

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4722367号
(P4722367)

(45) 発行日 平成23年7月13日(2011.7.13)

(24) 登録日 平成23年4月15日(2011.4.15)

(51) Int. Cl. F I
HO4B 7/185 (2006.01) HO4B 7/185
B64C 39/10 (2006.01) B64C 39/10
HO4W 16/26 (2009.01) HO4Q 7/00 231

請求項の数 4 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2001-575003 (P2001-575003) (86) (22) 出願日 平成13年4月10日 (2001.4.10) (65) 公表番号 特表2004-500786 (P2004-500786A) (43) 公表日 平成16年1月8日 (2004.1.8) (86) 国際出願番号 PCT/US2001/011634 (87) 国際公開番号 W02001/078257 (87) 国際公開日 平成13年10月18日 (2001.10.18) 審査請求日 平成18年6月20日 (2006.6.20) (31) 優先権主張番号 60/196,058 (32) 優先日 平成12年4月10日 (2000.4.10) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 502082982 エアロヴァイロンメント インコーポレイ テッド Aerovironment, Inc. アメリカ合衆国 カリフォルニア州 モン ロヴィア スイート202 ウェスト ハ ンティントン ドライブ 181 (74) 代理人 100106002 弁理士 正林 真之 (72) 発明者 アール コックス アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ラク レセンタ オリーブアベニュー 2501</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信システムであって、
地上局と、

地球静止軌道上の宇宙船であって、前記地上局と前記宇宙船とが所与のビーム幅で作動することを特徴とする通信システムを有する前記宇宙船と、

前記宇宙船によって副軌道上のプラットホームに向けて送信される通信信号のビーム幅以内に前記地上局が入ることを防止し、前記地上局が前記副軌道上のプラットホームに向けて送信する通信信号のビーム幅以内に前記宇宙船が入ることを防止するような非赤道緯度に維持される前記副軌道上の少なくとも3つの下向き指向通信装置を有するプラットホームと、を含み、

前記地上局は、前記宇宙船との直接的な通信信号と、間接的な通信信号と、のいずれをも維持し、前記間接的な通信信号は、前記宇宙船に信号を中継する前記副軌道上のプラットホームに向けて方向づけられており、前記地上局からの前記直接的又は前記間接的な通信信号は、同一の波長を使用する通信システム。

【請求項2】

前記下向き指向通信装置は、29.5 - 30.0 GHz をエンドユーザーへの下りリンクに用いることを特徴とする請求項1に記載の通信システム。

【請求項3】

前記副軌道上のプラットホームが、少なくとも3000時間作動するように構成されて

いることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 4】

前記副軌道上のプラットフォームは、径 4 0 0 0 フィートの円及び 1 0 0 フィートの高度範囲の境界内の局に航空機を実質的に維持するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本出願は、ここに参照により本出願に組込む 2 0 0 0 年 4 月 1 0 日申請の米国特許仮出願、一連番号 6 0 / 1 9 6 , 0 5 8 号の優先権を請求する。

【0002】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無線通信システムに関し、詳細には航空機を用いる無線通信システムに関する。

【0003】

[発明の背景]

インターネット及びマルチメディアアプリケーションの急速な発展とともに、高バンド幅（帯域幅）、ラストマイル接続性をエンドユーザに提供するための課題が次第に増加している。このようなユーザに対しては、各種の異なる型の通信システムを通じて通信信号を送ることが出来る。有線の地上システムが一般的に、広バンド幅（帯域幅）通信のため高速通信を提供する。しかし、このようなシステムのための施設は、構築、保守及び更新のための費用が高く時間を要する上、それ自体では移動通信の助けにならない。送信塔を使用する無線システムは、供用地域面積当たりかなり局限されたバンド幅（帯域幅）のため、程々に高速の通信を提供する。

【0004】

地球静止軌道（GEO）衛星（高度約 3 6 , 0 0 0 キロメートル）もまたエンドユーザに無線通信を提供することが出来るが、バンド幅（帯域幅）効率の点で限界があるので、高人口密度地域で供用されている。地球中軌道及び低軌道（MEO及びLEO）衛星（それぞれ 1 0 , 0 0 0 キロメートル及び 7 0 0 ~ 1 5 0 0 キロメートル）システムは、エンドユーザ達が衛星の相対運動を追跡するための装置を有することを要求されるので、その性質上複雑である。さらに、GEO衛星は赤道軌道上になければならないので、その実用は赤道陸上地域に限定される。地球非静止衛星は、複雑な連続調整、指向性アンテナを、空中と陸上の双方に、一般には 1 つの通過衛星から次のものに通信信号を切り替えるのに適合させた副次系とともに、必要とする。もちろん、上記の衛星はいずれも、保守などのため、容易に回収することは出来ない。

【0005】

航空機は、旅客輸送、貨物輸送、消防、偵察、戦闘などを含む各種の用途に使われている。これらの用途が定める沢山の機能的役割を満足させるため各種の航空機がこれまで設計されて来た。これらの航空機の中には、在来の気球、飛行船、固定翼航空機、全翼機及びヘリコプタが含まれる。

【0006】

それを満足させるため、航空機がこれまでは一般的に設計されて来なかった機能的役割の 1 つは、航続距離が長く、副軌道（例えば、成層圏）上の、高々度の通信用プラットフォームである。高々度プラットフォームは、位置が比較的固定された高々度にとどまる航空機である。気球及び飛行船など空気より軽い航空機、及びヘリコプタは双方とも、高度限界及び強風下で選定局を維持する能力が欠けているので、高々度プラットフォームとしての機能性に限界がある。一般的に高速で航行して高々度に到達しそれを維持する航空機は、無風状態で選定局を維持する能力が欠けているので、限界がある。さらに、ヘリコプタ、ある種の空気より軽い航空機及びたいていの航空機は、1 週間以上又は 1 ヶ月などかなりの長期間はおろか、1 日間以上にわたって高々度の局を維持することが出来ない。

【0007】

10

20

30

40

50

数多くの開発的航空機が、日中に大量の日光を浴びる限り太陽発電航空機として、昼夜の連続飛行を保つ可能性を有する。実際に建造されたこのような航空機3機が、パスファインダ、センチュリオン及びヘリオス航空機として良く知られており、数多くの飛行記録を樹立した。これら航空機の底流となる基本設計は、米国特許5,810,284号において詳細に論じられており、極めて高い縦横比及び比較的定常な翼弦と翼を有する無後退角全翼機を指向する。

【0008】

パスファインダ、センチュリオン及びヘリオス航空機など、副軌道上の高度で運航する長持続時間高々度プラットフォームを、各種の機能で使用する事が提案されて来た。一例として、マイクロ波通信装置を装備した高々度プラットフォームは、遠隔地間の通信中継業務を提供することが出来る。その他の型の航空機は、重く高価で、しかも急速に消費される使用燃料の量が限られているので、この役割に最も適しているとは言えない。一般的に、これら他の型の航空機は、所望の位置にかなりの期間とどまることは出来ないのので、これらの役割を果たすのに効用が限られる。

10

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

高バンド幅(帯域幅)信号を固定位置及び移動受信機の双方に対して提供する通信システムを開発することが望ましい。本発明の各種実施例は、これら必要性の幾つか又は全部に合致することが出来る上、さらに関連の利点を提供する。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、製造が安価で長期間にわたって空中にとどまることの出来る航空機を使用する通信システムを提供することにより上述の必要性を解決する。これらのシステムは、急速に配備することが出来、市場及び市場規模に対し伸縮自在で、新技術を用いて保守し更新することが出来る。性質上無線であるこれらのシステムは、可搬及び/又は移動ユーザに供用するため開発することが出来る。

20

【0011】

本発明は、地上局からの電波信号を、副軌道上の高度より上にある衛星又はその他の宇宙船に向かう光信号に転換するため使用することの出来る、副軌道上のプラットフォームの使用を必然的に伴う。同様に、航空機は多数の地上局と結合して、広帯域及び/又は無線ネットワークを作成することが出来る。しかし、本航空機は衛星又は地球ラストマイル施設を生産するより遙かに廉価なだけでなく、回収可能で同一又は別の役割に使用することができる。

