ 2250 |
| (43) 公表日      | 平成14年10月15日(2002.10.15)       | (74) 代理人  | 100058479   |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2000/000429             |           | 弁理士 鈴江 武彦   |
| (87) 国際公開番号   | W02000/041340                 | (74) 代理人  | 100084618   |
| (87) 国際公開日    | 平成12年7月13日(2000.7.13)         |           | 弁理士 村松 貞男   |
| 審査請求日         | 平成12年9月7日(2000.9.7)           | (74) 代理人  | 100092196   |
| 審判番号          | 不服2003-23712 (P2003-23712/J1) |           | 弁理士 橋本 良郎   |
| 審判請求日         | 平成15年12月8日(2003.12.8)         | (74) 代理人  | 100095441   |
| (31) 優先権主張番号  | 60/115, 287                   |           | 弁理士 白根 俊郎   |
| (32) 優先日      | 平成11年1月7日(1999.1.7)           |           |   |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           |   |
| (31) 優先権主張番号  | 60/115, 285                   |           |   |
| (32) 優先日      | 平成11年1月7日(1999.1.7)           |           |   |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           |   |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メディアおよび低軌道衛星を使用して広帯域サービスを提供する方法および装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

第1の地上局(1208)と通信している静止軌道上にある第1の衛星(1202)と第2の地上局(1204)と通信している非静止軌道上にある第2の衛星(1206)との間の通信干渉を軽減する方法において、

第2の衛星(1206)が第2の衛星群の中の複数の衛星の1つであり、

第2の地上局(1204)と第2の衛星群の中の第2の衛星(1206)との間の地理的關係を評価し、

評価された地理的關係にしたがって第2の地上局(1204)と第2の衛星群中の第2の衛星(1206)との間で通信を行うステップを含み、

前記地理的關係を評価するステップは、第2の衛星群の中の各衛星(1206)に対する仰角を測定するステップを含み、ここにおいて、各衛星(1206)の仰角は第2の地上局(1204)の局部水平線(1704)に対する衛星(1206)の角度であり、

評価された地理的關係にしたがって第2の地上局(1204)と第2の衛星群との間で通信を行うステップは、最大の仰角に位置する第2の衛星群の衛星に第2の地上局(1204)との通信を引き渡すステップを含んでいる方法。

## 【請求項2】

第1の地上局(1208)と通信している静止軌道上にある第1の衛星(1202)と第2の地上局(1204)と通信している非静止軌道上にある第2の衛星(1206)との間の通信干渉を軽減する方法において、

10

20

第2の衛星(1206)が第2の衛星群の中の複数の衛星の1つであり、  
第2の地上局(1204)と第2の衛星群の中の第2の衛星(1206)との間の地理的関係の評価し、

評価された地理的関係にしたがって第2の地上局(1204)と第2の衛星群中の第2の衛星(1206)との間で通信を行うステップを含み、

前記地理的関係の評価するステップは、第2の衛星群の中の各衛星(1206)に対する仰角を測定するステップを含み、ここにおいて、各衛星(1206)の仰角は第2の地上局(1204)の局部水平線(1704)に対する衛星(1702)の角度であり、

評価された地理的関係にしたがって第2の地上局(1204)と第2の衛星群との間で通信を行うステップは、第2の衛星(1206)の仰角が予め定められた仰角より低くなったときに、  
最大の仰角に位置する第2の衛星群の衛星に第2の地上局(1204)との通信を引き渡すステップを含んでいる方法。

10

【請求項3】

第2の衛星(1206)は周回中軌道上にある請求項1または2記載の方法。

【請求項4】

第2の衛星(1206)は低軌道上にある請求項1または2記載の方法。

【請求項5】

第1の地上局と通信している静止軌道上にある第1の衛星と非静止軌道上にある第2の衛星との間の通信干渉を軽減する方法において、

第2の衛星が第2の衛星群の中の複数の衛星の1つであり、

20

第2の衛星群の中の各衛星(1206)の分離角度を測定し、ここで分離角度とは、第1の衛星(1202)および第2の地上局(1204)を結ぶ線と第2の衛星(1206)および第2の地上局(1204)を結ぶ線とのなす角度であり、

第2の衛星群の少なくとも1つの衛星の分離角度が第2の衛星(1206)の分離角度より大きくなったときに、第2の地上局(1204)と第2の衛星(1206)との間の通信を前記大きくなった分離角度の第2衛星群の1つに引き渡すステップを含んでいる方法。

【請求項6】

通信が第2の衛星群のうちの最大分離角度を有する衛星に引き渡される請求項5記載の方法。

【発明の詳細な説明】

30

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、衛星通信システムの設計、動作および保守を行うシステムおよび方法に関し、とくに異なった軌道における衛星通信システム間の通信干渉を軽減するシステムおよび方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

地球規模の通信を行う必要性が急速に増してきている。通信およびコンピュータ工業の収斂や無線技術の急速な拡大、そして、今や日常生活に深く食い込んでいるが、ますますその使用が拡大していくインターネットがこの増加に拍車をかけている。データ関連通信の急速な成長には、小規模およびホームオフィスの増加、移動産業労働人口の出現、マルチメディア適用の発達もまた寄与している。

40

【0003】

インターネット/イントラネット/エクストラネット接続に対して出現した市場には、短い遅延、広域カバレッジおよび広帯域幅通信を提供することのできる衛星システムが必要である。急増したインターネット接続への要求のために、アクセスサービス(AS)として知られている広帯域データ通信が必要とされている。

【0004】

インターネットサービスプロバイダ(ISP)および関連通信プロバイダは、現在の既存の技術を強化し、インターネットサービスをサポートすべき新しいインフラストラクチャ

50

を生成している。ウェブアクセス、電子コマースおよび遠隔アクセスは、間もなく誰でもそのサービスを利用できるようになる。オンラインデータ適用は、はやくも基本的な電子メールおよびファイル転送機能の範囲を越えて、ビデオ会議、対話式マルチメディアコラボレーションおよびマルチキャストのようなサービスを含んでいる。

【0005】

インターネットおよびマルチメディア適用によりインターネットワーキングサービス市場がますます急成長していくにつれて、これらのサービスの最終消費者は、サービスプロバイダがもっと多量のデータを迅速に送信および処理することを要求する。

【0006】

ワールドワイドウェブがニュース、情報、通信文およびエンターテインメントを配信する優れたテクノロジープラットフォームであると気づかれて、オンラインユーザが急増している。2000年までには、インターネットユーザの数は、全世界で3億人近くに達し、400万以上のビジネスサイトがインターネット上に設立されると予測される。2000年までに使用されるコンピュータは5億8000万を越え、世界的なIPサービスの総収益は2002年までに160億ドルを上まわると予測される。さらに、米国の総オンライン世帯は2000年までに3500万戸に達すると予測される。

10

【0007】

また、著しい速さで成長しているeコマースが、もっと多くの帯域幅に対する要求をあおっている。企業はインターネット上で商取引を行うことによってもっと多くの人を経済的に動かすことができると認識している。消費者は、その便利さと時間が節約できる性質のためにeコマースを受け入れている。その結果、eコマースは2002年までに4000億ドル産業に成長すると予測され、世界中の全小売り購買のほぼ8%を占めると予測される。

20

【0008】

とくに、インターネットインフラストラクチャがほとんどあるいは全く利用できず、広範囲にわたる地上インフラストラクチャを生成するためにかなりの費用と時間を要する世界の区域において、これら何百万ものオンライン取引は即時接続方法を必要としている。さらに、ユーザタスク(価格比較のような)を容易にすることのできるインテリジェント・エージェントが帯域幅要求をさらに増大させる。

【0009】

帯域幅に対する要求をあおる別の発達はインターネット電話サービスであり、それは劇的な増加のために準備されたこれから発生する市場である。世界中のインターネット電話サービスは、1999年までに実質的に無から5億6000万ドル産業に成長し、2001年までにパケット交換網が約125億分相当のグローバル長距離トラフィックの約1%を占めると予測されている。

30

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上記の説明から、広い帯域幅のデータ通信サービスを提供するシステムが必要とされていることが認識できる。この要求は、通常地上データ通信システムにより満足させることができる。しかしながら、このようなシステムの実施は困難かつ高価である。この要求はまた、静止(GSO)軌道にある衛星システムにより満足されることができ、軌道スロット数は制限されており、このような衛星と通信できる合理的な電力レベルおよび複雑さの地球局を構成することは困難である。

40

【0011】

したがって、広い帯域幅通信を行う非静止システムNGSOが必要とされている。同時に、NGSOシステムとの通信は既存または将来的なGSOシステムを妨害してはならない。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、グローバルネットワークの相互接続用の帯域幅に対する莫大な要求のかなりの

50

部分を満たすシステム衛星群によりその必要性を満足させる。

【 0 0 1 3 】

上述された要求を満たすために、本発明は、広い帯域幅サービスを広範囲に分散した種々の顧客に提供する衛星通信システムアーキテクチャを開示している。

【 0 0 1 4 】

本発明の1つの特徴は、狭い通信アンテナビーム幅およびインテリジェントハンドオーバーを使用して宇宙空間中に配置された別の衛星との干渉を軽減するL E O、M E Oまたは組合せられたL E O / M E O衛星群で配置された衛星システムにおいて説明される。衛星システムは、種々の2方向広帯域サービスを企業および家庭の両顧客に提供する。

【 0 0 1 5 】

衛星システムは、たとえば70個の衛星の群のような複数の衛星を含んでおり、無線通信リンク、衛星間リンク、ならびにテレメトリ、追跡およびコマンド(T T & C)リンクを含んでいることが好ましい。スポットビームおよび二重偏波技術の使用によって、各衛星は30回まで通信スペクトルを再使用することができる。

【 0 0 1 6 】

本発明はまた、静止(以降まとめてG S Oと呼ぶ)軌道における宇宙船への有害な干渉の発生を回避するためにスペクトルを共有して使用する。衛星システムは、米国内および世界中の広い範囲にわたるユーザに広帯域通信サービスを提供し、K u帯域を効率的に使用して、既存のG S O衛星システムの性能を強化することができる。この衛星システムは、スペクトル共有志向システム設計、簡単なペイロードアーキテクチャおよび小型ユーザ端末により、短い遅延、広域カバレッジおよび高度な帯域幅通信を提供することによってインターネット/イントラネット/エクストラネット接続の出現した市場の要求を満足させる。

【 0 0 1 7 】

衛星システムは、512 K b p s から10 M b p s までの範囲のデータ速度を含む種々のデータ速度のサービスにより広い範囲の通信要求を満足させる。衛星システムはさらに、対話式の広帯域サービスに対する迅速なネットワーク接続を広範囲の顧客に、とくに個人ユーザまたは小規模オフィス/ホームオフィス(S O H O)ユーザに提供する。衛星システムは、インターネット接続に対する急増した要求をサービスするためにインターネットアクセスサービスを行う。インターネットアクセスサービスはまた遠隔地のビジネスサイトから集合的な広域ネットワーク(W A N)のセンターまでの広帯域接続を提供する。最後に、本発明はまた、遠隔地へのイントラネット接続を拡張するエクストラネットアクセスサービスを多国籍企業、とくに遠隔/辺境区域および発展途上国におけるビジネスサイトに提供する。

【 0 0 1 8 】

衛星システム群設計は、望ましくない干渉からG S O衛星システムを完全に保護しながら、グローバルなカバレッジを提供する。このシステム設計は、低要求区域にかなりのサービスを提供しながら、北米大陸(C O N U S)および欧州のような高要求区域にリソースが集中されることを可能にする。

【 0 0 1 9 】

世界のサービスが行き届いていない地域に対するそのグローバルカバレッジにより、本発明のシステムは、人々がどこにいてもeコマースの利点を入手できるようにする。衛星システムの少ない待ち時間は、対話式インターネットプロトコル(I P)通信および音声サービスへのアクセスを容易にする。

【 0 0 2 0 】

衛星通信システムは、一般にマルチレートで多機能の通信サービスおよびとくにインターネットへの高速データアクセスで、世界的な高いデータ転送速度の広帯域対話式通信サービスの量および種類を増加することによって、国内情報インフラストラクチャ(N I I)およびグローバル情報インフラストラクチャ(G I I)を進歩させる通信能力を提供することができる。このシステム設計は、この能力が安価に短い配備期間により提供されるこ

10

20

30

40

50

とができることを保証する。

【0021】

これはとくに、インターネット使用によってもたらされるデータトラフィックの大幅な増加のためにとくに重要であり、データトラフィック用の別の通路を配備する必要性を強調している。本発明は、既存のネットワークを補うと共にこれらとインターフェースして、広範囲の通信サービスをサポートするデータインフラストラクチャを提供する。

【0022】

その高いデータ転送速度通信能力により、本発明は、高速情報転送および企業と顧客との間の対話式マルチメディア交換を含む商業通信をサポートし、それによって国際的なネットワークに接続される必要のある取引の新しい効率および生産性が生まれる。本発明はまた、発展途上国が通信衛星システムの能力を使用して、高い費用をかけずに、全区域におけるタワー設置、ケーブル敷設および地上ネットワーク施設建築の遅延の影響を被ることなく、彼等自身の国内通信インフラストラクチャを改良できるようにすることを可能にする。

10

【0023】

本発明はまた、ユーザがアプリケーションを容易に更新および検索し、機密保持された安全なIPマルチキャストセッションを生成して高速ファイル転送を行うこと、メディアストリームをサポートすること、対話式距離学習に参加すること、ならびにデータベース更新およびパーソナルコンピュータ(PC)との間での複製を行うことができるようにする。この衛星通信システムは、個人および小規模/ホームオフィスユーザ(SOHO)へのインターネットアクセス、および全ての企業へのイントラネット/エクストラネットアクセスを実現する。それはまた、IP電話およびeコマースのような関連サービスを可能にする。

20

【0024】

衛星システム設計は、効率的で経済的なサービスの提供をサポートする。これは、ひとつに、スペクトルが再使用される効率を増加させるスポットビーム技術の使用によって行われる。これによって、本発明は世界の人口の多い区域に対して大きい容量を提供することが可能となる。このシステムの特性は、高度に対話式の広帯域サービスをサポートするのに理想的である。このシステムは、もっと多くの帯域幅への容易なアクセスに対するこれら全ての要求を満足させるように広帯域アクセスインフラストラクチャを構築する助けとなるであろう。

30

【0025】

衛星通信システムは、大規模な市場や、高速インターネットアクセス、IP電話およびeコマースのような適用に対話式サービスを提供することにより、グローバルな広帯域市場にサービスするように設計される。

【0026】

上記によると、本発明はまた、通信衛星システムを規定する方法によって説明される。この方法は、複数の通信干渉シナリオを識別し、発生頻度に基づいて第2の衛星のそれぞれにおける最大干渉信号強度統計値を特定する干渉要件をカテゴリに類別し、各シナリオおよび各干渉要件カテゴリに対して1以上の干渉軽減戦略を識別し、そのシナリオおよび干渉要件カテゴリのそれぞれに対して干渉軽減における識別された干渉軽減戦略の各有効性を決定し、この決定された干渉軽減戦略の有効性にしたがって、第1の衛星通信システムに対して識別された軽減手段の1以上のものを選択するステップを含んでいる。

40

【0027】

本発明のさらに別の特徴は、地上局と通信している第1の衛星と第2の衛星との間の通信干渉を軽減する方法によって説明され、それにおいて第2の衛星は第2の衛星群の中の複数の衛星の1つである。この方法は、第2の地上局と第2の衛星群の中の衛星との間の地理的関係进行评估し、評価された地理的関係にしたがって第2の地上局と第2の衛星との間の通信を導くステップを含んでいる。

【0028】

50

本発明のさらに別の特徴は、上述した動作を行う手段を具備している衛星群システムにおいて実現される。

【0029】

本発明は、家庭ユーザおよび商業ユーザの両者に対して広帯域インターネットアクセスを提供するために技術的限界、調整制約およびマーケットセグメント内で全体的な最適化を行う。

【0030】

本発明はまた、静止軌道(GSO)および非静止軌道(NGSO)衛星システム間におけるスペクトル共有能力を改善し、一方既存のKu帯域衛星サービスを保護する。スペクトル共有を促進すると考えられる区域には、衛星群アーキテクチャおよび宇宙船アンテナ、ユーザ端末、ペイロードアーキテクチャ、ならびにリンクバジェット設計が含まれている。