30

【0012】

本発明は、局が厳密に維持された成層圏プラットフォームを、固定位置ユーザに対し効果的に対地不動の通信結節点として使用する。このプラットフォームは、太陽エネルギーと水素燃料電池のハイブリッドを用いて発生した電力により局維持を空気力学的に実現する。これらは、環境に優しく成層圏内に汚染物質を発生しない。ペイロードモジュールはその姿勢を保ち、ジンバルを用いてプラットフォームの横揺れ-縦揺れ-首振り運動から切り離されている。ペイロードとユーザ端末双方のアンテナは、プラットフォーム局維持力学に適合する設計となっている。

40

【0013】

データは、航空機に対しデータを放送し航空機からデータを受信する構成の地上に基地を置くゲートウェイを通じて処理することが出来る。プラットフォームは、20KMの高度にある。これは、35,000キロメートル軌道にある静止衛星よりかなり近いので、与える遅延待ち時間は地球ネットワーク(回線網)と同等又はそれより良い。

【0014】

通信システムは、空間的に間隔を空けた複数の航空機を、周波数及び偏光の多様性とともを用いることが出来るので、222MHz/KM²以上のバンド幅(帯域幅)密度効率を人口密度の高い都市領域にもたらしることが出来る。これはまた、競合システムを共存させ

50

ることも出来る。

【 0 0 1 5 】

本発明のその他の特徴及び利点は、添付図面との関連で取り上げた、好適実施例に関する以下の詳細説明から明らかになるであろう。ここでは、例を用いて本発明の原理を説明する。本発明の実施例を構築して使用することが出来るようにするために以下に説明する特定の好適実施例に関する詳細説明は、列挙した請求項の限定を意図するものではなく、請求発明の特定例として役立つこと意図するものである。

【 0 0 1 6 】

【 発明の実施の形態 】

上記に要約し列挙請求項により定義される本発明は、添付図面との関連で読まれるべき以下の詳細説明を参照することにより、さらに良く理解されるであろう。本発明の特定の実施に関して構築し使用することが出来るように説明されている通信システムの特定好適実施例に関する以下の詳細説明は、列挙請求項の限定を意図するものではなく、それらの特定の例を提供することを意図するものである。

【 0 0 1 7 】

[本発明のための好適航空機]

本発明は、地球に対しほぼ不動のプラットフォームとして、局密維持要件を有する航空機の使用を含むのが好適である。本発明にしたがうと、好適航空機は、発明の背景の中で述べたように、パスマインダ、センチュリオン及びヘリオス航空機と類似の設計のものである。好適航空機の設計を以下に記述するが、更なる詳細は、参照によりここに組み込まれる米国特許 5, 8 1 0, 2 8 4 号に示されている。それでも、本発明用の別の航空機設計が、記述した航空機から大きく異なることもあるのは理解される筈である。

【 0 0 1 8 】

図 1 - 3 を参照すると、好適航空機実施例は、全翼機 1 0 である。即ちこれには胴体又は尾翼がない。その代わりに、これは翼長に沿ってほぼ不変の翼形状と大きさを有する無後退角翼 1 2 を含む。6 基、8 基又は 1 4 基のモーター 1 4 が翼長に沿って色々な位置に置かれており、各モーターが単一プロペラ 1 6 を駆動して推進力を生じるのが好ましい。2 個、4 個又は 5 個の垂直羽根 1 8 a - 1 8 d、又はポッドが、その下端に着陸装置を付けて翼から下に伸びているのが好適である。

【 0 0 1 9 】

好適航空機 1 0 は、太陽熱動力であって、燃料電池を含み昼夜の連続飛行用のためエネルギーを蓄積する。これはしたがって、1 週間乃至 1 0 日（例えば、2 0 0 時間）及びさらに好適には 3 0 0 0 時間以上にわたり連続して無人で飛行する使命に理想的に適している。あるいは、その電力の一部又は全部を、水素燃料（燃料電池又は在来モーターのいずれにも使用される液体水素など）、化石燃料その他の貯蔵燃料、もしくは日中は太陽エネルギー、夜間は再生不能又は一部再生可能貯蔵燃料など、燃料資源の組合せから、導き出す設計とすることが出来る。

【 0 0 2 0 】

航空機 1 0 は、縦方向に翼長に沿って順に置かれた 5 個又は 6 個が好ましいモジュラー区画に分割する。これらの区画は、長さが 3 9 乃至 4 3 フィートの範囲で、約 8 フィートの翼弦長さを有する。こうして、航空機は、長さが約 8 フィートであり、好ましくは、翼長が約 1 0 0、1 2 0、2 0 0 又は 2 5 0 フィートとなるのが好適である。航空機の翼区画は飛行中に、区画間荷重が最小になるよう、それぞれの自重を支えるので、それにより必要な荷重負担構造体が最小になる。

【 0 0 2 1 】

羽根（フィン）1 8 a - 1 8 d は、区画の間の接続点で翼 1 2 から下向きに伸び、各羽根には、着陸装置の前方車輪及び後方車輪 3 4、3 6 が取り付けられている。この羽根は、電子回路（エレクトロニクス）、及び/又は各種ペイロードなど航空機の要素を中に收容するためのポッドとして構成されている。ポッドのうち 1 つ「コントロールポッド」は、主としてソフトウェアとして実現される自動操縦装置を含むモーターと昇降舵を制御す

10

20

30

40

50

るための制御用電子回路を搬送するため使われる。加えて、このポッドは、全地球測位システムを含むセンサと同時に下記に記述するような通信装置を運搬する。

【 0 0 2 2 】

上述の設計の結果、航空機の好適実施例は、軽量（翼面積平方フィートあたり 1 ポンド以下）で、比較的遅い空中速度（低高度での 1 3 ノットから高々度での 1 0 0 ノットまで）で航行し空中にとどまるため、太陽電池のアレーから比較的少量の電力を必要とする。その局上での性能は、残りの通信システムに対し事実上透明（即ち、残りの通信システムは、航空機がその局を維持する限り、航空機の飛行により影響を受けない）であるようなものである。

【 0 0 2 3 】

[地上リンクシステム]

図 4 A 及び 4 B は、本発明の通信システムを実施した第 1 のシステムのシステム概念を示す。このシステムは、通信結節点として使用される厳密に局を維持した成層圏プラットフォームとして働く 1 機以上の航空機 1 0、及びプラットフォーム上と地上の双方に置かれた通信装置を含む。

【 0 0 2 4 】

地上を基地とする通信装置は、1 つ以上の「ゲートウェイ」1 0 2（即ち、1 つ以上の航空機プラットフォームに対し信号を放送及び/又は受信する地球上通信結節点）を含む。地上を基地とする通信装置はまた、それぞれが 1 つ以上のエンドユーザ位置 1 0 6 に端末アンテナ 1 0 4 を有する 1 つ以上のエンドユーザ端末（即ち、1 人以上のエンドユーザのための通信装置）をも含む。端末アンテナはそれぞれ航空機プラットフォームのうち 1 つに対して信号を放送及び/又は信号を受信することが出来る。多重端末アンテナは、単一ユーザのため異なる航空機からの信号にアクセスするため使用することができる、こうしてバンド幅（帯域幅）が増加する。

【 0 0 2 5 】

ユーザ端末においてエンドユーザ 1 0 6 に対し又はエンドユーザ 1 0 6 から通信されるデータは、ゲートウェイ 1 0 2 とエンドユーザのユーザ端末との間で空中通信装置を経由して伝送される。詳細に説明すると、エンドユーザデータは、好適に処理されて 1 つ以上のゲートウェイと 1 つ以上の航空機 1 0 との間で伝送される。

【 0 0 2 6 】

航空機 1 0 は、移動しないゲートウェイ 1 0 2 及びエンドユーザ位置 1 0 6 に対し地球から見てほぼ不動に保たれる。詳細に説明すると、これらの航空機プラットフォームは、端末アンテナ 1 0 4 のビーム幅の範囲内に保たれる。各プラットフォームは、選択された通信領域又はセルの上で高度 2 0 K M の位置を保つのが好適である。これはあらゆる環境条件にわたって旋回半径 6 0 0 m で垂直高度 ± 3 0 メートルの内側にとどまるのが好適である。G E O 衛星に比較して、この通信システムは、地上ネットワークと同等又はやや良好な遅延時間を有するであろう。

【 0 0 2 7 】

空中通信装置は、航空機 1 0 の上の 1 つ以上のペイロードモジュール、及び好適にはポッド 1 8（図 1 - 3 参照）の中で運搬される。この装置は、その姿勢を保ち、ジンバルを用いてプラットフォームの横揺れ、縦揺れ、首振り運動から切り離される。空中通信装置（ペイロード）とエンドユーザ端末アンテナの双方は、航空機 - プラットホームの局維持力学に適合する設計となっている。

【 0 0 2 8 】

空中通信装置は、ユーザ端末アンテナの複数の異なるセル 1 1 0 に照準を合わせる構成となっている。六角が好適なこれらのセルは、航空機から適切な距離において、空中通信装置のバンド幅（帯域幅）と好適に釣り合いの取れた各種の大きさとする事が出来る。

【 0 0 2 9 】

類似構成の通信装置を有する追加の航空機 1 0 は、最初の航空機によってサービス（役務提供）されているセル 1 1 0 に対し、及び/又は追加のセルに対し、追加のバンド幅（帯

10

20

30

40

50

域幅)が備えられるようにする。各航空機は、互いの担当地上アンテナのビーム幅範囲内を飛行しないよう、相手側から距離を取らなければならない。この空間多様性はまた航空機をお互いの衝突から防護するのにも役立つ。

【0030】

システムは、空間多様性(密に詰まった、2次元の様々なプラットホーム位置からの、図4C参照)、周波数多様性、及び偏光多様性を用いて、222MHz/KM²程度の高さのバンド幅(帯域幅)密度効率を人口密度の高い都市領域にもたらし出すことが出来る。密に詰まった空間多様性は、GEO衛星に関する軌道枠の1次元系よりかなり高いバンド幅(帯域幅)を与える。この空間多様性によりまた、競合システムが共存することが出来るようになる。

10

【0031】

ゲートウェイは、プラットホームへの上りリンクに92-95GHzを、プラットホームからの下りリンクに81-84GHzを使用する。周波数帯は、各ゲートウェイのため再使用された偏光である。自動追跡アンテナを有する空間的に分離された4個までのゲートウェイが、各プラットホームからのデータすべてを処理するのが好適である。全体再使用係数8が、プラットホーム当たり24GHzのバンド幅(帯域幅)処理能力を生じる。ゲートウェイは、ユーザデータを処理し、外部的に地球上及び/又は衛星ネットワーク(回線網)を通じるか、又は内部的に通信範囲内の宛先ユーザに対するプラットホームに上るか、のいずれかでルートを定める。航空機に対するゲートウェイの通信リンクは、最悪の場合である雨中であってもリンクの性能を維持するようにクロスполяリゼーション相殺を用いるのが好適である。

20

【0032】

プラットホーム上の通信ペイロードは、ユーザをゲートウェイに対し接続するための単純な中継器設計である。ゲートウェイアンテナは、地上アンテナと相互に自動追跡する。ユーザリンク上でバンド幅(帯域幅)密度を得るには、多重ビームを在来の4セル再使用構成で配置する。セル大きさと端末間同期CDMA波形設計が、最悪の場合のプラットホーム運動が起こす干渉を克服する。

【0033】

エンドユーザ通信リンク(航空機からユーザ端末まで)は、Ka又はKu帯域用に設計することが出来る。図4Dは、GEO衛星Ka帯域を逆に、即ち19.7-20.2GHzをエンドユーザからの上りリンクに、29.5-30.0GHzをエンドユーザへの下りリンクに用いる当該設計を示す。利用可能な500MHzバンド幅(帯域幅)を、4セル再使用計画において2つの250MHzに分割する。24GHzゲートウェイ・バンド幅(帯域幅)全体を用いて、ペイロードは96個のユーザビームをサポートする。これは、相手先セルサイズが8KM六角形であるとき、6MHz/KM²のバンド幅(帯域幅)密度を達成する。

30

【0034】

ユーザの端末アンテナは、プラットホームの局維持操作に適應するのに十分なビーム幅を有しなければならない。同時にこれらは、多数プラットホームが同一通信範囲の上で作動し、需要が増えたときさらにバンド幅(帯域幅)密度を向上することが出来るのに十分なだけ狭くなければならない。図4Dのペイロードに対応して、正規のE1(2,048MBPS)データ速度用のリンクに近づけるため、プラットホーム直下のセルについては径30cmのアンテナが使用される一方で、通信範囲縁辺のセルについては45cmアンテナが必要となる。Ka帯域におけるこれらアンテナのサイドローレベルにより、図6に示すように、最小の相互干渉で37個のプラットホームの六方充填構造が可能になる。このことにより、重複領域におけるバンド幅(帯域幅)密度が222MHz/KM²まで増加する。GEO Ka帯域端末とこのシステムとの間の干渉は、空間的分離を用いて大いに緩和することが出来る。

40

【0035】

1つ以上の運営センター100が飛行中の航空機プラットホームに命令し制御するのが好

50

適である（図4B参照）。これらはまた、全体システム利用可能性を99.9%信頼度で保証するため、及び個別の航空機が保守される間システムを維持するため、代置して利用することの出来る追加の航空機プラットフォームにも命令し制御する。運営センターは、下の地域のための適切な局に同時に維持することの出来る航空機プラットフォームの船隊を制御するのが好適である。第1の航空機が第2のものに代置された後、第2の航空機は過酷な天候を避けるため遠隔地の着陸場に向かうことが出来るのが好適である。航空機の区画構造のため、及び区画の大きさのため、航空機はここで分解し、通常のトラックを用いて通信セルに近い滑走路に搬送することが出来る。

【0036】

システムは、各種マーケットに配置されたとき、大きさを完全に変更することが可能で、また多くの方法で最適化することが出来る。パイロードは、単一ゲートウェイに対応して6GHz処理能力刻みで設計するのが好適である。アンテナビームは、必要なセル110をカバーするため選択的に配分する。

10

【0037】

パイロード（即ち、空中通信装置）は、プラットフォームを保守のため回収したとき、更新して再構成する。プラットフォームは、小さいパイロードを用いて、より厳密に局を維持するため最適化することが出来る。これに対し、バンド幅（帯域幅）密度を高くするため、セルサイズを小さくすることがある。同様にシステム全容量もまた、通信領域をカバーする多数プラットフォームを用いて維持することが出来る。

【0038】

20

[衛星下りリンクシステム]

図5は、本発明を実施する第2の通信システム概念を示す。この航空機10は、衛星など、衛星軌道高度以上に位置する宇宙船から、地上局に対し、高バンド幅（帯域幅）地対空通信システムを設定するため使用される。詳しく説明すると、航空機は、衛星302、地上局300、及びその間を移動する信号を支える通信装置を含む衛星下りリンクシステムの一部として働くのに特に良く適合されている。この型のシステムは、多種多様な通信システムの建設に有用なことがある。

【0039】

一般的に、地上局と衛星との間の通信には、雲などの各種大気現象を干渉なしで通過することの出来るマイクロ波信号など、或る種の型の電波信号を用いる。これらの信号の幾つかは多方向性で、幾つかは目標に対し与えられたビーム幅で向けられる。しかし、受信器感度と背景ノイズの与えられたレベルのため、特定のバンド幅（帯域幅）を搬送するのに必要な信号強度は、放送アンテナが比較的狭いビーム幅を有しているときであっても、地上局と衛星との間の距離とともに著しく増加する。受信器感度は、アンテナサイズを大きくして増加することが出来るが、衛星システムでは重いと費用がかかるので、アンテナ重量との兼ね合いがある。