10

【0031】

予測される市場および世界中に分布している人口に相関された不均一なカバレッジを提供し、その一方で既存のGSO資産による干渉が最小にされることを確実にしながらシステム投資を最小にする衛星群設計(少数の衛星使用を含む)が規定される。

【0032】

リンクバジェット設計は、小型から中型のユーザ端末と中速データ通信とをサポートする制約の下で最適化される。開示されているユーザ端末は1m未満であり、データ速度は512Kbps乃至10Mbpsである。

20

【0033】

本発明は、GSOリンクへの有害な干渉を回避するためにGSO衛星オペレータによって提案されている最大有効電力束密度(EFPD)要求を満たす一方でサイドローブ減衰制御を行うための直接放射アレイアンテナに適用される。

【0034】

リソース管理によって、最少のリソースによる最大容量が実現される。動的リソース管理エンジンは、ペイロード電力レベル、宇宙船トラフィック要求、区域スペクトル利用度およびネットワーク統計を監視するためにネットワーク制御センター(NOC)に配置されている。それは、100%の通信接続を提供するだけでなく、最適化されたリソース割当てに基づいてシステムリソース(電力およびスペクトル使用のような)の調節もまた行う。その結果、既存の宇宙資産に対する干渉は過度の有効等方性放射電力(EIRP)を減少することにより最小にされ、スペクトル効率が最大にされる。

30

【0035】

本発明は、フェーズドサービス配備(phased service deployment)を行う。衛星群を選択することによって、4個の少ない衛星の打上げによりほぼ世界的なサービスが提供されることが可能となる。本発明には、MEO衛星を追加し、技術の完全な発達およびサービス要求に基づいて増加された容量により完全な世界的接続を行うことによって増強される衛星システムが開示されている。

【0036】

本発明のシステムアーキテクチャは7ビームクラスタ周波数の再使用を行い、ユーザがインターネット、イントラネットおよびエクストラネットを含む種々のネットワークにローカルゲートウェイ局(GS)により接続されることを可能にする。各GSは、7ビームクラスタ内の近接した区域にサービスし、トラフィックを適切な地上ネットワークまたは別のGSにルートして、二重ホップによって別のシステムユーザと通信する。これによって、加入者は、世界中のどこでも接続されることが可能になる。

40

【0037】

【発明の実施の形態】

本発明の別の特徴、観点および利点は、ここに含まれている図面および説明から明らかになるであろう。

以下の説明において、本発明のいくつかの実施形態の一部を形成し、例示として示され

50

ている添付図面を参照する。本発明の技術的範囲を逸脱することなく別の実施形態が使用され、また構造上の変更が行われてもよいことが理解される。

【0038】

本発明は、非GSO(NGSO)軌道上の複数の衛星を有する通信システムによって説明される。本発明の1実施形態において、衛星群は低軌道(LEO)上の複数の衛星を含んでいる。このシステムは“LEOシステム”と呼ばれる。本発明の別の実施形態では、LEOシステムは周回中軌道(MEO)に配置された複数の衛星を含む衛星群によって増強または置換される。このシステムは、ここではMEOシステム2100と呼ばれる。

【0039】

LEOシステムおよびMEOシステム衛星ネットワークは共に、1以上のビームクラスタを発生する1以上の通信アンテナをそれぞれ備えた衛星を含んでいる。ビームクラスタは、複数の(代表的に7つの)近接して配置された操縦可能な通信ビームを含んでいる。各衛星はまた、ユーザ端末通信サービス要求にしたがって通信ビームを動的に導くフレキシブルなチャネライザを具備している。したがって、高い帯域幅サービスを要求する多数のユーザ端末が存在する区域に多数の重複したビームが導かれることが可能であり、一方においてユーザが少数しか存在しない帯域幅要求の低い区域には少数のビームが導かれることができる。

【0040】

ユーザはインターネット、イントラネット、あるいは公衆通信交換網(PSTN)と複数のゲートウェイノードを介して通信する。各ゲートウェイノードは、ビームクラスタによってサービスされるユーザ端末と関連付けられる。したがって、一般的な場合において、7つのビームの各クラスタは、7つのビームのビームフットプリント内のユーザ端末の全てにサービスを提供し、これらのユーザのそれぞれがゲートウェイノードと関連付けられている。ユーザ端末は、通信サービスに対するリクエストを衛星に送信し、この衛星がそのリクエストをゲートウェイに中継する。その後、ゲートウェイは、このリクエストを通信サービスに転送する。同様に、通信サービスからのメッセージは、ゲートウェイによって受信され、ネットワーク中の衛星の1つに送信され、ユーザ端末に中継される。このようにして、ゲートウェイノードは、衛星システム中の衛星を介して通信サービスとユーザとの間においてメッセージを中継する。

【0041】

[LEOシステム(100)衛星システム]

LEOシステム100は、米国内のおよび世界中のユーザに広帯域通信サービスを512Kbpsから10Mbpsまでのデータ速度で提供する。LEOシステムからのスポットビームカバレッジは、軌道上で再構成されることができる。スポットビームおよび二重偏波を使用することによって、Ku帯域スペクトルが各LEOシステム衛星により30回再使用されることが可能となる。システムは、NGSOおよびGSOの両方の別のシステムとの周波数共有を容易にするように設計されている。

【0042】

図1は、LEOシステム100の概略図である。LEOシステム100は、衛星群の中の複数の衛星102を有する宇宙セグメントを含んでいる。1実施形態において、LEOシステム100は、ほぼ1490kmの高度の円軌道上において10個の円平面中に合計70個の衛星を含んでいる。1つの衛星(たとえば衛星102A)とLEO衛星群中の別の衛星(たとえば衛星102B)との間の通信は、光衛星間リンク(ISL)104によって行われる。

【0043】

LEOシステム100はさらに、ユーザ端末(UT)114、システムアクセスノード130およびネットワーク動作制御センタ(NOC)124および衛星動作センタ(SOC)128を含む地上セグメントを含んでいる。衛星102は、地上ベースのユーザ端末(UT)114、ゲートウェイ106およびこの衛星群の中の別の衛星と通信する。

【0044】

1実施形態において、LEOシステム100は、宇宙から地球に送信するために10.7乃

10

20

30

40

50

至 12.7 GHz (領域 2) および 10.70 乃至 12.75 GHz (領域 1 および 3) 内の Ku スペクトルの中の 1 GHz の帯域幅を使用し、また地球から宇宙に送信するために 12.75 乃至 13.25 GHz および 13.75 乃至 14.5 GHz 内のスペクトルの中の 1 GHz を使用する。スポットビーム技術、二重偏波、GSO 締め出し (keep out) ゾーンおよび特別なハンドオーバ追跡方法を含むここに説明する干渉軽減技術を使用することにより、各衛星はスペクトルを 30 回まで再使用することができる。LEO システム 100 はそのように構成されているため、Ku 帯域スペクトルを使用して 512 Kbps から 10 Mbps までの高いデータ速度のインターネットアクセスを行う。

#### 【0045】

地上ベースのユーザ端末 114 はそれぞれ、直径が 0.6 m (24 インチ) から 0.9 m (36 インチ) の範囲で変化する大きさ、またはそれより大型でも小型でも可能な 1 以上のアンテナを含んでいる。加入者は衛星を介してデータ要求を行い、システムゲートウェイ 106 を介してあるいは UT 114 への直接衛星送信によって要求時にダウンロードを受信する。

#### 【0046】

1 実施形態において、各ゲートウェイ 106 は、複数の (代表的に 7 個の) 隣接して配置されたビーム (フットプリント 134 によって示されている) を有するビームクラスタ 122 を通信接続し、地上通信リンク 112、ゲートウェイ間リンク 108 または衛星間リンク 104 のいずれかによって相互接続される。システム設計はビームフットプリント 134 によって明示された高い指向性の宇宙船アンテナビームを使用するため、この小さい UT 114 に対する高いデータ速度のサービスが可能である。これらの高い指向性のビームはまた干渉を減少するように機能する。高いスペクトル再使用および非常に多数の世界中に及ぶゲートウェイ 106 が全体的なシステム容量をさらに増強する。

#### 【0047】

システムネットワーク 120 の接続は、地上ゲートウェイ 106 および衛星 102 に搭載されたスイッチの両者によって行われる。ゲートウェイ 106 は、設定期間中に (データ通信が初期化されたとき) ルーティング情報を提供し、搭載スイッチがユーザ端末 114 と複数のゲートウェイ 106 の中のそのゲートウェイ 106 との間の接続、ならびに衛星間リンク (ISL) とゲートウェイ 106 との間の接続を行う。

#### 【0048】

LEO システム 100 により、ユーザは、インターネット、集成的イントラネット、WAN、構内ネットワーク (LAN) および自律転送モード (ATM) ネットワークを含む広範囲の地上ネットワークにトランスペアレント接続される。

#### 【0049】

LEO システム 100 は、パケット切替えおよび回路切替え動作の両者をサポートする。パケット切替えまたは回路切替えのいずれを使用するかは、ゲートウェイ 106 によって行われる。その後、この決定に関する情報は、接続動作の残りを完了させ、パケット切替えおよび回路切替えされたデータを適切な目的地に導くためにゲートウェイ 106 または NOC 124 から衛星 102 にアップロードされる。

#### 【0050】

NOC 124 は、ユーザアクセス要求を制御するために衛星 102 中の衛星搭載プロセッサ共に動作する。さらに、この NOC 124 は、LEO システム 100 中におけるサービス利用度および容量、ビーム管理、ならびにハンドオーバを監視し、制御する。

#### 【0051】

##### [周波数プラン]

図 2 は、LEO システム 100 に対する例示的な周波数割当てを示す概略図である。各領域 (地球から宇宙および宇宙から地球) における全帯域幅は、システム要求にしたがって選択されることができる。1 実施形態において、各領域において合計 1 GHz が使用される。この 1 GHz スペクトルは、通信リンク (ユーザ端末 114 と衛星 102 との間の) に対する 500 MHz のセグメントとフィーダリンク 110 (ゲートウェイ 106 と衛星 102 との間

10

20

30

40

50



の)に対する500MHzのセグメントとの2つに分割される。その後、通信リンクセグメントは、7つの70MHzサブセグメント202に細分され、2つの各偏波204、206(右および左側の円偏波)で再使用される。

【0052】

各衛星102は、1以上の通信用の衛星アンテナを含んでいる。衛星アンテナの設計は、同じ周波数および偏波を有するビームのあいだの空間的な分離を最大にする。多数の70MHz帯域のセグメントは、動的なリソース管理により1つの衛星からの関連したビームフットプリント134によって規定される同じ地理的区域内のサービス容量を最大にするように配置されることができ、これによって高い要求の区域の高密度カバレッジが可能になる。サービス要求に応じて、いくつかの異なるビーム放射パターンの1つが選択されることが可能であり、それはここで必要とされる多数の重複したビームを含んでいる。

10

【0053】

1実施形態において、LEOシステム100は、周波数分割多重アクセス(FDMA)と時分割多重アクセス(TDMA)の組合せを使用して、フレキシブルなデータ速度を提供する。各FDMA搬送波は70MHzであり、偏波当たり100Mbpsで2つの偏波の合計200Mbpsをサポートする。この実施形態では、60cmのアンテナを有するUT114に対する最大データ速度は、ほぼ10Mbpsであり、システムは2000以上のユーザを10Mbpsのデータ速度で同時にサポートすることができる。低いデータ速度は、狭いFDMA搬送波(<70MHz)またはTDMAスロットの組合せによりサポートされることができ、たとえば最も低いデータ速度(約512Kbps)のユーザは、70MHzの搬送波を200の時間スロットに分割することによってサポートされることが可能である。小さいビーム幅のフットプリント134および二重偏波により、スペクトルは衛星当たり30回再使用されることができ。

20

【0054】

別の実施形態において、LEOシステム100は、PN符号を使用して符号分割多重アクセス(CDMA)変調技術を使用する。この実施形態は、上述のFDMA/TDMA形態と同じ周波数共有能力を有している。

【0055】

[衛星特性]

図3は、衛星102の1実施形態を物理的に示す概略図である。表Iは、適切な衛星特性のリストである。

30

【0056】

表 I : LEOシステム衛星102 の特性

|              |                                  |    |
|--------------|----------------------------------|----|
| 衛星バス         | 高電力衛星バス                          |    |
| 飛行期間         | 10年                              |    |
| 安定性          | 反動輪を使用して安体化された本体                 |    |
| 直流電力ー飛行期間の始め | 818kW                            |    |
| 直流電力ー飛行期間の終り | 7.5kW                            | 10 |
| 食能力          | 100%                             |    |
| 展開した長さ       | ほぼ22m                            |    |
| 近似質量 (プラン1)  | 推進薬ありで2000kg<br>推進薬なしで1650kg     |    |
| Ku帯域アンテナ     | 2Ku帯域送信アレイアンテナ<br>2Ku帯域受信アレイアンテナ | 20 |
| TT&Cアンテナ     | 2Ku帯域送受信ビーコン<br>2Ku帯域送受信パイプアンテナ  |    |
| アンテナ照準       | 地球センサ、太陽センサおよび<br>ジャイロ스코ープ       |    |
| ビーム位置の数      | 867のビーム位置 (LEOから40)              |    |
| 活動チャンネルの数    | 210の単偏波チャンネル (ビーム)               | 30 |
| 命令搬送波の数      | 2                                |    |
| 遠隔測定搬送波の数    | 2                                |    |
| 追跡ビーコンの数     | 遠隔測定信号も追跡ビーコンとして機能               |    |
| レーザ搬送波、ISLの数 | 4                                |    |
| Ku帯域スペクトル再使用 | 30回                              | 40 |
| アンテナ照準精度     | 0.4°のN-SおよびE-W                   |    |
| アンテナ照準距離     | 天底円形視野から54°                      |    |
| アンテナビーム幅     | 4°                               |    |

## [ ペイロードアーキテクチャ ]

LEOシステム100は、10Mbpsまでの速度で広帯域データ通信を行う。回路は対称的または非対称的な、単信方式または二重通信方式であることが可能である。ペイロード

管理および再構成は、システムの地上動作と共同して動作するLEOシステム(“LS”)100のTT&Cサブシステムおよび制御セグメントを介して行われる。表IIは、選択された通信パラメータを示す。

【0057】

表 II

| パラメータの説明        | Ku帯域ペイロード                                       | 漏話ペイロード                 |    |
|-----------------|---|-------------------------|----|
| 変調フォーマット        | オフセットQPSK<br>(OQPSK)                            | 強度、波長、多重化               | 10 |
| 符号化方式           | たたみこみ<br>連結<br>リード・ソロモン                         | たたみこみ<br>連結<br>リード・ソロモン |    |
| ビットエラー率         | $1 \times 10^{-9}$                              | $1 \times 10^{-9}$      |    |
| データ速度           | E1/4 = 512 Kbps<br>E1 = 2Mbps<br>バーチャル回路<br>切替え | 3 Gbps                  | 20 |
| ビーム当りの<br>合計帯域幅 | 70 MHz  | N/A                     |    |

図3を参照すると、各衛星102は、1以上の送信アレイアンテナ304および1以上の受信アレイアンテナ306を含んでいる直接放射アレイを備えたアンテナサブシステムを具備している。アンテナ304、306は、最小の20dBの干渉偏波分離による二重偏波を使用し、それぞれ867のスポットビーム位置にサービスすることができる。衛星102当たりほぼ210のスポットビームが付勢され、各ビームは二重偏波された送受信周波数スペクトルの140MHzを使用する。衛星102はプロセッサ738を含み、このプロセッサ738はまた、特定のビームにおいて要求が高い場合には、多数のサブバンドを単一ビームに切替えることができる。各衛星102は、それがサービス区域上を通過するとき、そのビームを特定の場所に導いてもよい。

【0058】

図4は、4°の代表的なスポットビームに対するアンテナカバレッジを示す図である。図4に示されているように、任意のある時期に、衛星102当たり867のビームのうち210までの、4°のスポットビームが照射される。ビーム間および衛星間のビームハンドオーバー処理手順は、以下さらに詳細に説明するように行われる。

【0059】

図5は、フェイズドアレイアンテナの送信および受信感度パターンを示すグラフである。

【0060】

図6は、LEOシステムフェイズドアレイアンテナの送受信アンテナの輪郭線を示すグラフである。示されている利得輪郭線は、-2, -4, -6, -8, -10, -15および-20dBであり、これが最も外側の輪郭線である。最大利得 $G_{max}$ は走査損失係数 $G_{scan}$ だけ減少される。ここにおいて、走査損失係数はアンテナポアサイトからの走査角の関数である。