30

【0040】

さらに、地球静止衛星に限られた例外のほか、衛星は、往復して赤道上を横切る地上軌跡を辿るので、これが地上局からの距離と方向の変動を生じ、指向性アンテナに（衛星から衛星への定期切り替えなど）大きい指向調節を必要とする。衛星（又は衛星群）の地上軌跡により、地上局は遠距離衛星との下りリンクを維持するため膨大な量の動力を必要とする。

40

【0041】

したがって、一般的に信号強度が、下りリンクに利用することの出来るバンド幅（帯域幅）に対する制限要因となり、指向性地上局に関しては、一般的に指向性アンテナが目標追跡能力を有しなければならない。さらに、信号強度を増加し得る範囲で、その増加によりその信号から著しい干渉を受ける地理的面積が広がる。信号が広いビーム幅を有するか又は（セルラー通信に使われるもののように）多方向性であるときは、とりわけ著しい。要約すると、通信バンド幅（帯域幅）は、地上局上の衛星高度、地上局と衛星との間の最大地上距離（即ち、緯度及び経度の度数差）、受信器感度（アンテナサイズからなど）、

50

ビーム幅、及び電力レベルにより制限される。加えて、少なくとも幾つかの用途においては、通信バンド幅（帯域幅）は背景ノイズ及び別の位置の信号との許容干渉に関する限界により制限される。さらに、電力要件軽減のため狭ビーム幅地上局アンテナを使用するときは、著しい費用が課せられ、追跡要件の精度のため、余計な故障の危険性を生じることがある。

【 0 0 4 2 】

衛星対衛星通信信号、又は衛星対非軌道宇宙船上リリンクは、レーザーその他の光信号など高周波信号を使って、限られた電力で遠距離にわたって広バンド幅（帯域幅）を達成することが出来るので、これらの型の束縛を受けるとは限らない。これらの信号は、雲などの大気現象を通過するとき急速に劣化することがある。したがって、このような高周波通信信号は、一般的に衛星間通信、又は衛星と雲などの大気現象に直面しそうでない地上位置との間の通信に限られる。

10

【 0 0 4 3 】

本発明の好適実施例は、マイクロ波信など地上局 3 0 0 からの電波信号を、衛星又はその他の宇宙船に向けた光信号に変形するため、副軌道上のプラットホーム 3 0 4 を備えることにより、地対空通信バンド幅（帯域幅）に著しい増加を与えることが出来る。この通信リンクはいずれの方向にも向けることが出来るが、この通信リンクは双方向性であるのが好ましい。

【 0 0 4 4 】

この機能のため、副軌道上の好適プラットホーム、本発明の航空機 1 0 は、地上局にある上向き指向性アンテナの付いたマイクロ波送受信器 3 1 2 と交信する下向き指向性アンテナの付いたマイクロ波送受信器 3 1 0、及び衛星にある下向き指向性アンテナの付いた光送受信器 3 1 6 と交信する上向き指向性アンテナの付いた光送受信器 3 1 4 を含む。航空機は、雲 3 1 8 及びその他の大気湿度など大気著しい光干渉のため、一般的高度の上の高度まで上げるのが好適で、地上局と航空機との間の信号バンド幅（帯域幅）を最大にするのに充分なだけ低いのが好適である。航空機は、それぞれが地面を向いた照準可能であるのが好ましい複数のアンテナを、地上局用に有するのが好適である。

20

【 0 0 4 5 】

航空機は、高度 5 0 , 0 0 0 フィートと 7 0 , 0 0 0 フィートとの間で、2 0 0 時間以上（更に、好適には 3 0 0 時間以上）運航するのが最も好適である。この航空機を使って作られた通信システムは、地上と低軌道高度との間の距離を超える広範囲の通信（即ち、広いバンド幅（帯域幅）の通信）を妨げる地上局マイクロ波電力レベルで働くのが好適である。

30

【 0 0 4 6 】

航空機は、地面に対し比較的静止した位置にとどめて、地上局が航空機を追跡する必要性を局限するか又は除去するのが好ましい。詳細に説明すると、航空機は径 7 0 0 0 フィートの円形で高度範囲 1 0 0 0 フィートで運航するのが好適で、ほぼ径 4 0 0 0 フィートの円内又はその近傍で運航するのがさらに好適である。さらに、航空機は垂直範囲 1 0 0 0 フィート、さらに好適には垂直範囲 1 0 0 フィート以内又はその近傍で運航するのが好ましい。

40

【 0 0 4 7 】

地上局 3 0 0 からの電波信号 3 0 6 を、光信号 3 0 8 を使って衛星 3 0 2 まで中継するため、副軌道上のプラットホームとして働く航空機は、多数の利点を提供し、各種の使命を実行することが出来る。例えば、このような航空機は、機械的不具合を起こしたとき迅速に交換することが出来る。同様に、このような航空機は、高電力レベルでは（広バンド幅（帯域幅）又は双方向信号のため）互いに干渉するかも知れない周波数を使いながら、互いに比較的近い距離以内で運航することが出来る。航空機それぞれに対する電波信号は、軌道にある衛星に対し同様のバンド幅（帯域幅）を与えるのに必要な電力レベルより著しく低い電力レベルのものだからである。これは、各種信号のため必要なレベルまで電力使用を最小にするための閉ループ信号強度制御システムについて、さらに論じることが出

50

来る。

【0048】

局限されたビーム幅を有する上向き指向地上アンテナ及び/又は下向き指向衛星アンテナの使用により、電力使用をさらに少なくすることが出来る。これら照準可能アンテナの各々は、航空機がとどまらなければならない空域の境界を定める。上向き指向地上アンテナと下向き指向衛星アンテナの双方を使うときは、照準を定めて、航空機が局維持飛行パターンを維持することの出来る空域の範囲を互いに区切らなければならない。

【0049】

境界の定まった空域内に局を維持するため、航空機は低速飛行航空機であるのが好適である。飛行パターンは一般的に、一定量の許容垂直変動を有するほぼ円形の錠剤型である。しかし、強風状態の下では、飛行機が概ね風上方向に向かって前後に進路を変えるジグザグのパターンから、一直線の風上向け飛行に、好適飛行パターンを変えることがあるのは理解される筈である。

10

【0050】

航空機は、単一地上局と、地球静止(又はその他の地球同期)衛星などの単一宇宙船との間の交信を円滑にするため働き、又は、図5に示すように、航空機の光通信の範囲内を順に通過する一連の低軌道衛星と交信することが出来る。衛星間を切り換える設計の航空機は、第1衛星302との通信リンクを切断する前に第2衛星322との通信リンクを捕捉するよう、2つの光通信装置314、320を含むのが好適である。

【0051】

図6に示すように、本発明を具体化する別の実施例においては、航空機10を、通信衛星への常時かつ直接のアクセスが別途の方法では容易には得られない北寄り又は南寄りの緯度で使うことが出来る。航空機を適切な副軌道上の(成層圏が好適)高度にとどめることにより、航空機は、緯度で80度以上離れた衛星324 - - 赤道により近く位置するであろう衛星 - - との交信を設定することが出来る。

20

【0052】

関連する観点で、航空機は、赤道衛星に向けられた波長を再使用する指向性信号を使うことにより、たいていの如何なる非赤道局の長所を有利に利用することが出来る。詳細に説明すると、特定の地上局は、同一波長を用いて2つの異なる信号を、1つは地球静止衛星に向け他は航空機に向け、指向して放送することが出来る。非赤道衛星と異なり、航空機は赤道を横切る必要がないので、地上局は(地上局が衛星を切り換えなければならないとき起こるように)定期的に新しい放送方向に切り換える必要がない。当然の結果として、所与の航空機位置に関しては、衛星に対して放送するのと同じ周波数で、幾つかの地上局が放送することは出来ない。2つの指向性信号が重なり合うからである。例えば、航空機が赤道のやや北側にあり、地上局が赤道から遙か遠くの北にあるときは、信号が重なり合う。しかし、赤道から著しく離れた地上局のため、航空機を赤道上で衛星の遙か下にとどめることは可能であろう。本発明のこの側面は、配備された地上局が、空間的に分離した2機の航空機に放送することにより、バンド幅(帯域幅)を増加させるという本発明の第1実施例に関連することに注意すべきである。