【0061】

通信トラフィックの3つのクラスは、LEOシステム100と関連している。これらのクラスは、(1)通信リンク116, 118、(2)ゲートウェイ間リンク108およびフィーダリンク110、ならびに(3)衛星間リンク104を含んでいる。

## 【 0 0 6 2 】

図7は、LEOシステムデータペイロード処理システムを示すブロック図である。各受信アレイに到達した通信リンクの信号は、アレイ素子704 に取付けられたLNA702 によって増幅される。LNA702 に続いて、各アレイ素子704 からの信号は、等しい部分に分割され、アナログビーム切替えネットワーク(BSN)706 に導かれる。BSN706 はアレイ素子信号を結合して、位相を適切に調節し、30の活動的な規定されたクラスタ122 または210のビームを適当に形成する。各BSN706 内の位相は、そのビームを選択して、別のビームハンドオーバー/衛星ハンドオーバーが発生するまでそれらがそのユーザに指向した状態にしておくように調節される。

## 【 0 0 6 3 】

BSN706 に続いて、各ビームからの信号はKu/IFダウンコンバータ712 によって中間周波数(IF)にダウンコンバートされる。その後、IFの100Mbps搬送波がフレキシブルなチャネライザ714 のようなマイクロ波スイッチに送られる。

## 【 0 0 6 4 】

フレキシブルなチャネライザ714 は、各アップリンク信号をその適切に目的地である同じクラスタ122 中の別のゲートウェイであるゲートウェイ106 に導く。光クロスリンクから得られた搬送波はまた、光/IFダウンコンバータ716 およびフレキシブルなチャネライザ714 により導かれる。フレキシブルなチャネライザ714 の出力において、別の衛星102B に送られるべきこれらの信号は、IF/光アップコンバータ718 を介して衛星間リンクサブシステムに導かれる。同じ衛星上におけるダウンリンクビームにされる予定の信号は、フレキシブルなチャネライザ714 によってある帯域においてデジタル信号プロセッサの出力と再結合され、IF/Kuアップコンバータ720 によってアップコンバートされ、その後送信ビーム形成ネットワーク722を通してRF増幅器724 および送信アンテナ304に送られる。

## 【 0 0 6 5 】

任意の低速データ信号は、デジタル信号プロセッサ738 への中継器の入力で入力マルチプレクサ740 によって前に分離されており、このデジタル信号プロセッサ738 において信号帯域が個々のデジタルデータパケットに復調される。パケットはルータ736 を使用して適切なダウンリンクビームに導かれ、このルータ736 はまた、光クロスリンク104 への入力および出力信号インターフェースを有している。パケットは連続したデータ流に再度構成され、Ku帯域スポットダウンリンクに送られるように予定されたものは、出力マルチプレクサ742 における100Kbpsの搬送波との再結合のために、大容量のOQPSK搬送波に変調される。

## 【 0 0 6 6 】

光衛星間リンク(ISL)端末308 は、別の衛星102 との相互作用のために使用されてもよい。これらのISL端末308 からの信号は、衛星102 へのアップリンク信号とインターフェースされ、地上へ送信するために処理されるか、あるいは衛星間リンク104 によって別の衛星102 に送られる。

## 【 0 0 6 7 】

衛星データ通信システムは、200Mbpsのデータスループット速度を衛星当たり210のビームのそれぞれに与え、その結果、衛星当たり42Gbpsの合計データスループットが可能になる。

## 【 0 0 6 8 】

## [アンテナ]

LEOシステム100 のアンテナは、効率的なシステムパッケージ内のカバレッジ性能を最大にするように通信および宇宙船バスシステムと共に設計される。このシステムは、(1)二重偏波を有する867のビーム位置をそれぞれ供給する2個の直接放射送信アレイ304 またはフィードアレイアンテナと、(2)二重偏波を有する867のビーム位置をそれぞれ供給する2個の直接放射受信アレイ306 またはフィードアレイアンテナと、(3)同じ光学平面における2個の隣接した衛星と隣接した平面における2個の衛星とを接続する

10

20

30

40

50

4以上のISL端末308と、(4)TT&Cサービスを提供する2個のホーンアンテナから構成されたテレメタリおよび命令アンテナシステムとを具備している。

【0069】

テレメタ信号はまた、地上通信アンテナ用の追跡ビーコンとして機能する。順方向アンテナは、軌道に関して垂直な動作のために使用される $\pm 22.50^\circ$ のホーンである。船尾アンテナは、緊急動作のために使用される $\pm 70^\circ$ のホーンである。スポットビームのカバレッジは、送信アレイアンテナ304および受信アレイアンテナ306を含む4アンテナ構体によって提供される。4個の全てのアンテナ304、306ならびに光ISL装置308は、衛星102本体の地球に向けた側面上に取付けられている。アレイ304、306は固定した位置に取付けられ、展開する必要がない。開口直径が約0.75mの2個のアンテナ304は送信動作のために使用され、開口直径が約0.65mの2個のアンテナ306は受信動作のために使用される。これらのアンテナによって生成された各スポットビームは、約 $4.0^\circ$ のビーム幅を有している。

10

【0070】

図8は、70個の衛星102を有するLEOシステム100の視野(FOV)を示す $10^\circ$ の輪郭線を表した図である。示されているように、LEOシステム100は、高い割合の2衛星可視率により50州全て、プエルトリコおよび米国領ヴァージン諸島に対する完全なカバレッジ、ならびに事実上全世界カバレッジを提供する。

【0071】

図9は、米国をカバーしているLEOシステム衛星102に対する仰角輪郭線を示す図である。 $10^\circ$ の最も外側の輪郭線まで $10^\circ$ づつ段階的に増加する $80^\circ$ の最も内側の輪郭線から始まる輪郭線が示されている。図9に示されているように、LEOシステム衛星102は、そのサブ衛星地点がCONUSの中心に近いときにCONUSを全てカバーする。

20

【0072】

[TDMAスイッチ]

衛星切替えTDMAは、 $100\text{Mbps}$ の搬送波について、アップリンクユーザをダウンリンクユーザに導くために使用される。このTGMAスイッチは、特定のアップビームにおける特定の時期の各TDMチャンネルをその割当てられているダウンビームに導く。TDMAスイッチは、アップリンクトラフィックを適切なダウンリンクに時間ゲートする。同期情報が全てのユーザ地上端末114に送信され、彼等の送信、受信および復調装置が衛星のTDMAスイッチに同期される。

30

【0073】

[デジタル信号プロセッサ]

デジタル信号プロセッサ(DSP)サブシステム738は、通信ペイロードのパケット切替え部分に必要なとされる相互接続を行う。 $10\text{Mbps}$ 以下でパケット化されたデータを含む各ビームに対するアップリンク周波数帯域セグメントは、DSPの復調器部分に送られ、そこにおいて全ての信号が復調され、エラー補正符号化が除かれる。その後、個々のデータパケットはルータに送られ、ルータはそれらを、パケットヘッダに含まれているアドレス情報に基づいて適切なダウンリンクデータ流に導く。その後、結果的に得られた各ダウンリンクビームに対するデータ流がバッファされ、Ku帯域スポットビームダウンリンクによる送信のために高速 $100\text{Mbps}$ TDMのOQPSK搬送波に再度変調されるか、あるいは光衛星リンクに直接送られる。

40

【0074】

[光衛星間リンク(ISL)]

衛星を相互接続し、別の衛星との接続によって世界的に相互接続されるサービスを提供するためにISL104が使用される。搭載されたデジタル信号プロセッサ738の選択された出力が、レーザー衛星間ペイロードにルート設定され、ここで $3.5\text{Gbps}$ の最大衛星間リンク能力を提供するようにデータが処理される。宇宙環境に対して適切に修正された市販の装置の使用を可能にするために、 $1.55\mu\text{m}$ の波長が選択される。

【0075】

50

〔宇宙セグメントバスサブシステム〕

衛星群の中の各衛星102は、高度1490kmの傾斜した軌道上で動作する。送信アレイアンテナ304および受信アレイアンテナ306を含むアンテナは、天底の方向に向けられ、太陽電池アレイは太陽に向けられる。この指向方向（太陽-天底ステアリングとしても知られている）はパワー集中度および熱除去率を最大にする。

【0076】

衛星102の構造は、その飛行任務期間中にわたって安定したプラットフォームを提供する。この構造は、発射負荷を効率的に分散するように最適化され、また多くの発射ピークと適合する。

【0077】

〔追跡、テレメータおよび制御サブシステム〕

衛星102はまた、飛行任務および動作の全段階のあいだ宇宙船の命令、監視およびレンジングをサポートするためのアンテナと、受信機と、送信機と、デジタル装置とを提供する追跡、テレメータおよび制御サブシステム（TT&C）を含んでいる。このサブシステムは命令アップリンクを受信して復調し、命令データを処理するために中央テレメータおよび命令装置（CTCU）に中継する。TT&Cサブシステムは、CTCUからの遠隔測定副搬送波をRIFダウンリンク搬送波に変調する。このサブシステムはまた、レンジングトーンをアップリンク搬送波から復調し、このトーンをダウンリンク搬送波に再度変調して、宇宙船の正確な地上決定を可能にする。搭載された追跡、テレメータおよび制御サブシステムは、Ku帯域で動作される。遠隔測定信号は通信ダウンリンク信号と同じ円偏波を有し、命令信号は通信アップリンク信号と同じ円偏波を有する。

【0078】

〔姿勢制御〕

衛星102はまた姿勢制御サブシステムを備えており、このサブシステムは飛行姿勢率および位置センサと、姿勢制御アクチュエータと、関連した電子処理装置とを有している。宇宙船制御プロセッサ（SCP）はセンサ入力信号を処理し、姿勢アクチュエータを制御して、種々の飛行任務期間中に軌道データを処理する。姿勢制御サブシステム（ACS）は、太陽-天底ステアリングを行って電力および温度性能を最適化するゼロ運動量バイアスシステムである。システムアクチュエータは3つの軸の全てを中心とするトルクを制御する4つの反動輪と、捕捉およびステーションキーピング運動を行う9個のスラスタと、太陽翼を向ける太陽翼駆動装置とを含み、反動輪は3つの冗長に対して4つ設けられている。

【0079】

〔推進〕

衛星102はまた、衛星上および地上命令に応答して衛星速度および姿勢制御運動を行う液体推進サブシステムを具備している。推進サブシステムは2個の完全に冗長なサブシステムを含み、これらサブシステムは、噴射エラー補正、軌道維持、ならびにステーションキーピングと、フェージングと、飛行期間の終りのデオービットおよび軌道上動作とを含む運動中にスピンおよび、または姿勢制御を行うために使用される12個のスラスタ（サブシステム当たり6個の）を有している。

【0080】

〔電力〕

衛星102はまた電力を宇宙船上の全てのサブシステムに供給する電力サブシステムを含んでいる。衛星は、単一の50ボルト調整バスを使用し、そのエネルギーを2個の太陽翼によって収集し、太陽翼は飛行期間の終りにほぼ10kWの電力を発生することができる。太陽アレイによって充電された電池は、日食中に宇宙船に全電力を供給する。電力サブシステムは、集積された電力制御装置（IPC）と、電池セル電圧モニタとを有している電源電子装置を具備している。集中電力フュージング（fusing）、スイッチングおよびバス電流遠隔測定は、バス電力分配装置およびペイロード電力分配装置によって行われる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 1 】

## [ 温度制御 ]

衛星102 はまた温度制御サブシステムを含み、これが飛行任務中にわたって制御された温度環境を提供する。この温度制御サブシステムは、内部で発散された熱を宇宙空間に捨てて、内蔵された熱パイプにより“等温に”される複数のラジエータパネルを含む。衛星の装置の低温の極値を制限するためにヒータが使用される。

## 【 0 0 8 2 】

## [ 衛星群 ]

LEOシステム100 の宇宙セグメントは、70個の技術的に同じ衛星102 と、システムの信頼性を増強するために含まれている適切な数の軌道上および地上スペアとを含んでいる。衛星102 は高度1490 kmの10個の円平面の軌道にのっており、各円平面において7個の衛星がそれぞれ54.5°傾斜されている。1490 kmの軌道姿勢は、1.93時間の軌道周期に対応する。LEOシステム衛星102 の群は、緯度において70°までの完全なカバレッジを提供し、このカバレッジには米国の全て(アラスカおよびハワイを含む)が含まれる。部分的なカバレッジは、70°と80°との間の緯度で利用可能である。これは90°の最小仰角と非常によく適合することができる。LEOシステム100 の衛星群カバレッジは、経度に関して均一であり、赤道に関して対称的である。

10

## 【 0 0 8 3 】

図10は、LEOシステム100 の衛星群の可視衛星の数を緯度の関数として示すグラフである。図10に示されているように、70°までの全ての緯度に対して、連続した単一のLEOシステム衛星102 のリンクが生成される。2衛星リンクは、90%を越える期間のあいだ20°と68°との間の経度で利用可能である。3衛星リンクは、20°と60°との間の経度に対して90%を越える期間のあいだに存在している。この衛星群は、最大の世界的な人口密度の区域である20°乃至60°の北緯および南緯境界線内における3衛星リンクダイバーシティの発生を最適化する。

20

## 【 0 0 8 4 】

## [ 地上セグメント ]

衛星オペレーションセンタ(SOC)128 およびネットワークオペレーションセンタ(NOC)124 である2つの完全に冗長なセンタがLEOシステム100 の群を制御および管理する。SOC128 は全ての衛星102 およびそれらの軌道を管理する。SOC128 はまた主として、接続管理、アクセス制御、ハンドオーバ、電力制御、ならびに偏波およびスペクトル使用制御のような機能を行うために実時間で衛星と直接通信を行うことができる。

30

## 【 0 0 8 5 】

NOC124 は、システムおよびペイロード動作に対してユーザのアクセスを管理する。これは、SOC128 動作との相相互作用によって行われる。ペイロードは、ビーム間および衛星間ハンドオーバ、電力レベル、ならびに偏波およびスペクトル使用を制御するために管理される。ビームパターンは衛星102 に関して固定されているため、衛星ビームのカバレッジが地球局から逸れたときに、ビーム間ハンドオーバが発生してもよい。衛星間のハンドオーバは、1つの衛星102 が移動して見えなくなったときでも十分な衛星可視率を維持するように行われることができる。ここに説明するように、それはまた有害な干渉状況を回避するために行われる。変化する伝搬条件下において一定の電力束密度を地上で維持し、また干渉軽減技術およびその他の要因による変化を考慮するために必要ならば、個々のビーム電力レベルを変えてもよい。干渉を回避し、領域特定調整制約を満足させるために、ビーム偏波およびスペクトル使用法を変えてもよい。NOCはまた、主としてリソース管理、故障管理、決算および請求書作成発送のような機能を行うことができる。

40

## 【 0 0 8 6 】

99.5%乃至99.7%の利用率を達成するために、多数のクラスの端末が地上局の位置、サービスカテゴリおよびその他のシステムパラメータに応じて使用される。1実施形態において、地上端末は、UT114 とゲートウェイ端末106 とを具備している。UT114 は約100Mbpsまでのデータ速度を提供し、ゲートウェイ端末106 は約700Mbps

50

s までのデータ速度を提供する。以下の表 III および IV は、端末特性の実例を要約して示している。

【 0 0 8 7 】

表 III : ユーザ端末特性の実例

|             |                                     |
|-------------|-------------------------------------|
| R I F 送信周波数 | 12.75 -13.25 GHz および13.75 -14.5 GHz |
| R I F 受信周波数 | 10.7-11.7 GHzまたは10.7-11.75 GHz      |
| アンテナ開口      | 90cm(35.4in)                        |
| 端末送信電力      | 10W (ピーク)                           |
| 端末走査        | 2 軸追跡                               |
| 受信機雑音指数     | 1.5 dB                              |
| 最大データ速度     | 100 Mbps                            |

10

表 IV : ゲートウェイ端末特性の実例

|             |                                     |
|-------------|-------------------------------------|
| R I F 送信周波数 | 12.75 -13.25 GHz および13.75 -14.5 GHz |
| R I F 受信周波数 | 10.7-11.7 GHzまたは10.7-11.75 GHz      |
| アンテナ開口      | 6 m                                 |
| 端末送信電力      | 70W                                 |
| 端末走査        | 2 軸追跡                               |
| 受信機雑音指数     | 1.5 dB                              |
| 最大データ速度     | 700 Mbps                            |