30

【0053】

図7に描くように、通信システムの1実施例は、山岳325及びその他の障害物を迂回するため使用することが出来る。この特徴は、地上局を衛星に連結するため、及び同様に地上局を地上局に連結するため利用することが出来る。これは、地上局も衛星も莫大な労力及び/又は費用無しで一般的に再配置可能でないので、このシステムの特に効果的な使用方法である。このようなシステムに関する効果的であるかも知れない用途の1つは、テレビ信号など広く放送される信号への障害の影響を克服することである。これらテレビ信号の信号源は、地上局、衛星又は別の航空機であることさえもある。別の効果的であるかも知れない用途は、同一周波数を使用する多数の地理的に分離された地上局に対する放送における周波数再使用である。これは、衛星が、遠く離れているので、同一周波数を使用する2つの地上局と別々の通信をするためには、狭いビーム幅を必要とする点で有利である。

40

50

【0054】

本発明の別の実施例は、航空機を、スポットビームに置かれたエンドユーザと、通信ネットワーク（回線網）との間で通信を中継する、地域ハブとして働かせるため使用する。通信ネットワーク（回線網）は地上アンテナを経由してアクセスする地球を基盤とするものでも、光又は超高周波マイクロ波リンクを経由してアクセスする宇宙を基盤とするものでもいづれでも良い。

【0055】

図8に描くこのような中継システムの1つは、航空機10を、地上局326と複数の衛星328との間で同時に交信する通信ハブとして用いる。この使命において、航空機は多数の光送受信器を必要とし、送受信器を作動させるため追加電力を発生する必要があるであろう。代替案として、図9及び10に描くように、それをカバーする通信範囲を備えた1機の航空機を持つ2つの通信範囲領域が示されている。詳細に説明すると、1機以上のこのような航空機10はすべて、単一衛星330と交信することが出来るので、1つ以上の地上局を通信ハブとして働く単一衛星に接続することが出来る。これは、各航空機による周波数再使用を提供し（即ち、利用することの出来る周波数の同一の組を各航空機が使用することが出来る）衛星と地上との間で利用することの出来るバンド幅（帯域幅）を増加するかも知れない。

【0056】

この筋書きは、人口密度の高い地域と衛星との間（図10参照）又は衛星と2つの離れた位置との間（図9参照）に与えるバンド幅（帯域幅）を増加することが出来る。前者の筋書きは、衛星と都市との間に極めて大量のデータ受け渡しを提供する。これは、低い周波数を地上近くで、及び光又は超高周波マイクロ波リンクを航空機と衛星との間の交信のため再使用するため異なる経路を提供する。この衛星は、次には、ハブとして働いて、これもまた地上通信のため副軌道上のプラットフォームを使用することの出来る1つ以上の衛星334と交信する。加えて、航空機対航空機の直接交信をも使用することが出来る。これらの例が示すように、航空機は各種の通信システム構造の一部として役立つことが出来る。

【0057】

上述の好適実施例では、マイクロ波と光信号を使ったけれども、このシステムは各種各様の信号に関して働くことが出来ることは理解される筈である。詳しく説明すると、大気湿度が約1ミリメートル以下の電波波長（即ち、20ギガヘルツ以上の高周波信号）には著しく干渉するが、長い波長（即ち、20ギガヘルツ以下の低周波信号）にはそれ程でないことが知られている。したがって、このシステムは、1ミリメートルより大きい波長を有する地上局対航空機電波信号と、1ミリメートルより小さい波長を有する航空機対衛星電波を使って、好適に働かせることが出来る。さらに、上記発明の航空機を信号の向け直し及び/又は増幅に用いて、システムの航空機対衛星部分が、システムの地上局対航空機部分で使用されると同じ信号など、大気擾乱を通過する信号を用いて運営されるときであっても、電力を節約することが出来る。

【0058】

[広域配置システム]

図11Aを参照すると、本発明の第1実施例に関連する通信システムが、無線ローカル・ループ、ブロードバンド及び/又はその他の通信ネットワーク（回線網）の一部となっている。

【0059】

移動及び住宅用音声電話、移動及び住宅用インターネットアクセス、及びブロードバンドデータアクセスなど、各種形態の通信は、それぞれ異なる伝送要件を有する。例えば、音声電話は、比較的低いレベルのバンド幅（帯域幅）（4乃至64Kbpsなど）を長時間（2乃至30分など）必要とし、インターネットアクセスは、大きいバンド幅（帯域幅）（64乃至2000Kbpsなど）を極めて限られた時間（数秒間など）必要とし、ブロードバンドアクセスは、ほとんど連続的な基準で大きいバンド幅（帯域幅）（1Mビット

10

20

30

40

50

以上など)に基づく。

【0060】

このような通信要件を与えるため、各種各様のネットワーク構造が一般的に開発され、各種形態のネットワーク(回線網)を導き出した。それらの中には、陸上回線電話ネットワーク(回線網)、セルラー・ネットワーク(回線網)、無線ローカル・ループ、及び各種の成層圏衛星基地ネットワーク(回線網)がある。

【0061】

一般的に、これら技術の各々を支えるには異なる装置を必要とする。しかし、場合により、このようなネットワーク(回線網)は1つ以上の機能を果たすことが出来る。例えば、ブロードバンド技術は、地上回線を経由して渡されるASDL(非対称デジタル加入者回線)技術の使用により固定位置エンドユーザにもたすことが出来る。それでも、これら形態の異なるネットワーク(回線網)のほとんどは一般的に、いずれかのユーザ又はセルラタワーと相互接続するには、膨大で高価な回線の施設を必要とする。

10

【0062】

ネットワーク(回線網)に衛星を使用すると、一般的に、高密度領域の中のユーザに対し多重アクセスを提供することに困難がある。衛星に使用するための重量と動力に対する厳重な要件に合致する装置の開発には高い費用が掛かる。さらに、理想より劣る位置であって移動ユーザが行くのを選ぶことの出来る場所に対する送信のため必要な周波数再使用と余剰電力余裕が限られているため、運営維持が困難である。さらに、大気湿度又はその他の擾乱を貫通することが出来ないため周波数のかなりの帯域を使用することが出来ない。

20

【0063】

セルラー及びPCSシステムは、超過電力の使用及びかなりの周波数再使用を通じて建物内及び到達困難な場所への侵入において優れている。しかし、これらのシステムは、基地局及び/又は送信塔との間にかかなりの広帯域接続性を必要とする。

【0064】

上述のような理由のため、既存施設のない地域、又は使用のため利用することの出来ない私有施設を有する地域に初めて展開するのは通信会社にとって困難である。本発明は、各種の実施例でこれらの懸念の1つ以上に対処する革新的ネットワーク(回線網)構造を提供する。

【0065】

図11Aで分かるように、本発明のこの実施例は、固定地上位置の間に広帯域一点対多点接続性を提供するため、航空機であるのが好適な(太陽熱又は在来の、有人又は無人)1つ以上の高々度プラットフォームの使用を含む。代替案として、近地球軌道(NEO)衛星を使うこともある。この高々度プラットフォームは、上述のように、1つの局の上又はその近くで地面に対し周回するか又は位置を保つ航空機であるのが好適である。