20

[ 非 L E O システム衛星との干渉 ]

干渉は、所望の搬送波対干渉比率 ( C / I ) が要求される保護しきい値より低くなったときに発生する可能性が高い。別の衛星システムとの間の干渉レベルを最小にするために、L E O システム 100 は、衛星ダイバーシティを含むスペクトル共有技術 ( ハンドオーバー切替えおよびその他追加されたものによる多数の衛星の利用度および使用 ) と、狭いビーム幅のアンテナとを使用する。さらに、L E O システム衛星 102 の群のパラメータは、G S O サービスに対する可能性のある干渉を最小にするように選択および設計される。

30

【 0 0 8 8 】

I S L 104 に対する L E O システムの光トランシーバ 308 の非常に狭いビーム幅は、そのレーザビームの直接路の外側の衛星の受信機が有害な干渉を回避することを確実にする。狭いビーム幅は、実際に、別の衛星がトランシーバの見通し線を遮ることを防止する。これらの理由のために、また、軌道およびその他パラメータがシステム間で異なっているために、異なったシステムの衛星間リンクの間において発生する有害な干渉の可能性は無視できる。

【 0 0 8 9 】

図 1 1 は、別の衛星との通信干渉要件を満足させるシステムレベルの方法により衛星通信システムを設計するために使用された方法のステップを示すフロー図である。一般に、干渉要件は、別の ( 干渉された ) 衛星のアンテナにおける最大等化電力束密度 ( E P F D ) または平均電力束密度 ( A P F D ) として通常は  $d B W / m^2 / 4 K H z$  単位で表される。ブロック 1102 に示されているように、複数の干渉シナリオが識別される。その後、ブロック 1104 に示されているように、発生頻度にしたがって干渉要件 ( 上記の E P F D のような ) がカテゴリに分けられる。ブロック 1106 に示されているように、各シナリオおよび各干渉要件カテゴリに対して 1 以上の干渉軽減戦略が識別される。所望されるならば、1 以上のシナリオと発生頻度に対して特定の干渉戦略が使用されることが可能である。その後、干渉要件のシナリオおよびカテゴリのそれぞれに対して、識別された干渉軽減戦略の各有効性が決定される。これは、ブロック 1108 に示されている。所望された場合、衛星通信システムの設計の決め手になった ( その主な要因である ) シナリオおよび戦略に対しての

40

50



み、このステップを行なうことができる。その後、ブロック1108で得られた結果にしたがって、1以上の干渉軽減戦略が選択される(ブロック1110)。

#### 【0090】

本発明の別の実施形態において、半静止軌道上の衛星システムと静止軌道上の衛星システムの中の衛星との間における最大通信干渉を特定する干渉要件から短期間の干渉要件および長期間の干渉要件を規定することによりこの方法が行われる。このような干渉の原因は、衛星通信システムがそれらの各地上局と通信するために使用した送信および受信アンテナの軸外れ感度特性である。1実施形態において、短期間干渉要件は、潜在的に高い強度で発生して短期間のあいだ持続する干渉によって明示され、長期間干渉要件はそれより低い強度でもっと頻繁に発生した干渉によって明示される。次に、結果的に得られた短期間干渉が短期間干渉要件を満たすように、第1の衛星システムにおいて使用されるアンテナの軸外れ感度特性が選択される。それによって、アンテナ追跡戦略ルールは、第1の衛星システムにおける第1の各衛星がその関連した地上局との通信できるようになる時期を表す。

10

#### 【0091】

以下、上述した方法ステップの適用例を説明する。12の異なったシナリオが規定されることができ、それにおいてGSOリンク(既存の衛星能力)とNGSOリンクとの間で干渉が生じる可能性がある。重要度(有害度に関して)の高い順に整列した場合、それらは次のようになる:(1)GSO地上局の主ビームがNGSO衛星の主ビームと干渉する;(2)NGSO衛星の主ビームがGSO地上局の主ビームと干渉する;(3)GSO衛星の主ビームがNGSO地上局の主ビームと干渉する;(4)NGSO地上局の主ビームがGSO衛星の主ビームと干渉する;(5)GSO地上局の主ビームがNGSO衛星のサイドローブと干渉する;(6)NGSO衛星のサイドローブがGSO地上局の主ビームと干渉する;(7)GSO衛星のサイドローブがNGSO地上局の主ビームと干渉する;(8)NGSO地上局の主ビームがGSO衛星のサイドローブと干渉する;(9)GSO地上局のサイドローブがNGSO衛星の主ビームと干渉する;(10)GSO衛星の主ビームがNGSO地上局のサイドローブと干渉する;(11)NGSO衛星の主ビームがGSO地上局のサイドローブと干渉する;(12)NGSO地上局のサイドローブがGSO衛星の主ビームと干渉する。

20

#### 【0092】

上記の(1)乃至(4)および(8)の場合の主ビーム間干渉は、衛星102のダイバーシティを使用して回避されることが可能である。

30

#### 【0093】

図12は、LEOシステム衛星102が衛星ダイバーシティおよび2つのアンテナポアサイト間における十分な分離角度を使用してGSO衛星1202との主ビーム間干渉をどのようにして回避するかを示している。この戦略は、シナリオ(1)乃至(4)および(8)に示されている場合の主ビーム間干渉を防止するのに有効である。この非サービスゾーン戦略により、NGSO地上局1204(たとえば、UT114またはゲートウェイ106)からNGSO衛星1206(たとえば、衛星102)に対するベクトルからビームの任意の地点が $10^\circ$ 以上離れていないうちは信号の送信が避けられる。これは、GSOの弧に沿ったNGSO衛星システムに対する非サービスゾーンを示唆し、通常GSO弧保護ゾーンと呼ばれる。図12は、GSO弧保護角( $\theta_1$ )が $10^\circ$ であるように選択された場合、非GSOからGSO主ビームに対する最小軸外れ角( $\theta_2$ )が $10^\circ$ より大きくなることを示している。

40

#### 【0094】

図13は、GSOアンテナポアサイトとNGSOアンテナポアサイトとの間の分離角度の強制した一例を示す概略図である。図13は、ロサンジェルスに位置しているユーザ端末から最も近い動作しているLEOシステム衛星に対するアンテナ追跡軌道を示す。ユーザ端末114は、追跡しているLEOシステム衛星102(この時点でUT114と通信しているもの)がほぼ $10^\circ$ で規定されたGSO締め出し(keep out)弧に接近したときには常に別の可視衛星にスイッチする。この非動作ゾーンは、非動作ゾーンの中央に示され

50

た L E O システム衛星 102 との通信干渉から G S O 衛星を保護するために与えられる。活動的な N G S O 衛星の位置は、G S O 保護ゾーン以外の全天空を占める円として示されている。N G S O 地上端末は、活動的な衛星が最高仰角でもはや見えなくなった場合、あるいはそれが G S O 保護ゾーンに入った場合は常に別の衛星にスイッチ（ハンドオーバー）される。

【 0 0 9 5 】

( 5 ) 乃至 ( 1 2 ) の場合の干渉は、衛星ダイバーシティ、適切にアンテナボアサイト分離角度および十分なアンテナ区別を使用することにより十分に軽減可能である。L E O システム 100 に対して、地上アンテナは通常宇宙船アンテナより大型である。これは、軸外れ放射は地上アンテナによるほうがより区別されることを示唆している。その結果、( 5 ) 乃至 ( 8 ) の場合の干渉状態は、主として地上アンテナが比較的軸外れ放射を良好に区別するために ( 9 ) 乃至 ( 1 2 ) の場合の干渉状態より悪い。( 5 ) , ( 8 ) , ( 9 ) , および ( 1 2 ) の場合、G S O アップリンクが N G S O アップリンクに対して生じさせる干渉は、逆の場合よりも大きく、それは地上と N G S O 衛星 1206 との間の伝搬距離が短いためである。

10

【 0 0 9 6 】

したがって、スペクトル共有を容易にするために、L E O システム 100 は ( 1 ) 十分な地上アンテナ弁別を行い、( 2 ) 十分な宇宙船アンテナ弁別を行うと共にアンテナボアサイト分離角度を提供し、( 3 ) 十分な衛星可視率統計値を提供するように設計される。G S O 地上局 1208 が見た G S O 1202 と N G S O 衛星 1206 との間の分離角度と、N G S O 衛星 1206 が見た G S O 1208 と N G S O 地上局 1204 との間の分離角度とは、N G S O 衛星 1206 の直線距離およびそれが放射した電力束密度を考慮に入れるような十分なものでなければならない。G S O 衛星 1202 と N G S O 衛星 1206 と間の角度の選択はまた、G S O 地上局のアンテナ弁別特性の合理的な推定値を明らかにしなければならず、また、N G S O 地上局と G S O 地上局と間の角度もまた N G S O 衛星 1206 のアンテナの弁別特性を考慮に入れなければならない。

20

【 0 0 9 7 】

図 1 4 の a、b および c は、L E O システム 100 が G S O 衛星 1202 およびそれらのリンクと干渉する可能性の高い付加的なシナリオを示している概略図である。図 1 4 の a はシナリオ ( 6 ) を示し、一方図 1 4 の b および c はシナリオ ( 1 1 ) および ( 1 2 ) をそれぞれ示している。シナリオ ( 1 )、( 2 )、( 3 ) および ( 4 ) は G S O 非サービスゾーンの使用によって除去されると仮定すると、これらのシナリオは干渉全体の重大な要因である。

30

【 0 0 9 8 】

シナリオ ( 6 ) は、G S O 地上局 1208 から若干離れて配置された U T 114 のような N G S O 地上局 1204 に送信したときの、N G S O 衛星 1206 のアンテナ（たとえば、アンテナサイドローブを介する）からのエネルギーの軸外れ放射による干渉を含む。シナリオ ( 1 1 ) は、G S O 地上局 1208 と同じ位置に、あるいはほぼ同じ位置に配置された N G S O 地上局 1204 に送信している N G S O 衛星 1206 による干渉を含む。この場合、G S O 衛星 1202 からの送信は、G S O 地上局アンテナのサイドローブまたはその他の軸外れ感度特性を介した N G S O 衛星からの信号の受信によって妨害される可能性が高い。シナリオ ( 1 2 ) は、N G S O 衛星 1206 に送信している G S O 地上局 1208 と同じ位置に、あるいはほぼ同じ位置に配置された N G S O 地上局 1204 による干渉を含む。この場合、N G S O 地上局 1204 からサイドローブまたは軸外れソースを介して送信されたエネルギーは、G S O 衛星 1202 によって受信され、G S O 地上局 1208 から G S O 衛星 1202 に送信された信号と干渉する。

40

【 0 0 9 9 】

上述されたシナリオの中の干渉を減少するために、異なった干渉軽減技術を使用することができる。最初に、干渉要件は、干渉シナリオと遭遇すると予測される頻度を表す発生頻度統計に分けられることができる。たとえば、発生頻度統計値は、干渉シナリオの状態が一日の中に発生した全体の総秒数によって表されることができる。一例において、これら

50

の統計は短期間、過渡期、長期間のようなカテゴリに分けられる。短期間カテゴリの干渉状態は、わずかな比率でしか発生しないが、しばしは高レベルの干渉を伴う傾向がある。長期間カテゴリの干渉状態はもっと頻繁に、おそらく1%の比率で発生するが、一般に低レベルの干渉を伴う。過渡期カテゴリの干渉状態は、これら2者の間のものである。これらの各干渉カテゴリは、以下の表Vの対応した軽減戦略を与えられる。

【0100】

表 V

| ケース  | 短期間  | 過渡期                   | 長期間                   |
|------|--|-----------------------|-----------------------|
| (6)  | GSO非サービスゾーンを提供し、<br>NGSO宇宙船アンテナサイド<br>ローブ指向性を減少させる | Bの場合に<br>よって支配<br>される | Bの場合に<br>よって支配<br>される |
| (11) | GSO非サービスゾーンを提供する                                   | 低干渉追跡<br>方法を適用        | 低干渉追跡<br>方法を適用        |
| (12) | GSO非サービスゾーンを提供                                     | NA                    | NA                    |

シナリオ(6)に関して、10°のGSO非サービスゾーンの位置付けは、短期間干渉要件に従うには不十分である。その結果、付加的な干渉軽減戦略、すなわち、NGSO衛星1206のアンテナサイドローブ指向性を減少させる戦略が使用される。1実施形態において、アンテナサイドローブの指向性は、図5に示されているようにほぼ4°であるように選択される。過渡期間および長期間の干渉要件は、シナリオ(11)の考慮事項によって左右される。

【0101】

シナリオ(11)に関して、短期間干渉要件は、上述したGSO非サービスゾーンを使用することにより満足されることができ。しかしながら、非サービスゾーンは、長期間または過渡期間に分類される干渉に対して有効な干渉軽減戦略ではない。シナリオ(11)においてこれらの干渉要件を満足させるために、付加的な干渉軽減戦略が使用される。この“ダイバーシティ”ベースの軽減戦略には、どのNGSO地上局1204がどのNGSO衛星1206と通信するかを決定する追跡アルゴリズムの修正が含まれる。

【0102】

以下の表VIは、可能性のある軽減戦略をまとめたものである。

【0103】

表 VI

|     |                                |                             |
|-----|--------------------------------|-----------------------------|
| 方法1 | ハンドオーバー時期<br>衛星が最高仰角から<br>外れた時 | ハンドオーバー先<br>最高仰角をなす新しい衛星    |
| 方法2 | 衛星が最小仰角(9°)<br>より低くなった時        | 最高仰角をなすもの                   |
| 方法3 | 衛星が最小仰角(9°)<br>より低くなった時        | ランダムな可視衛星                   |
| 方法4 | 衛星が最大分離角度<br>から外れた時            | 可視であり、GSO弧から<br>最大分離角度をなすもの |

図15は、軽減戦略の1実施形態で使用される例示的な方法ステップを示すフロー図である。最初に、ブロック1502に示されているように、地上局(たとえば、NGSO地上局

10

20

30

40

50

1204)と衛星群の中の衛星(NGSO衛星1206)との間の幾何学的関係が評価される。次に、ブロック1504に示されているように、地上局1204とNGSO衛星1206との間の通信が評価された幾何学的関係にしたがって行われる。

【0104】

図16は、NGSO衛星1206の仰角がハンドオーバ条件(通信が1つのNGSO衛星1206から別のものにハンドオーバされる時期)を決定し、ハンドオーバ衛星(NGSO衛星群中の異なった衛星によって先に処理された通信を処理するように割当てられた衛星)を識別するための判別式として使用される軽減戦略の1実施形態で使用される例示的な方法ステップを示すフロー図である。この技術によって、GSO衛星1202または地上局1208と干渉するNGSO衛星1206または地上局1208の統計的な尤度がさらに低くなる。

10

【0105】

図17は、図16に示されているフローチャートで説明されている幾何学的関係を示す概略図である。

【0106】

図16を参照すると、ブロック1602に示されているように、各“可視”NGSO衛星1702に対する仰角が決定される。これに関して、“可視”は地球の縁部の上方にある衛星を示す。NGSO地上局1204の局部水平線1704からの各衛星の仰角が決定される。これは、SOC128またはNOC124あるいはNGSO地上局1204の残りのものから得られた情報を使用して決定されることができる。その後、この時点でNGSO地上局1204と通信している衛星(図17における仰角の衛星1702A)の仰角が他のあらゆる可視衛星1702に対する仰角以下である場合、最高仰角の衛星(図17において角度に配置されたNGSO衛星1702D)をハンドオーバ衛星と呼ぶ。これは、図16のブロック1604および1606に示されている。その後、ブロック1608に示されているように、NGSO衛星群とNGSO地上局1204との間の通信が現在の衛星1702Aからハンドオーバ衛星1702Dにハンドオーバされる。上述したものに類似した実施形態において、ハンドオーバ衛星は、現在地上局と通信している衛星1702Cのような衛星ではなく、最高仰角を有する任意の衛星として識別される。図18は、NGSO地上局1204と現在通信している衛星の仰角が最小仰角(図17における仰角のような)より低くなった場合に、衛星ハンドオーバが行われる軽減戦略の1実施形態で使用される例示的な方法のステップを示すフロー図である。ブロック1802は、NGSO地上局1204と現在通信しているNGSO衛星(たとえば、図17における衛星1702A)の仰角を決定する。ブロック1804は、NGSO地上局と現在通信しているNGSO衛星の仰角が最小仰角(図17における角度のような)より小さいかどうかをチェックして調べる。そうならば、NGSO衛星群の中の各可視衛星に対する仰角が決定され、通信が最高仰角の衛星(1702D)にハンドオーバされる。これはブロック1806乃至1810に示されている。本発明の1実施形態において、最小仰角はほぼ9°であるように選択される。

20

30

【0107】

本発明の別の実施形態において、ハンドオーバは現在の衛星の仰角が最小仰角より小さくなった後でも行われるが、そのハンドオーバ衛星は、必ずしも最高仰角にある衛星とは限らず、可視衛星(1702B-1702D)の中からランダムに指定される。この形態では、ハンドオーバ衛星はランダムに選択されるので、ブロック1806および1808に示されている動作は不要である。

40

【0108】

図19は、NGSO地上局1204とNGSO衛星1206とGSO衛星1202とによって規定された分離角度(図12において $\theta_1$ で示されている)がハンドオーバ衛星を識別し、そのハンドオーバ衛星に通信がハンドオーバされる時期を決定するために使用される本発明の別の実施形態で使用される例示的な処理ステップを示すフロー図である。最初に、ブロック1902に示されているように、NGSO衛星群の中の各可視衛星に対する分離角度 $\theta_1$ が決定される。その後、衛星の1つの分離角度 $\theta_1$ がNGSO地上局1204と現在通信しているNGSO衛星1206の分離角度 $\theta_1$ より大きくなった場合、通信はNGSO衛星群の中の別

50

の衛星にハンドオーバーされる。これはブロック1904および1906に示されている。ハンドオーバー衛星は、最大分離角度を有するNGSO衛星として、または最高仰角の衛星としてNGSO衛星群の中の可視衛星からランダムに選択されることができる。

#### 【0109】

例示するために、上述の干渉軽減技術をNGSOとGSOの衛星システム間の干渉を減少させるために適用されるものとして説明してきた。しかしながら、上述した技術は、異なったNGSO衛星群のあいだの干渉を防止または減少するために使用されることもできる。

#### 【0110】

図20および21は、表VIに概説した追跡方法を使用するLEOシステム100の予測統計E P F DおよびGSOの10°保護ゾーンを示すグラフである。図20のaは、0.6mのGSO地上局端末1208のアンテナを使用するLEOシステムの予測統計E P F Dを示す。図21のaおよびbは、3.0mおよび10.0mのアンテナをそれぞれ使用するLEOシステム100の予測E P F Dを示す。

10

#### 【0111】

これらの結果は、最悪の場合の幾何学的配列の下にシナリオ(6)および(11)を組合わせたものである。一般に、衛星追跡方法4は、GSOシステムに対して最良の保護を提供し、とくに小型のGSOアンテナに対して長期間干渉を無害なレベルまで減少させる。また、GSO地上局端末1208のアンテナが大きい場合、シナリオが短期間干渉レベルを支配し、また、このソースからのこの干渉は衛星アンテナサイドローブアンテナによって改善

20

#### 【0112】

一般に、シナリオ(6)、(11)および(12)では、衛星ダイバーシティを使用して軽減を行うために、NGSOシステムが十分な個数の可視衛星を提供する必要がある。シナリオ(6)および(11)において、NGSOシステムは宇宙からおよび近くのリンクまでに必要とされるp f dレベルを減少させるのに十分な大きさの地上端末を提供する可能性がある。シナリオ(6)では、宇宙船からの適切な軸外れ角における著しいサイドローブ減衰を必要とする。シナリオ(11)では、スペクトル共有を容易にし(過渡期ゾーンにおいて)、特に小さいアンテナ開口を備えたGSO地上局を保護するために低レベル干渉追跡方法を必要とする。シナリオ(12)はまた、NGSOアップリンクから発生されたまとまった干渉を減少するためにGSO孤回避にとって十分な角度を必要とする。

30

#### 【0113】

##### [ M E Oシステム衛星システム ]

図22は、MEOシステム衛星通信システム2100の概略図である。このMEOシステム2100は、LEOシステム衛星通信システム100の代わりに使用されることができ、あるいは世界的なサービスを増やすためにLEOシステム通信システム100と共に使用されてもよい。

#### 【0114】

MEOシステム2100は、広帯域通信サービスを米国内および世界中の顧客に提供し、1.54Mbps(T1)から155Mbps(OC-3)までのデータ速度でサービスを提供する。MEOシステム2100は、宇宙セグメント、地上セグメントおよびサービスセグメントを含んでいる。宇宙セグメントは、複数のMEOシステム衛星2102をMEO軌道中に含んでおり、それらがMEOシステム衛星間リンク(ISL)2104を介して互いに通信する。

40

#### 【0115】

地上セグメントは、複数のMEOシステムのユーザ端末2106、システムアクセスノード、ならびにT T & C制御を容易にする1以上のNOC124および1以上のSOC128とを含む制御センタを含んでおり、ユーザ端末2106の設計はLEOシステムのユーザ端末114と類似していてもよいし、同じであってもよい。各NOC124は、衛星搭載プロセッサと共同して、ユーザアクセス要求を制御し、したがってインターネット接続を容易にする。N

50

OC124 はまたサービス利用度および容量、ビーム管理、およびシステム全体にわたるハンドオーバを監視する。1実施形態において、MEOシステムのユーザ端末2106は、直径寸法が1m(40インチ)乃至2m(79インチ)のアンテナを有するMEOシステムのユーザ端末2106の一群から構成されている。

【0116】

MEOシステム衛星2102からのスポットビームカバレッジは、市場要求にตอบสนองして軌道で再構成されることができる。LEOシステム100のように、スポットビームおよび二重偏波の使用により、Ku帯域スペクトルは、各MEOシステム衛星2102によって25回再使用されることが可能になる。システムは別のシステムであるNGSOおよびGSOの両者との周波数共有を容易にするように設計されている。MEOシステムネットワーク2100により、ユーザはインターネット、集合的イントラネット、広域ネットワーク(WAN)、構内ネットワーク(LAN)および自律転送モード(ATM)ネットワークを含む広範囲の地上ネットワークにトランスペアレント接続される。

10

【0117】

[周波数プラン]

MEOシステムネットワーク2100は、MEOシステム衛星2102に設けられたスイッチによるパケット切替えおよび回路切替え動作の両者をサポートする。搭載スイッチマトリックスは、アップリンクからダウンリンクビームへ、および衛星間リンク2104への接続を行い、これによってパケット切替えおよび回路切替えデータが適切な目的地に経路を設定される。

20

【0118】

NOC124 は衛星搭載プロセッサと共同して、ユーザアクセス要求を制御する。さらに、それはサービス利用度および容量、ビーム管理、およびシステム全体にわたるハンドオーバを監視する。

【0119】

図23は、MEOシステムの例示的な周波数プランを示す概略図である。スペクトルは、各領域において利用可能なスペクトルに応じてアップリンクおよびダウンリンク信号に対する多数の250MHzのセグメントに分割される。その後、各セグメントは2つの125MHzのサブセグメントに分割され、2つの各偏波(右および左回りの円偏波)で再使用される。

30

【0120】

MEOシステム衛星2102のアンテナシステムの設計は、同じ周波数および偏波を有するビーム間における空間分離を最大にする。この設計により、高い要求区域の高密度カバレッジが可能になる。これは、多数の125MHz帯域のセグメントが同じ地理区域内のサービス容量を最大にするように配置されることができるためである。サービス要求に応じて、いくつかの異なったビームレイアウトパターンの1つが1つのサービス区域で選択される。

【0121】

LEOシステム100のように、MEOシステム2100は、周波数分割多重アクセス(FDMA)および時分割多重アクセス(TDMA)の組合せを使用して、フレキシブルなデータ速度でサービスを提供する。125MHzの搬送波帯域幅は1.5mの端末に対して155Mbpsのサービスをサポートする。低いデータ速度は、狭いFDMA搬送波(<125MHz)またはTDMAスロットの組合せによりサポートされることができる。たとえば、1.55Mbpsのサービスは、125MHzの搬送波を100の時間スロットに分割することによってサポートされることが可能である。

40

【0122】

小さいビーム幅のフットプリントおよび二重偏波により、MEOシステム2100において使用されるスペクトルは、潜在的に衛星当たり25回再使用されることができる。衛星2102当たり、ほぼ250のビーム位置と約50の活動的なビームが利用できる。容量は変化するビーム位置と照射期間の長さとの組合せによってサービス区域に対してフレキシブルに

50

割当てられることができる。MEOシステムユーザ端末2106およびMEOシステム衛星2102からの通信は、たたみこみ接続、リード・ソロモン、エラー補正符号化によるオフセット直角位相シフトキーイング(OQPSK)ベースバンド変調により行われる。

【0123】

[衛星特性]

図24は、MEOシステム衛星2102の1実施形態の斜視図である。MEOシステム衛星2102は、HE高電力、本体を安定化された(b o d y - s t a b i l i z e d)周回中軌道衛星である。以下の表VIIに衛星特性を示す。

【0124】

表 VII

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| 衛星バス         | HE高電力MEO衛星                                       |    |
| 飛行期間         | 12年  |    |
| 安定性          | 反動輪を使用して安定化された本体                                 |    |
| 直流電力ー飛行期間の終り | 9.1kW  |    |
| 食能力          | 100%   | 20 |
| 展開した長さ       | ほぼ33m  |    |
| 近似質量(プラン1)   | 推進薬ありで3000kg<br>推進薬なしで2600kg                     |    |
| Ku帯域アンテナ     | 4Ku帯域送信反射器アンテナ<br>4Ku帯域受信反射器アンテナ<br>フェイズドアレイアンテナ |    |
| T&Cアンテナ      | 2Ku帯域送受信bi-cone<br>2Ku帯域送受信パイプアンテナ               | 30 |
| アンテナ照準方法     | 地球センサ、太陽センサおよび<br>ジャイロ스코ープ                       |    |
| ビーム位置の数      | 250のビーム位置<br>(MEOから2.5°)                         |    |

10

20

30

|              |                    |
|--------------|--------------------|
| 活動チャンネルの数    | 50の単偏波チャンネル(ビーム)   |
| 命令搬送波の数      | 2                  |
| 遠隔測定搬送波の数    | 2                  |
| 追跡ビーコンの数     | 遠隔測定信号も追跡ビーコンとして機能 |
| レーザ搬送波数、ISL  | 2以上                |
| Ku帯域スペクトル再使用 | 潜在的に25回以上          |
| アンテナ照準精度     | ±0.25°のN-SおよびE-W   |
| アンテナ照準距離     | 天底円形視野から17°        |
| アンテナビーム幅     | 2.5°               |

10

MEOシステム2100は155Mbpsまでの速度で広帯域データ通信を行う。回路は対称的または非対称的な、単信方式または二重通信方式であることが可能である。パイロード管理および再構成は、システムの地上動作と共同して動作するMEOシステムのTT&Cサブシステムおよび制御セグメントを介して行われる。以下の表VIIIにMEOシステム2100の通信パラメータを示す。

20

【0125】

表 VIII

| パラメータの説明         | Ku帯域パイロード  | 漏話パイロード             |
|------------------|--|---------------------|
| 変調フォーマット         | OQPSK  | 強度、波長、多重化           |
| 符号化方式            | たたみこみ<br>連結リード・ソロモン                                      | たたみこみ<br>接続リード・ソロモン |
| ターゲット<br>ビットエラー率 | $1 \times 10^{-9}$                                       | $1 \times 10^{-9}$  |
| データ速度            | E1/4, E1, 6Mbps<br>10Mbpsパケット<br>切替え; 155Mbpsまで<br>回路切替え | 3Gbps               |
| ビーム当りの<br>合計帯域幅  | 125MHz   | N/A                 |

30

40

Ku帯域サブシステムは、宇宙から地球に送信するために10.7乃至12.7GHz(領域2)および10.70乃至12.75GHz(領域1および3)内のKuスペクトルの中の1GHzの帯域幅を使用し、また地球から宇宙に送信するために12.75乃至13.25GHzおよび13.75乃至14.5GHz内のうちの1GHzを使用する。使用される厳密な帯域は、システムがサービスする各区域におけるスペクトル利用度にしたがって決定される。1000MHzは8つの125MHzのサブバンドに分割される。各サブバンドは最大OC3速度のデータ(155Mbps)を伝送し、その後TDMAによ

50



って複数の（例えば、100の）T1（1.54Mbps）搬送波に分解される。1000MHz内における種々のサービスタイプの組合せが可能であり、特定のユーザニーズを満足するようにされることができる。

#### 【0126】

アンテナサブシステムは、複数のフィード反射器アンテナ（示されているような）、またはMEOシステム受信アンテナ2306およびMEOシステム送信アンテナ2304のような直接放射アレイを含んでいる。各アンテナは、20dBのクロス偏波分離による二重偏波を使用し、ほぼ250のスポットビーム位置を提供することができる。MEOシステム衛星2102当たりほぼ50のスポットビームが提供され、各スポットビームは二重偏波された送信および受信周波数スペクトルの125MHzを使用する。MEOシステム衛星2102のプロセッサは、特定のビームにおいて要求が高い場合に、多数のサブバンドを単一ビームに切替えることができる。各衛星は、サービス区域上を通過しながら、そのビームを特定の場所に導いてもよいし（アレイ形態）、あるいは切替えてもよい（反射器アンテナ形態）。

10

#### 【0127】

図25は、MEOシステム衛星2102の通信ペイロードの1実施形態を示すブロック図である。各受信アンテナ2306に到達した信号は、アンテナフィード素子に取付けられたMEOシステムLNA2402によって増幅される。MEOシステムLNA2402に続いて、各アンテナフィード素子からの信号は、MEOシステムダウンコンバータ2404によってKU帯域からS帯域に下方変換され、スイッチマトリックス2406に供給され、MEOシステムアップコンバータ2408によってS帯域からKU帯域に上方変換される。その後、信号はチャネライザ2410に導かれる。アナログMEOシステムチャネライザ2410は、命令プロセッサ2412から受取った命令にしたがってアップコンバータ2408から信号を導く。

20

#### 【0128】

MEOシステムチャネライザ2410に続いて、各ビームからの信号はMEOシステムダウンコンバータ2414により11GHz帯域に下方変換され、次にMEOシステム進行波管増幅器(TWTA)2416によって増幅され、その後高電力スイッチマトリックス(SM)2418に送られる。スイッチマトリックス2418の出力は、要求されるダウンリンクビームを発生するために必要な送信反射器アンテナの中のフィード素子を選択する。光クロスリンク2104から得られた情報もまた、MEOシステムスイッチマトリックス2418によって導かれる。スイッチの出力に現れた信号は、同じ衛星上のダウンリンクビームにされる予定のものであるが、それらは送信アンテナ2304によって再結合され、送信される。

30

#### 【0129】

チャネライザ2410は、別のMEOシステム衛星2102に配信されることを意図された信号を衛星間リンクサブシステム2420に導く。この衛星間リンクサブシステム2420は、チャネライザ2410に結合されたトランシーバ装置2422Aおよび2422Bを具備している。各トランシーバ装置2422Aおよび2422Bは、衛星間リンク2104による送信を予定されたデータを受入れて処理し、この処理されたデータを望遠鏡(それぞれ2308Aおよび2308B)に供給し、その望遠鏡がデータを別のMEOシステム衛星2102に光学的に送信する。同様に、各望遠鏡2308Aおよび2308Bはトランシーバ装置2422Aおよび2422Bからそれぞれ光学的に受信された情報を感知し、その情報をチャネライザ2410に供給する。

40

#### 【0130】

衛星間リンクサブシステム2420は、別のMEOシステム衛星2102との内部動作のために設けられた2個の光衛星間リンク(ISL)端末を構成する。ISL端末からの信号は、上述したようにTDMAOC3回路切替えペイロードおよびパケット切替えプロセッサペイロードとインターフェースされる。

#### 【0131】

中継器入力で入力マルチプレクサにより前に分離された任意の低速データ信号は、デジタルスイッチプロセッサ738に送られ、ここにおいて信号帯域が個々のデジタルデータパケットに復調される。パケットは、MEOシステムルータを使用して適切なダウンリンクビームに導かれ、このルータはまた、光クロスリンクへの入力および出力信号インターフェ