30

【0066】

航空機は、副軌道上のプラットフォーム基地局として働き、一般的には固定地上位置にあり、加入者の商業ビル502及び加入者住居ビル504の屋根を含むこともある各種地上局500に対し及びその間に、好適には広帯域通信信号を維持する。地上局の少なくとも幾つかは、データ又は音声チャンネルを、一般的には地方の固定又は移動ユーザである1つ以上の遠隔加入者局に対して、配当する基地局として構成するのが好適である。地上基地局は、建物に加えて、街路灯506、看板、独立塔508又はその他の構造体の中に組み込むかその上に取り付けることが出来る。加入者基地局(商業用及び住宅用双方)もまた、有線又は無線接続により、その近傍の加入者のアクセスポートにネットワーク(回線網)接続するのが好適である。PSTN(公衆交換電話回線網)、PLMN(公衆陸上移動回線網)など他のネットワーク(回線網)又はインターネットに対する連結は、別の地上局510、衛星ネットワーク(回線網)512、又は加入者基地局においてこのようなネットワーク(回線網)へのアクセスリンクが利用出来る場合は既存加入者基地局を通じるアクセスにより設けることが出来る。

40

【0067】

50

図 1 1 B に描くように、加入者の地上基地局 5 0 0 は一般的に、航空機と広帯域又は無線ループ連結を維持するためアンテナ 5 2 0 を付けて構成する。任意選択で、ソーラーアレ 5 2 2 を使い、加入者基地局が電源接続 5 2 4 を通じて引き出す電力を最小にすることが出来る。個別の加入者又は多数の加入者に役立てるため、各種形態の地上基地局を構成することが出来る。移動であろうと、地上基地局の地元領域内の固定であろうと、別の加入者のため働くには、固定位置に達するための有線ネットワーク（回線網）を使うことが出来るけれども、無線ローカル・ループを使うのが好適である。別の遠隔の加入者と交信するため、加入者基地局は、関連遠隔加入者局が選んだ無線規格に適切なアンテナ 5 2 6 を有するのが好適である。一例として、遠隔加入者局は、さもなければ加入者基地局、その関連加入者、及び居住建物に無関係の加入者が所有する、コードレス電話であることもあ

10

【 0 0 6 8 】

無線ローカル・ループを含む各種各様の通信規格は、加入者基地局（又はその他の地上基地局）の遠隔加入者局を有する加入者に対する連結に使用することが出来る。互換性のある無線通信規格には、AMP S（最新移動電話サービス）、TACS（全アクセス通信システム）、NMT（スカンジナビア移動電話システム）、IS - 95（コード分割多重アクセス米国デジタルセルラー規格）、IS - 54 / IS - 136（米国セルラー規格、D - AMP Sとも言う）、B - CDMA（ブロードバンドコード分割多重アクセス）、W - CDMA（ワイドバンドコード分割多重アクセス）、UMTS（ユニバーサル移動電気通信サービス）又はその他の3G、PHS（簡易型携帯電話）、DECT（デジタル強化コードレス電話）、PACS（個人最新通信システム）、PDC（個人デジタルセルラー）、CDPD（セルラーデジタルパケットデータ）、Mobitex（無線パケット回線網用エリクソン規格）及びRD - LAP（モトローラ開発無線パケット回線網）である。したがって、音声電話、e - メール、インターネットアクセス、ファクシミリ、ビデオ電話、及びビデオ会議を含む各種のサービスをこれら加入者に送信することが出来る。

20

【 0 0 6 9 】

図 1 1 C に描くように、加入者遠隔局 5 3 0 には、加入者遠隔局の関連地上基地局が使用する無線規格に適合したアンテナ 5 3 2 を好んで含むであろう。これらの加入者遠隔局は、加入者の個別装置に対し、有線又は無線のネットワーク（回線網）接続 5 3 4 を有するのである。

30

【 0 0 7 0 】

この流通システムに関する上の記述から分かるように、本発明のこの側面は、高価な施設を据え付けることなく情報流通システムを提供する。代わりに、このシステムは、加入者又は他の地上局とともに置かれた個別の加入者基地局、及び地上局に対し及びその間の通信連絡を提供する、好適には高々度で、副軌道上の1つ以上のプラットフォームのみを必要とする。

【 0 0 7 1 】

上に記述した実施例をさらに裏付けして、幾つかの優先パラメータには下記が含まれる。

【 0 0 7 2 】

- 航空機は、通常航路及び荒天より上で、最大強風が、低いジェット気流領域より遙かに低速である60,000 - 70,000フィート領域で運航する。

40

【 0 0 7 3 】

- 航空機には、太陽熱電力、蓄電池、もしくは燃料電池、内燃機関又はタービンを通じて電力又は機械力を作るため燃焼させる燃料など、任意の適切な手段で動力を与える。

【 0 0 7 4 】

- 航空機は、比較的低速の飛行、厳密な局維持のための長期持続飛行と操縦性の双方に関する要件を満たす能力がある。

【 0 0 7 5 】

- 空中安定プラットフォーム（方向と姿勢で安定）の上の多重アンテナが地上領域のパターンから信号を送受信する。ビームは、10° - 20°など、中庸の幅である。

50

【0076】

- もっと数の多い送受信地上アンテナは、 2° - 4° など狭いビームを用いる。

【0077】

- 地上アンテナビームは、すべてが局維持飛行軌跡体積の中心を指向するよう、方向と仰角が固定されている。局維持航空機はビーム内にとどまる。

【0078】

- 航空機と中央地上制御局との間に、方向固定地上アンテナを経由して、追加ビームを送ることが出来る。

【0079】

- 空中及び地上アンテナ系の指向性により、多くの顧客に広帯域サービスを提供するため周波数の再使用をすることが出来る。

【0080】

発明の特定形式を図示して記述したけれども、本発明の精神と範囲を逸脱することなく各種変更を行うことが出来ることは明らかであろう。例えば、記述した各種実施例の特徴を結合して、本発明の別の実施例を作成するなどである。したがって、好適実施例のみを参照して本発明を詳細に説明したけれども、本発明から離れることなく各種の変更をおこなうことが出来るのを、当業者は理解するであろう。したがって、本発明は上述の説明により限定されることを意図しておらず、以下の請求項との関連で定義されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ゼロストレス姿勢における、本発明を具体化した航空機の好適実施例の立体図である。

【図2】 図1に記述した航空機の平面図である。

【図3】 飛行状態の下の荷積みに一般的な固定位置における、図1に記述した航空機の透視図である。

【図4A】 通信システムにおいて高々度プラットフォームとして働き、地上局信号と複数のエンドユーザとの間で信号を受け渡す、図1に記述した航空機の説明図である。

【図4B】 通信システムにおいて高々度プラットフォームとして働き、複数の地上局と複数のセルの中の複数のエンドユーザとの間で信号を受け渡す、図1に描いたもののような複数の航空機概念図である。

【図4C】 図4Bに描いた概念の下で航空機により維持することの出来る緊縛局の2次元空間分布に関する概念図である。

【図4D】 GEO衛星Kaバンドを逆に用いる航空機通信ペイロード設計概念を図示する。

【図5】 通信システムにおいて高々度プラットフォームとして働き、電波を使用する複数の地上局と光信号を用いる衛星との間で信号を受け渡す、図1に描いた航空機の説明図である。図5はさらに、1つの衛星から第2の衛星への通信引き渡しをも示す。

【図6】 衛星が地上局と著しく異なる緯度にある場合の、図5のものと同様の通信システムの説明図である。

【図7】 航空機が多数の地上局と交信し、衛星が山岳により1局以上の地上局から遮蔽されている場合の、図5のものと同様の通信システムの説明図である。

【図8】 航空機が同時に3個の異なる衛星と交信する場合の、図5のものと同様の通信システムの説明図である。

【図9】 衛星が航空機2機及び地上局1局と同時に交信する場合の、図5のものと同様の通信システムの説明図である。

【図10】 各々が複数の地上局と交信するための基地局として働く多数の航空機と衛星1個とが交信する場合の、図5のものと同様の通信システムの説明図である。

【図11A】 加入者基地局及び加入者遠隔局を有する広帯域、無線ローカル・ループ、又はその他の通信システムにおいて、高々度の副軌道上のプラットフォーム基地局として働く、図1に描いた航空機の説明図である。