50

ースを有している。パケットは連続したデータ流に再度アセンブルされ、Ku帯域スポットダウンリンクに送られるように予定されたものが、出力マルチプレクサでOC3搬送波と再結合するために大容量のOQPSK搬送波に変調される。

【0132】

[アンテナ]

MEOSシステム衛星2102は、多数の入力フィードをそれぞれ有する4個の送信アンテナ2304を含んでいる。送信アンテナ2304は合計50のビーム（各偏波でそれぞれ25）を放射する。4個の各送信反射器アンテナ2304は開口が公称約0.75mであり、MEOSシステム衛星2102の本体の東西各面上に取付けられている。送信アンテナ2304は、2.5°の直径を有するスポットビームを生成する。スポットビームの複合体は、宇宙船に関して固定されたビームパターンを形成し、その結果宇宙船が移動するにつれて移動するビームパターンが地上において得られる。

10

【0133】

MEOSシステム衛星2102はまた、開口がほぼ0.64mの4個の受信反射器アンテナ2306を含んでいる。多数のフィードを有する各受信反射器アンテナ2306は、合計50のビーム（各偏波でそれぞれ25）を受信する。

【0134】

MEOSシステム衛星2102はまた、TT&Cサービスを提供する2個のホーンアンテナから成るテレメタリおよび命令アンテナシステムを含んでいる。テレメタリの遠隔測定信号はまた、地上通信アンテナに対する追跡ビーコンとして機能する。順方向アンテナは、軌道に関して垂直な動作のために使用される±22.5°のホーンである。船尾アンテナは、緊急動作のために使用される±70°のホーンである。

20

【0135】

MEOSシステム衛星2102はまた、2以上の光ISL端末を含み、赤道平面衛星に対して東および西ISLビームを供給する。4個のISLアセンブリは、傾斜した軌道の衛星に対してさらに接続する。4個の受信反射器アンテナ2306およびISL端末は、地球側に面して取付けられている。

【0136】

[TDMAスイッチ]

アナログチャネライザ2410は、OC3搬送波に対するアップリンクユーザをダウンリンクユーザにルートする衛星切替えを行う。TDMAスイッチは、各TDMチャンネルを特定の時期に特定のアップリンクビームでその割当てられたダウンリンクビームに接続する。TDMAスイッチは、アップリンクトラフィックを適切なダウンリンクに時間ゲートする。同期情報は、それらの送信、受信および復調装置を衛星TDMAスイッチに同期するように全てのユーザ地上端末に送信される。

30

【0137】

デジタル信号プロセッサ(DSP)サブシステムは、通信ペイロードのパケット切替え部分を相互接続する。10Mbps以下でパケット化されたデータを含む各ビームに対するアップリンク周波数帯域セグメントは、DSPの復調器部分に送られ、ここにおいて信号は全て復調され、エラー補正符号化が除去される。その後、個々のデータパケットはルータに送られ、このルータが、パケットヘッダに含まれているアドレス情報に基づいてそれらを適切なダウンリンクデータ流に導く。各ダウンリンクビームに対して結果的に得られたデータ流はバッファされ、Ku帯域スポットビームダウンリンクによって送信するために155MbpsのTDM OQPSK搬送波に再度変調されるか、あるいは光衛星間リンクに直接送られる。

40

【0138】

[光衛星間リンク(ISL)]

ISL2104は、衛星間で情報を通信して、別のHE衛星との接続によって世界的に相互接続されたサービスを提供するために使用される。MEOSシステム2102の搭載プロセッサの選択された出力は、レーザ衛星間ペイロードにルートされ、ここにおいてデータが処理さ

50

れ、3.5 Gbpsの最大衛星間リンク能力を提供する。宇宙環境に対して適切に修正された市販の装置を使用するために、1.55 μmの波長が選択される。

【0139】

[宇宙セグメントバスサブシステム]

MEOシステム衛星2102は、赤道平面およびMEOの傾斜した軌道の両方において動作する。アンテナは天底に向かって方位付けされ、太陽電池アレイは太陽に向かって方位付けされる。この衛星の姿勢基準は、太陽-天底ステアリングと呼ばれている。この太陽-天底ステアリングは、傾斜軌道の衛星の集光度および熱除去率を最大にする。

【0140】

衛星の構造は、その飛行任務期間中にわたって安定したプラットフォームを提供する。これは、発射負荷を効率的に分散するように最適化されており、また、4 m以上のペイロード空間を支持する発射ビークルと適合する。

10

【0141】

[追跡、テレメタリおよび制御サブシステム]

追跡、テレメタリおよび制御サブシステム(TT&C)は、飛行任務および動作の全段階のあいだ宇宙船の命令、モニタリングおよびレンジングをサポートするためのアンテナ、受信機、送信機およびデジタル装置を提供する。このサブシステムは命令アップリンクを受信して復調し、命令データを処理するために中央テレメタリおよび命令装置(CTCU)に中継する。それは、CTCUからの遠隔測定副搬送波をRFダウンリンク搬送波に変調する。このサブシステムはまた、レンジングトーンをアップリンク搬送波から復調し、このトーンをダウンリンク搬送波に再度変調して、宇宙船の正確な地上決定を可能にする。搭載された追跡、テレメタリおよび制御サブシステムは、Ku帯域で動作される。遠隔測定信号は通信ダウンリンク信号と同じ円偏波を有し、制御信号は通信アップリンク信号と同じ円偏波を有する。

20

【0142】

[姿勢制御]

宇宙船の姿勢制御サブシステムはまた、姿勢センサと、姿勢制御アクチュエータと、関連した電子処理装置とを有している。宇宙船制御プロセッサ(SCP)はセンサ入力信号を処理し、姿勢アクチュエータを制御して、種々の飛行任務段階中に軌道データを処理する。姿勢制御サブシステム(ACS)は、太陽-天底ステアリングを行って電力および温度性能を最適化するゼロ運動量バイアスタイプのものである。このアクチュエータはトルクを制御するための4つの反動輪と、捕捉およびステーションキーピング操縦用のスラスタと、太陽翼を向ける太陽翼駆動装置とを含んでいる。

30

【0143】

[推進]

液体推進サブシステムは、機上および地上命令に応答して衛星速度および姿勢制御運動を行う。このシステムは2個の完全に冗長なサブシステムから構成されている。スラスタは、噴射エラー補正、軌道維持、ならびにステーションキーピングと、フェイジングと、飛行期間の終りのデオービットおよび軌道上動作とを含む運動中にスピンおよび、または姿勢制御を行うために使用される。

40

【0144】

[電力]

電力サブシステムは、宇宙船上の全てのサブシステムに電力を供給する。宇宙船は1つの調整バスを使用し、そのエネルギーを2個の太陽翼によって収集する。太陽アレイによって充電された電池は、日食中に宇宙船に全電力を供給する。電力装置は、集積された電力制御装置(IPC)を備えている。集中電力フュージング(fusing)、スイッチングおよびバス電流遠隔測定は、バス電力分配装置およびペイロード電力分配装置によって行われる。

【0145】

[温度制御]

50

温度制御サブシステムは、飛行任務中にわたって制御された温度環境を提供する。ラジエータパネルは、内部で発散された熱を宇宙空間に捨てて、内蔵された熱パイプにより“等温に”される。衛星の装置の低温の極値を制限するためにヒータが使用される。

【 0 1 4 6 】

[ 衛星群 ]

宇宙セグメントは、合計 2 2 個の実質的に同じ M E O システム衛星 2102 から構成され、そのうちの 8 個が赤道平面に配置され、1 4 個が傾斜した軌道に配置されている。全ての M E O システム衛星 2102 は高度 1 5 , 0 0 0 k m で動作し、それは 8 . 6 時間の軌道周期に対応する。システムの信頼性を高めるために、適切な数の軌道上および地上スペアが含まれている。

10

【 0 1 4 7 】

赤道軌道に対して、衛星 2102 は 1 つの傾斜していない円平面において動作する。G S O 衛星とスペクトルを共有するために、赤道衛星は、赤道領域をカバーしない。傾斜軌道セグメントは 1 4 個の M E O 衛星 2102 から構成され、それらは 7 個の衛星の 2 つの円平面中に配置され、各平面はほぼ 4 5 ° 傾斜されている。M E O 衛星群は経度に関して均一であり、赤道に関して対称的である。

【 0 1 4 8 】

図 2 6 は、M E O システム衛星群における可視および非 G S O 干渉衛星の数を緯度の関数として示すグラフである。これらは、1 0 ° の最小仰角および最小 G S O 孤分離により結果的に得られたものであり、また、緯度による世界人口のヒストグラムと比較されている。付加的な非動作ゾーンは、N G S O / G S O 帯域幅共有関係に依存する。総合すると、M E O システム衛星 2102 は、スペクトル共有を容易にするために衛星ダイバーシティが適用されることのできる 2 以上の可視衛星により緯度で 9 0 ° までの完全なカバレッジを提供する。

20

【 0 1 4 9 】

[ 地上セグメント ]

M E O システム 2100 は、システムへのユーザアクセスおよびペイロード動作を管理するために N O C 124 および S O C 128 を使用する。

【 0 1 5 0 】

[ ユーザ装置 ]

9 9 . 5 % 乃至 9 9 . 7 % 利用度を達成するために、地上局位置、サービスカテゴリおよび別のシステムパラメータに応じて、多くのクラスの端末が配置される。1 実施形態において、地上端末 2106 は、1 個の地上局クラス：M E O システム小型および M E O システム大型端末を含んでいる。M E O システム小型端末は 4 5 M b p s の最大データ速度を提供し、M E O システム大型端末は 1 5 5 M b p s の最大データ速度を提供する。以下の表 IX は例示的な小型端末特性の概要を示し、表 X は例示的な大型端末特性の概要を示す。

30

【 0 1 5 1 】

表 IX

|           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| R F 送信周波数 | 12.75-13.25 GHz および 13.75-14.5GHz |
| R F 受信周波数 | 10.7 -12.7GHz または 10.7 -12.75GHz  |
| アンテナ開口    | 100cm(39in)                       |
| 端末送信電力    | 3.5W @ 1dBバックオフ                   |
| 端末走査      | 2 D 追跡                            |
| 受信機雑音指数   | 1.5dB                             |
| データ速度     | T1(1.54Mbps) - T3(45Mbps)         |

表 X

|           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| R F 送信周波数 | 12.75-13.25 GHz および 13.75-14.5GHz |
| R F 受信周波数 | 10.7 -12.7GHz または 10.7 -12.75GHz  |
| アンテナ開口    | 200cm(79in)                       |
| 端末送信電力    | 3W @ 1dBバックオフ                     |
| 端末走査      | 2 D 追跡                            |
| 受信機雑音指数   | 1.5dB                             |
| データ速度     | T3(45Mbps) - OC3(155Mbps)         |

10

20

#### [ 非 M E O システム衛星による干渉 ]

所望の C / I 比率が要求される保護しきい値より低くなったときに、干渉が発生する。M E O システム 2100 は、L E O システムのように、別の衛星との間の干渉を最小にするために、衛星ダイバーシティ（利用度、およびハンドオーバー切替えおよびその他の増強装置による多数の衛星の使用）および狭い帯域幅のアンテナを含むスペクトル共有技術を使用する。さらに、M E O システム衛星 2102 の衛星群のパラメータは、G S O サービスに対する潜在的な干渉を最小にするように選択および設計される。

#### 【 0 1 5 2 】

図 2 7 の a および b は、表 VI に概略的に示されている追跡方法と G S O の 1 0 ° の保護ゾーンとを使用する M E O システム 2100 の予測 E P F D を示すグラフである。図 2 7 の a は、0 . 6 m の G S O 地上局端末 1208 のアンテナを使用する M E O システム 2100 に対する予測統計 E P F D を示す。図 2 7 の b は、1 . 2 m の G S O 地上局端末 1208 のアンテナを使用する M E O システム 2100 に対する予測統計 E P F D を示す。図 2 8 の a および b は、3 . 0 m および 1 0 . 0 m のアンテナをそれぞれ使用する M E O システム 2100 に対する予測統計 E P F D を示す。

30

#### 【 0 1 5 3 】

要約すると、本発明は、異なった軌道上の衛星通信システム間における通信干渉を軽減する方法および装置について説明した。

#### 【 0 1 5 4 】

本発明の 1 つの特徴は、通信衛星システムを規定する方法を実用化したものである。この方法は、複数の通信干渉シナリオを識別し、発生頻度にしたがって第 2 の衛星のそれぞれにおける最大干渉信号強度統計値を特定する干渉要件をカテゴリに類別し、各シナリオおよび各干渉要件カテゴリに対して 1 以上の干渉軽減戦略を識別し、そのシナリオおよび干渉要件カテゴリのそれぞれに対して干渉の軽減時に識別された干渉軽減戦略の各効果を決定し、この決定された干渉軽減戦略の有効性にしたがって第 1 の衛星通信システムに対して識別された軽減手段の 1 以上のものを選択するステップを含む。

40

#### 【 0 1 5 5 】

本発明のさらに別の特徴は、第 2 の衛星が第 2 の衛星群の中の複数の衛星の 1 つである、地上局と通信している第 1 の衛星と第 2 の衛星との間の通信干渉を軽減する方法で実現される。この方法は、第 2 の地上局と第 2 の衛星群の中の衛星との間の地理的關係を評価し

50

、評価された地理的關係にしたがって第2の地上局と第2の衛星との間の通信を導くステップを含んでいる。

【0156】

上記の本発明の好ましい実施形態は、例示および説明のために示されているに過ぎない。それは実施形態の全てを示すものではなく、また本発明を厳密に開示された形態に制限するものでもない。上記の教示に関して多数の修正および変形が可能である。本発明の技術的範囲は、この詳細な説明ではなく、添付された請求の範囲によって限定されるものである。上記の明細書、例およびデータは、本発明の構成内容の製造および使用を完全に説明するものである。本発明の技術的範囲を逸脱することなく多数の実施形態が行われることが可能であり、本発明は添付された請求の範囲によって規定されるものである。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】 LEOシステムの1実施形態の概略図。

【図2】 LEOシステムの例示的な周波数プランを与える概略図。

【図3】 LEOシステム衛星の1実施形態を示す概略図。

【図4】 4度の代表的なスポットビームに対するアンテナカバレッジの概略図。

【図5】 フェイズドアレイアンテナの送信および受信感度パターンを示すグラフ。

【図6】 フェイズドアレイアンテナの送受信アンテナの輪郭線を示すグラフ。

【図7】 データペイロード処理システムを示すブロック図。

【図8】 70個の衛星を有する衛星システムから得られる視野の概略図。

【図9】 米国上に展開して配置されている衛星に対する仰角輪郭線を示す概略図。

20

【図10】 システム衛星群の可視衛星の数に関する統計を緯度の関数として示すグラフ

。

【図11】 衛星通信システムを設計するために使用されている方法のステップを示すフロー図。

【図12】 システム衛星が衛星ダイバーシティおよびアンテナボアサイト間の十分な分離角を使用してGSO衛星との主ビーム間干渉をどのようにして回避するかを示す概略図

。

【図13】 GSOボアサイトとNGSOボアサイトとの間の分離角の強制した一例を示す概略図。

【図14】 システム衛星が既存のGSO衛星との通信と干渉する可能性のある付加的なシナリオを示す概略図。

30

【図15】 軽減戦略の1実施形態で使用される例示的な方法のステップを示すフロー図

。

【図16】 NGSO衛星の仰角が決定ハンドオーバー条件に対する判別式として使用される軽減戦略の1実施形態で使用される例示的な方法のステップを示すフロー図。

【図17】 図16を参照して説明される幾何学的関係を示す説明図。

【図18】 NGSO地上局と現在通信している衛星の仰角が最小仰角より低くなった場合に衛星ハンドオーバーが行われる軽減戦略の1実施形態で使用される例示的な方法のステップを示すフロー図。

【図19】 NGSO地上局とNGSO衛星とGSO衛星とによって規定された分離角がハンドオーバー条件を決定するために使用される本発明の別の実施形態で使用される例示的な処理ステップを示すフロー図。

40

【図20】 LEOシステムの予測EPFDを示すグラフ。

【図21】 LEOシステムの予測EPFDを示すグラフ。

【図22】 MEOシステムの概略図。

【図23】 MEOシステム2100の1実施形態に対する周波数プランを示す概略図。

【図24】 MEOシステム衛星の1実施形態の斜視図。

【図25】 MEOシステム衛星の通信ペイロードの1実施形態を示すブロック図。

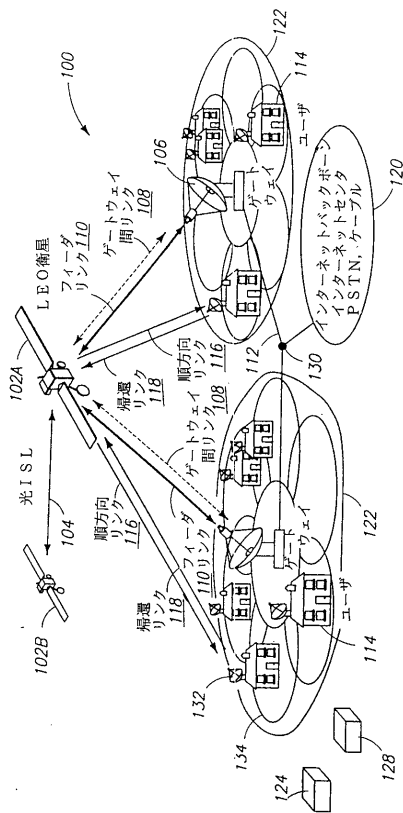
【図26】 MEOシステム衛星群における可視および非GSO干渉している衛星の数を緯度の関数として示すグラフ。

50

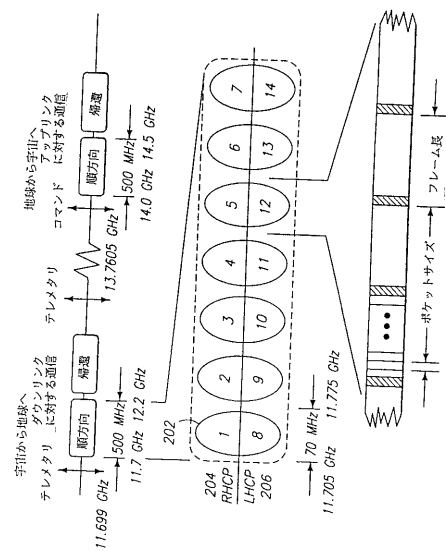
【図27】 GSOの10°の保護ゾーンおよび付加的な追跡方法を使用するMEOシステム2100の予測EPFDを示すグラフ。