【図11B】 図17Aに示す通信システムとともに用いるための加入者基地局の図であ

10

20

30

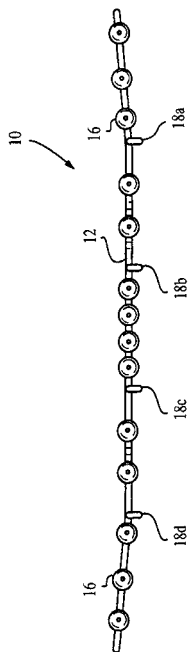
40

50

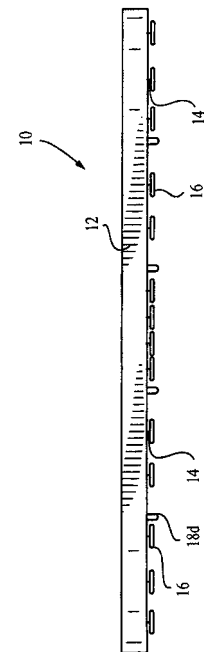
る。

【図 1 1 C】 図 1 7 A に示す通信システムとともに用いるための加入者遠隔局の図である。

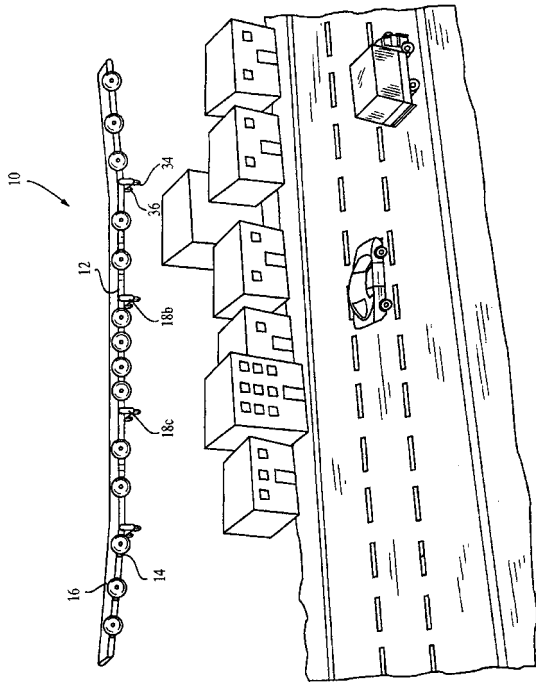
【図 1】



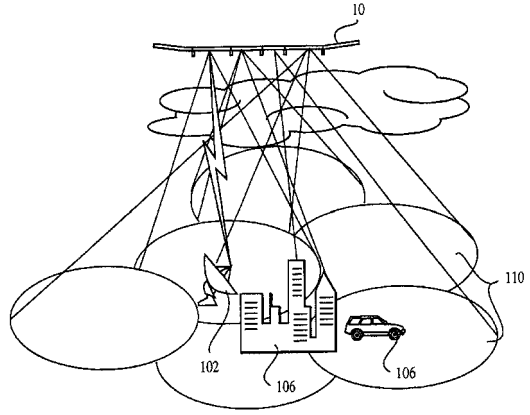
【図 2】



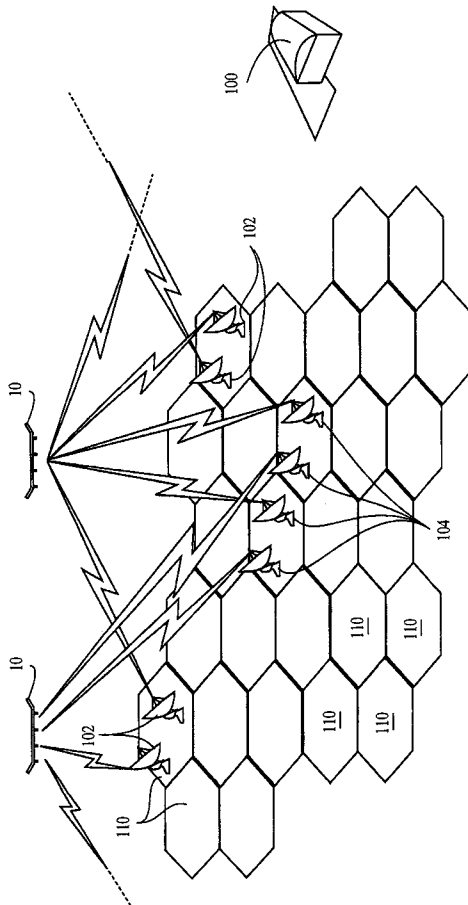
【図 3】



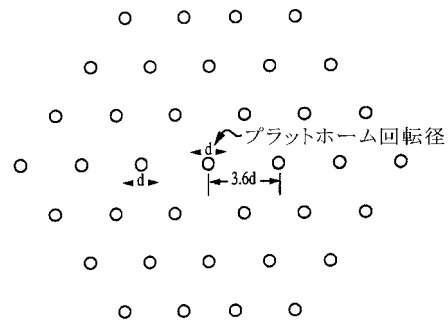
【図 4 A】



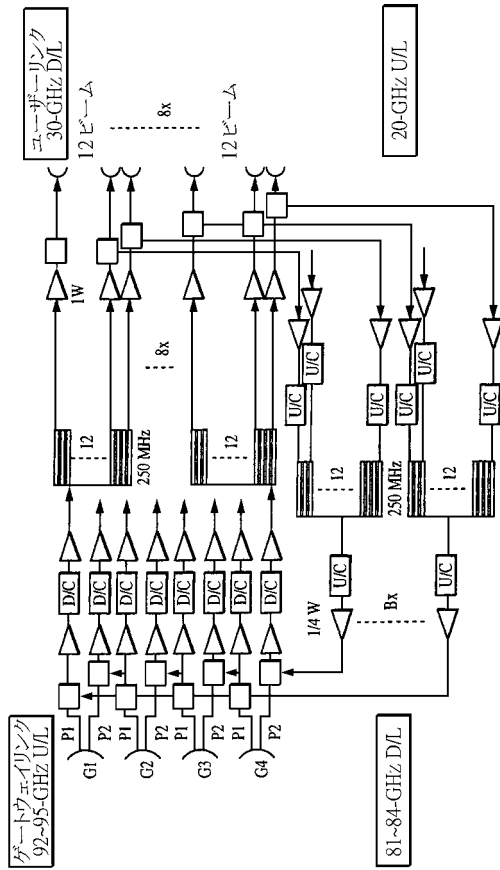
【図 4 B】



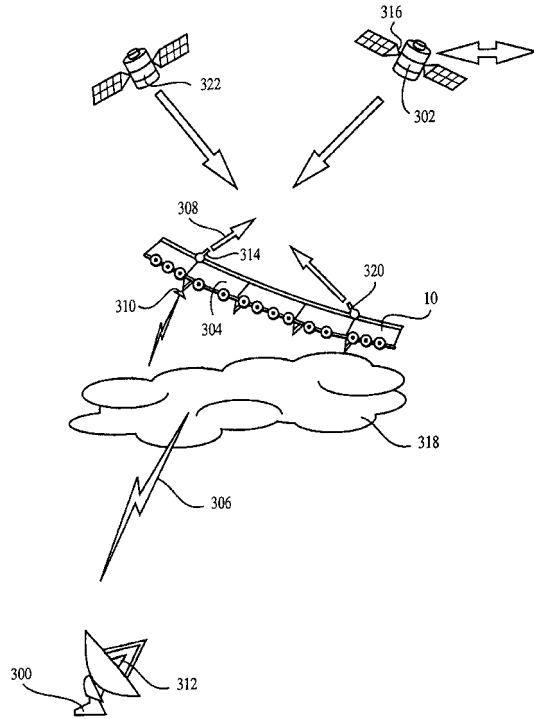
【図 4 C】



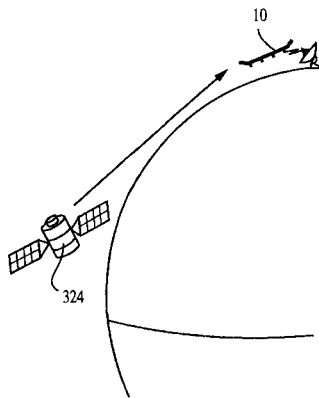
【 図 4 D 】



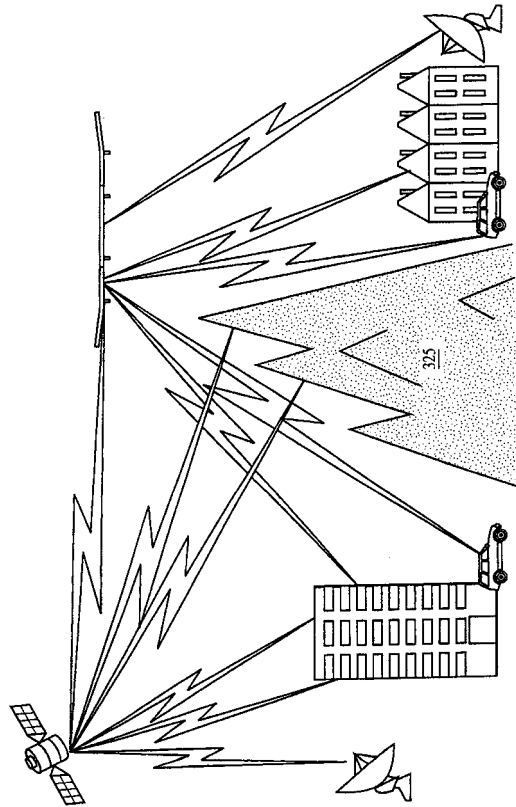
【 図 5 】



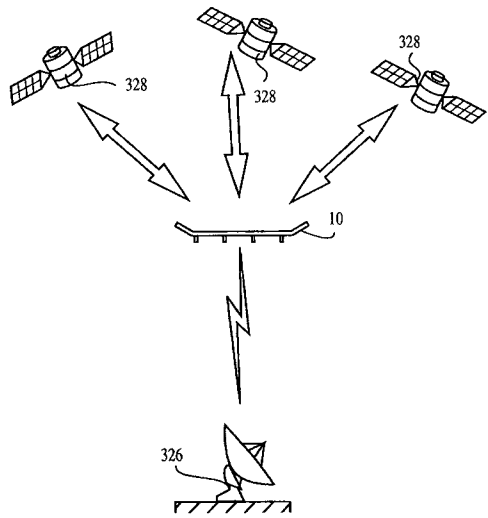
【 図 6 】



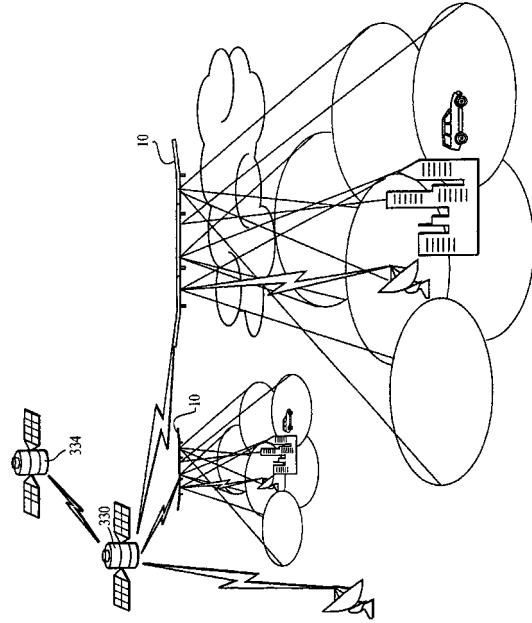
【 図 7 】