【図28】 GSOの10°の保護ゾーンおよび付加的な追跡方法を使用するMEOシステム2100の予測EPFDを示すグラフ。

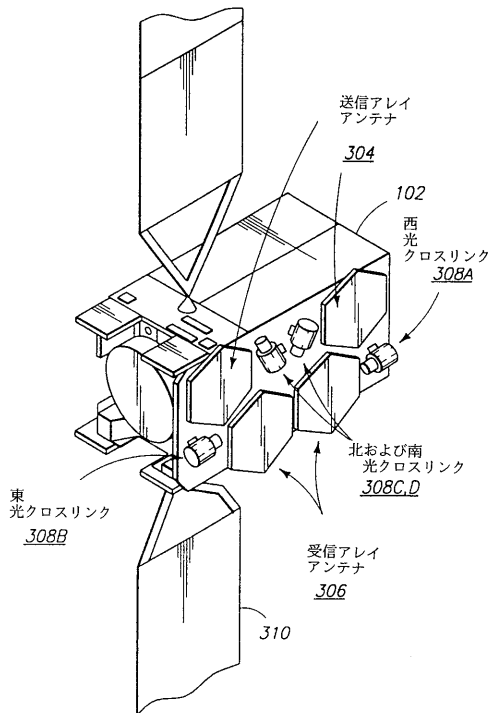
【図1】



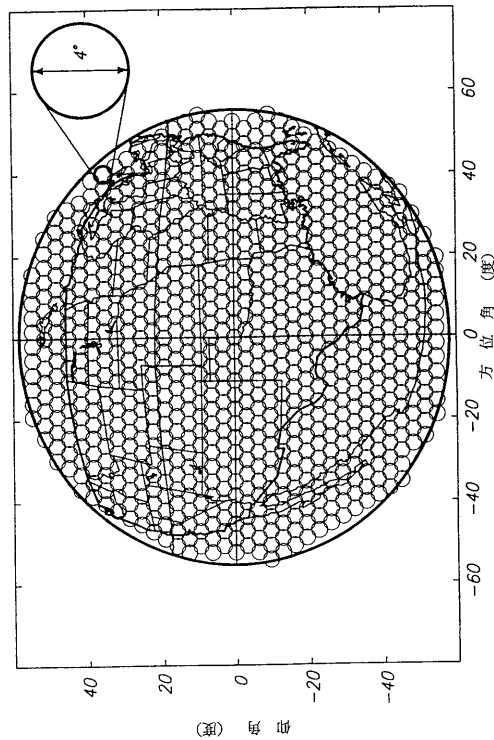
【図2】



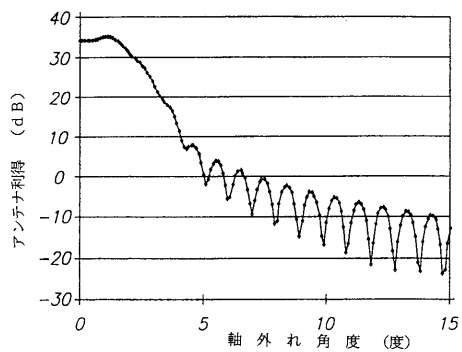
【 図 3 】



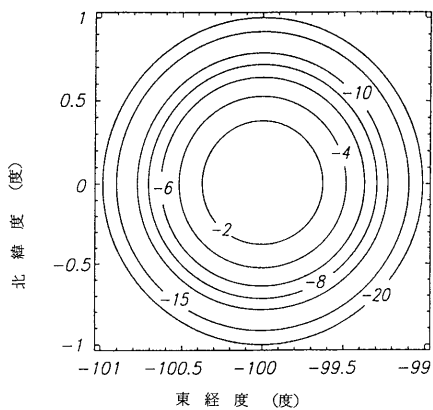
【 図 4 】



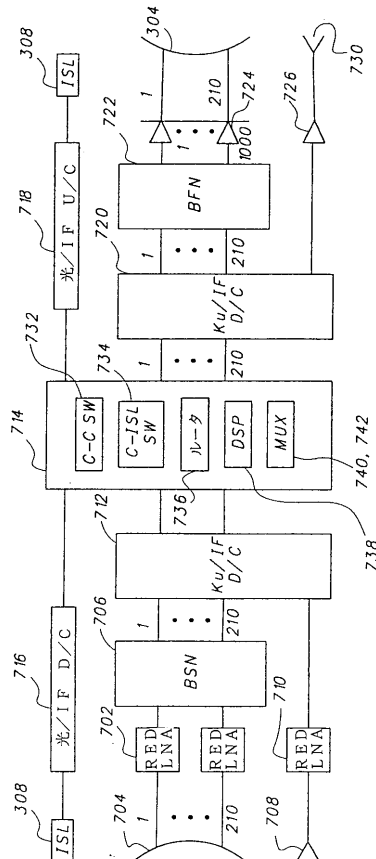
【 図 5 】



【 図 6 】

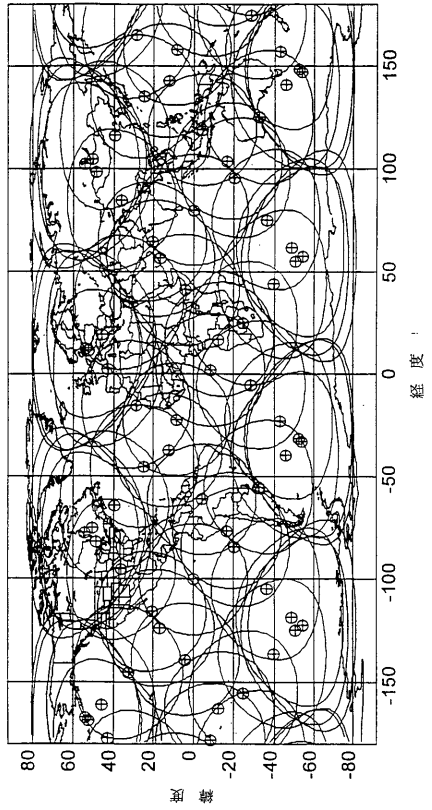


【 図 7 】

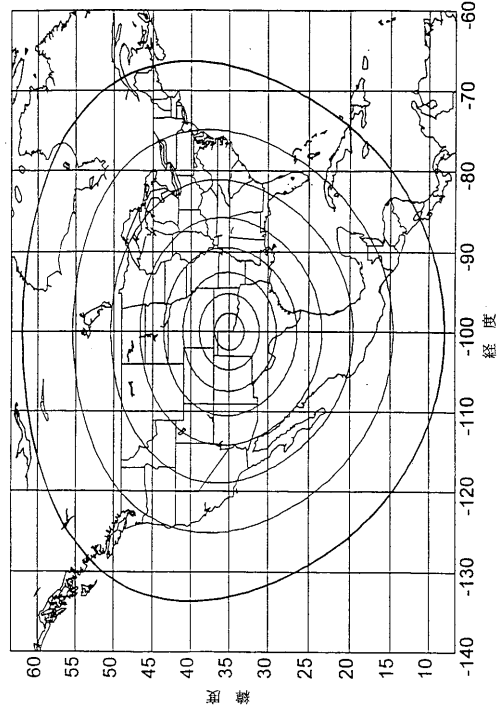




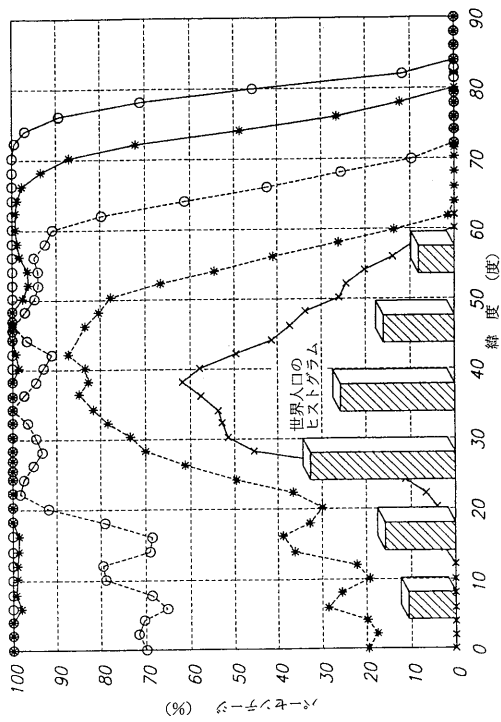
【 図 8 】



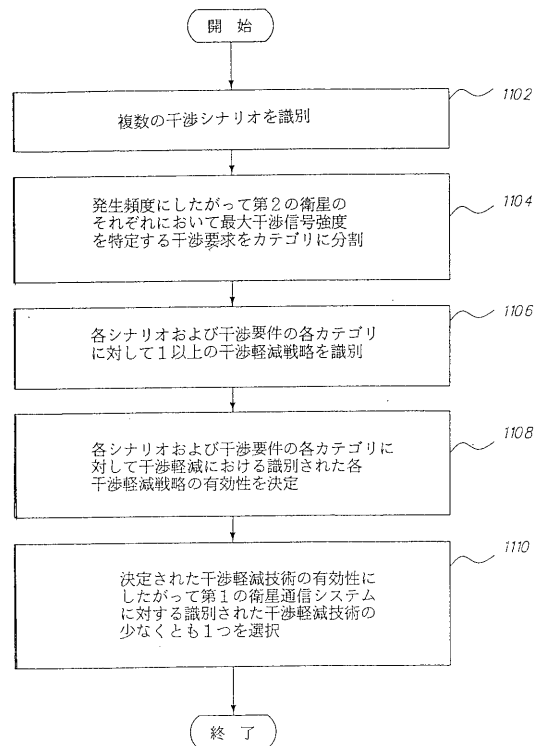
【 図 9 】



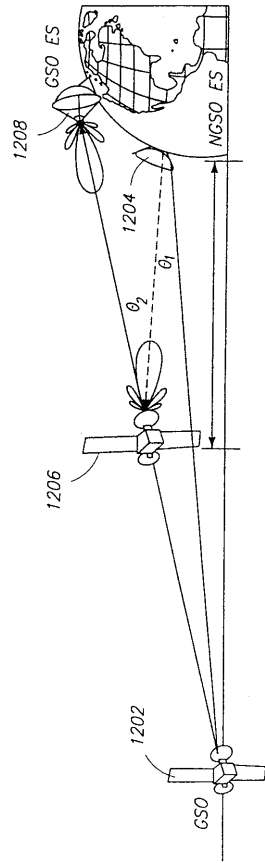
【 図 10 】



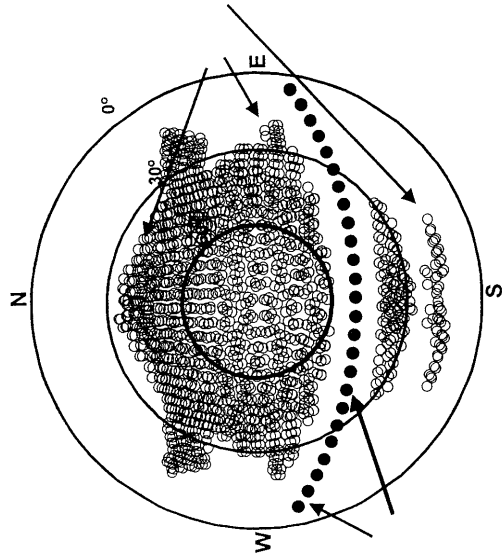
【 図 11 】



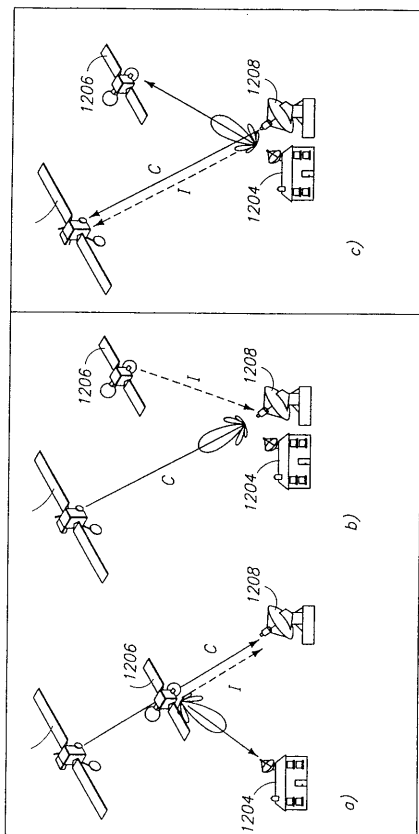
【図12】



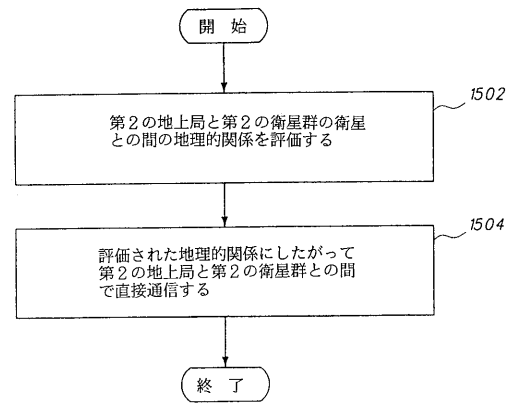
【図13】



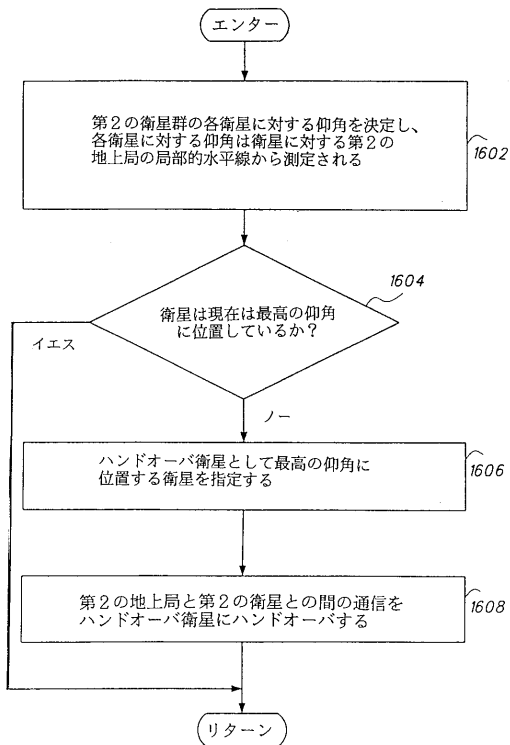
【図14】



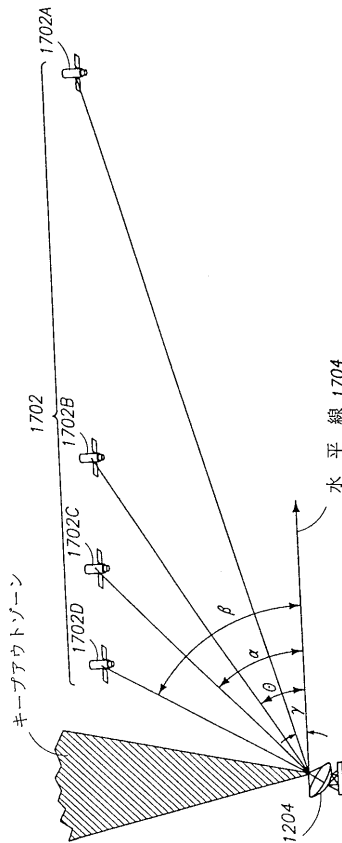
【図15】



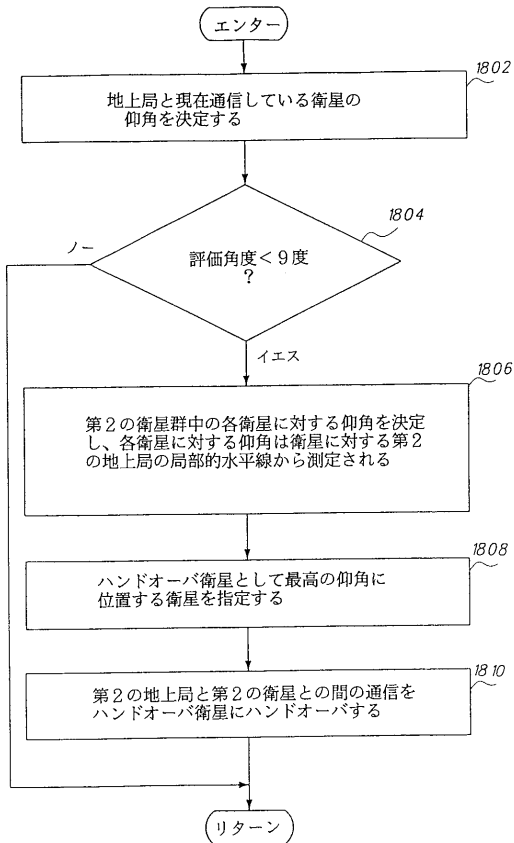
【 図 1 6 】



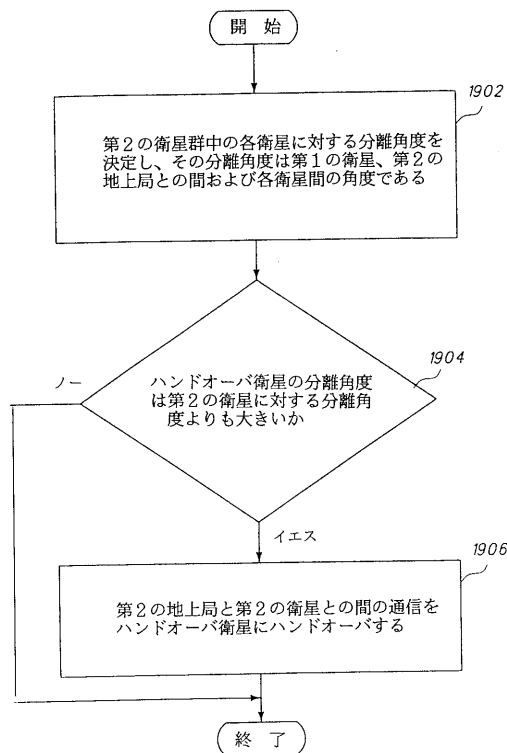
【 図 1 7 】



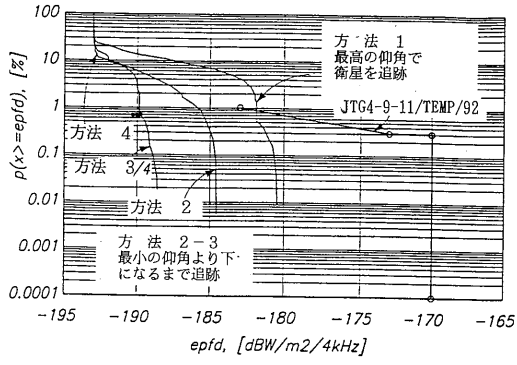
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】

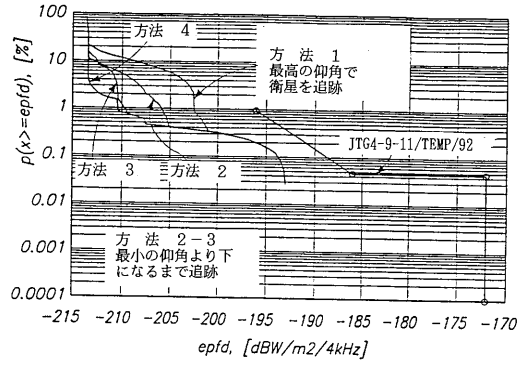


【 図 2 0 】

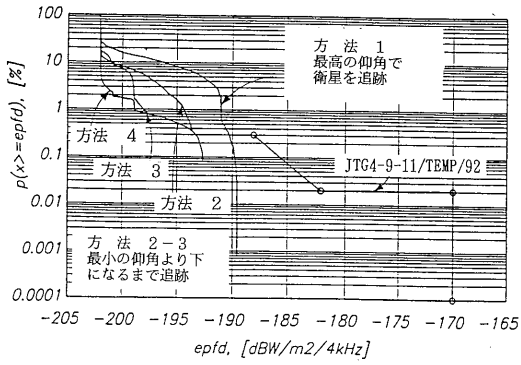


(a)

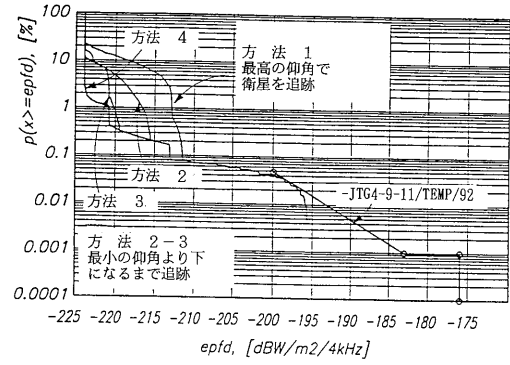
【 図 2 1 】



(a)

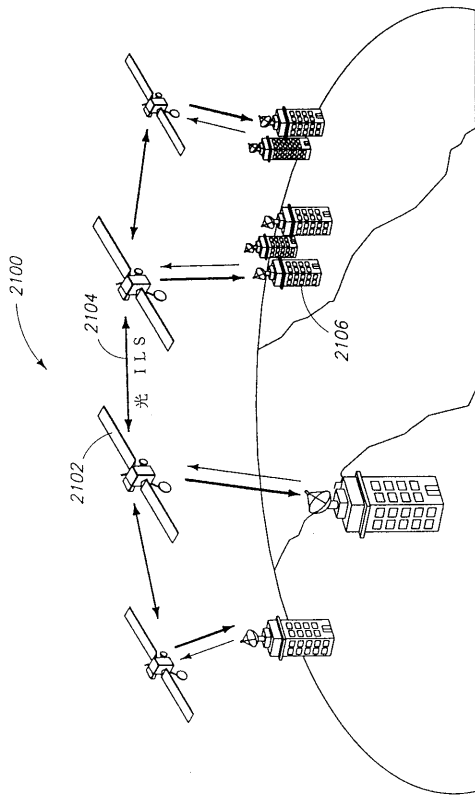


(b)

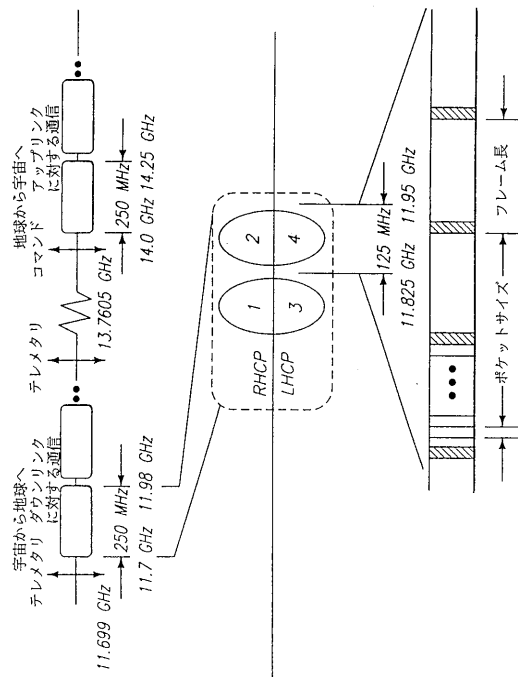


(b)

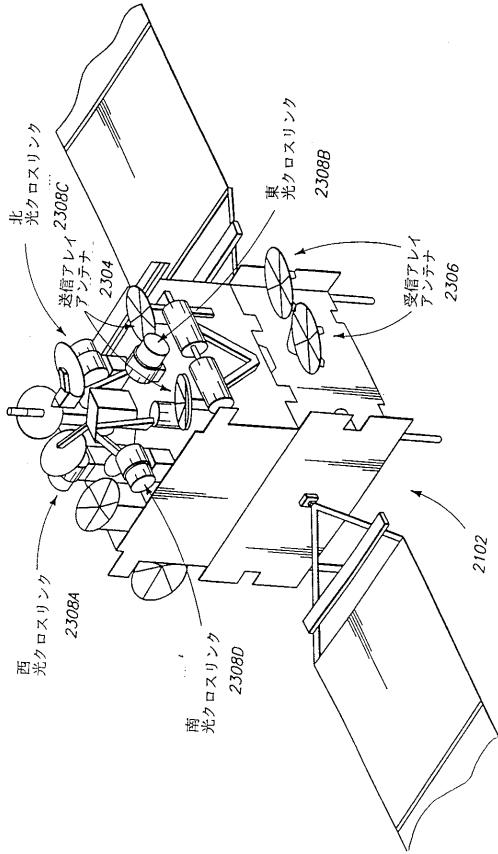
【 図 2 2 】



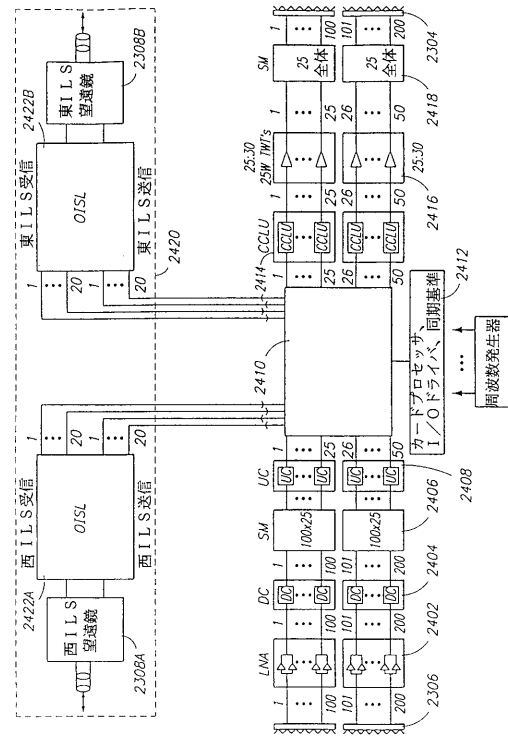
【 図 2 3 】



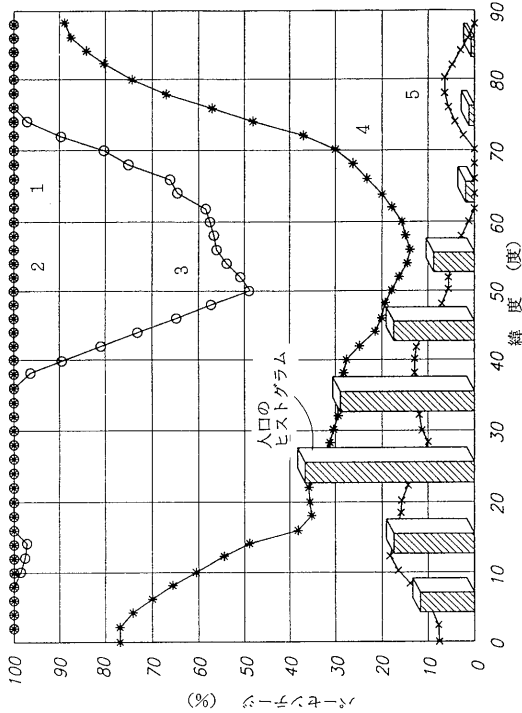
【 図 2 4 】



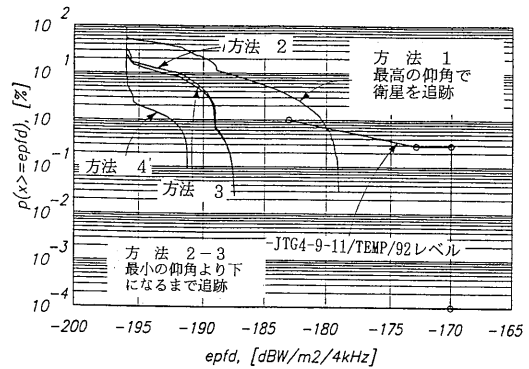
【 図 2 5 】



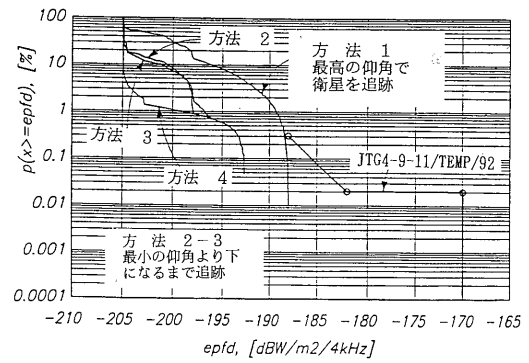
【 図 2 6 】



【 図 2 7 】

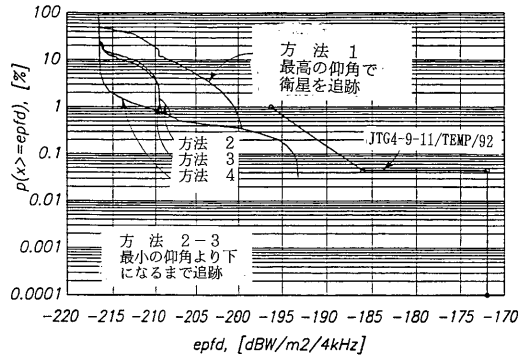


(a)

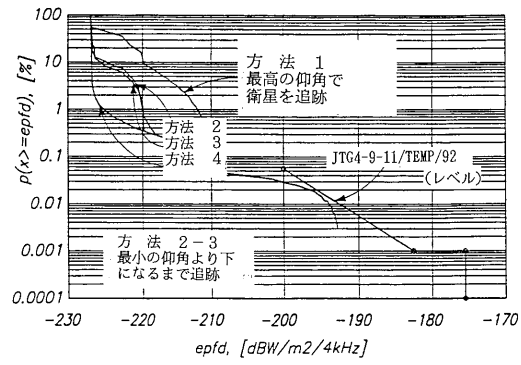


(b)

【 図 28 】



( a )



( b )

## フロントページの続き

(31)優先権主張番号 09/346,444

(32)優先日 平成11年7月1日(1999.7.1)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ワン、アーサー・ダブリュ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 90620 プエナ・パーク、ソルボンヌ・ウェイ 900  
2

## 合議体

審判長 井関 守三

審判官 桑江 晃

審判官 長島 孝志

(56)参考文献 英国特許出願公開第2304003(GB, A)

米国特許第5444449(US, A)

特開平8-331030(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B7/14-7/22