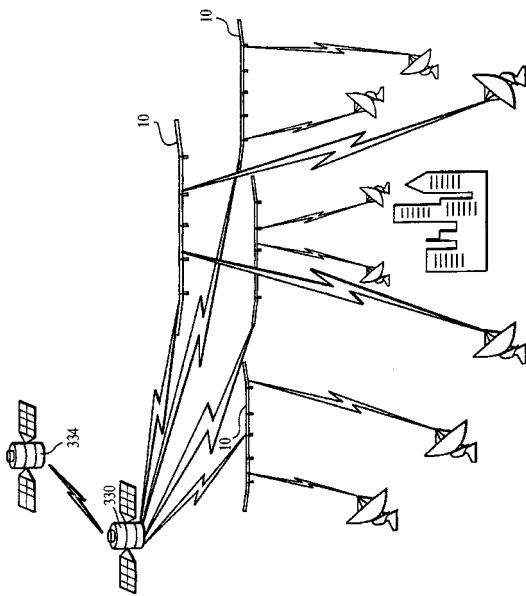
【図8】



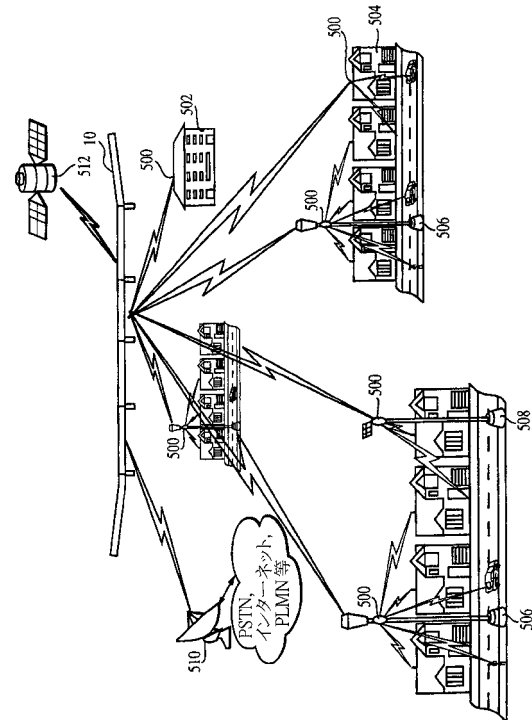
【図9】




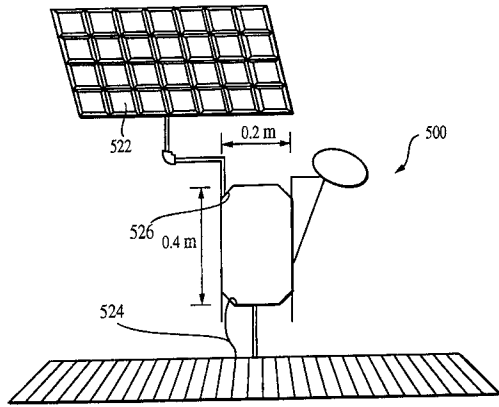
【図10】




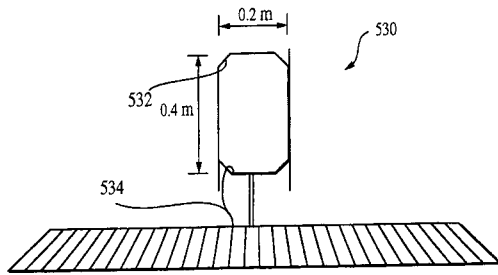
【図11A】



【 1 1 B】



【 1 1 C】



フロントページの続き

(72)発明者 ウォルター アール . モーガン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 シミヴァレー アマリロ アヴェニュー 3217

審査官 木下 直哉

(56)参考文献 国際公開第99/023769(WO, A1)
特開平11-298393(JP, A)
特開平06-199290(JP, A)
米国特許第05810284(US, A)
特開平10-178367(JP, A)
国際公開第98/09381(WO, A1)
特開2000-082984(JP, A)
特開平10-261987(JP, A)
特開2000-013298(JP, A)
長谷良裕、三浦龍、大森慎吾、成層圏無線プラットフォームを用いた高速無線アクセスネットワークの提案、電子情報通信学会技術研究報告、日本、電子情報通信学会、1997年 9月24日、Vol.97 No.266, p.75-80

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/14- 7/22
B64C 39/10
H04W 16/26