

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7183258号
(P7183258)

(45)発行日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(24)登録日 令和4年11月25日(2022.11.25)

(51)国際特許分類 F I
H 0 4 B 7/155(2006.01) H 0 4 B 7/155
H 0 4 B 7/185(2006.01) H 0 4 B 7/185

請求項の数 10 (全17頁)

(21)出願番号	特願2020-514572(P2020-514572)	(73)特許権者	517180785 ワールドビュー・サテライツ・リミテッ ド アメリカ合衆国・ヴァージニア・2 2 1 0 2・マクリーン・グリーンズボロ・ス テーション・プレイス・1 7 8 5・タワ ー・3・スイート・5 0 0
(86)(22)出願日	平成30年9月11日(2018.9.11)	(74)代理人	100091487 弁理士 中村 行孝
(65)公表番号	特表2020-533897(P2020-533897 A)	(74)代理人	100105153 弁理士 朝倉 悟
(43)公表日	令和2年11月19日(2020.11.19)	(74)代理人	100107582 弁理士 関根 毅
(86)国際出願番号	PCT/US2018/050505	(74)代理人	100118843 弁理士 赤岡 明
(87)国際公開番号	WO2019/051500		
(87)国際公開日	平成31年3月14日(2019.3.14)		
審査請求日	令和3年4月30日(2021.4.30)		
(31)優先権主張番号	62/557,020		
(32)優先日	平成29年9月11日(2017.9.11)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 降雨フェードに対処する衛星システムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれ地球上の複数の領域のうちの異なる一つをカバーする複数のスポットビームを介して情報を地球上に位置する複数のユーザ端末に送信する第1の通信衛星を通信システムにより動作させる方法であって、

降雨フェード情報を生成または取得しすることと、

前記降雨フェード情報に基づいてビーム周波数割当計画を生成することであって、前記複数の領域のうちの第1の領域における降雨フェードが第1の時間における閾値を超えたとき、または超えると予想されるとき、前記第1の時間での前記第1の通信衛星から前記第1の領域への伝送が、相対的により高い周波数を有する第1の無線周波数帯から、相対的により低い周波数を有する第2の無線周波数帯へと切り替わるようにスケジューリングされる、前記ビーム周波数割当計画を生成することと、

前記ビーム周波数割当計画を、前記第1の通信衛星にアップロードすることと、

前記ビーム周波数割当計画に従って前記衛星を動作させることと

を含む、方法。

【請求項2】

前記スポットビームのうちのいくつかは、いくつかの前記スポットビームについて固定されている前記第1の無線周波数帯で伝搬し、その他の前記スポットビームが、前記その他のスポットビームについて固定されている前記第2の無線周波数帯で伝搬し、

前記第1の領域での降雨フェードが前記第1の時間における前記閾値を超えたとき、ま

または超えると予想されるとき、ビーム周波数割当計画を生成することが、

前記第 2 の無線周波数帯で伝搬するスポットビームを前記第 1 の時間において前記第 1 の領域へ伝搬するようにスケジューリングすることをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記スポットビームのうちの少なくともいくつか、前記第 1 の無線周波数帯と前記第 2 の無線周波数帯との間で切り替わり可能であり、

前記第 1 の領域での降雨フェードが前記第 1 の時間における前記閾値を超えたとき、または超えると予想されるとき、ビーム周波数割当計画を生成することが、

切り替わり可能な前記スポットビームのうちの一つを前記第 1 の時間における前記第 1 の領域へ伝搬するようにスケジューリングすることをさらに含む、ここで、前記第 1 の時間において、前記スケジューリングされたスポットビームが、前記第 1 の無線周波数帯から前記第 2 の無線周波数帯へ切り替わる、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

降雨フェード情報を生成または取得することが、複数の領域についての降雨の可能性を予測するためにセンサのネットワークと流体動力学モデルを使用することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

降雨フェード情報を生成または取得することが、

前記第 1 の通信衛星についての前記伝送を受信するユーザ端末における信号対ノイズ比 (S N R) を測定することと、

前記測定された S N R を、前記ユーザ端末についての予想 S N R と比較することと、

前記比較の結果を前記通信システムへ送信することと

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

降雨フェード情報を生成または取得することが、

前記通信システムで、前記複数の領域内の多数の場所における多数のユーザ端末からの S N R データを受信することと、

前記 S N R データに基づいた雨セルの軌跡を決定することと

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

降雨フェード情報を生成または取得することが、前記雨セルの現在の速度および方向に基づいて、未来における前記軌跡を推定することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記スポットビームが、同時に、前記第 1 の無線周波数帯と前記第 2 の無線周波数帯の両方で伝搬することができ、ビーム周波数割当計画を生成することが、

前記比較の結果が、降雨フェードが閾値を超えたことを示す場合、前記第 1 の時間における前記第 1 の領域へ伝搬するように前記スポットビームのうちの一つを前記第 1 の無線周波数帯から前記第 2 の無線周波数帯へと切り替えるようにスケジューリングすることをさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 9】

前記降雨フェード情報が、天気予報から取得される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記降雨フェード情報が、信号強度測定から取得される、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連案件に関する記載

本開示は、参照により本明細書に組み込まれる、2017年9月11日出願の米国特許

10

20

30

40

50

出願第 6 2 / 5 5 7 , 0 2 0 号の優先権を請求する。

【 0 0 0 2 】

本発明は、衛星通信に関し、より詳細には、中地球軌道 (M E O) 衛星と地上局受信機との間の通信に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 3 】

衛星通信におけるより高いデータレートの必要性は、より高い無線周波数 (1 0 ~ 1 0 0 G H z) の使用を促す。そのような高い周波数の扱いを可能にする最近のテクノロジーの進歩は、そうした使用を後押ししている。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

課題は、これらの高い周波数が、降雨フェードの影響を非常に受けやすいことである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 5 】

本発明は、コンステレーション内の各衛星が、衛星から地上への通信に使用される多数の独立的に誘導可能なスポットビームを生成するペイロードを有する、MEO衛星コンステレーションに関する。本発明の実施形態によれば、コンステレーション内のある衛星によって生成されるスポットビームの少なくともいくつかは、その衛星によって生成される他のスポットビームとは異なる周波数帯を使用する。

【 0 0 0 6 】

周波数帯は、少なくとも部分的に、降雨フェードに対するそれらの相対的な感受性に基づいて割り当てられる。より低い周波数帯は、降雨フェードの影響を受けにくい傾向にあるが、空が澄んだコンディションでは、より高い周波数帯より相対的により低いデータ転送速度を有する。本発明の実施形態は、降雨フェードの可能性に基づいて通信のスポットビームを適切に選択することによって、選択された地理領域への実質的に持続的な通信を提供することができる。

【 0 0 0 7 】

いくつかの実施形態では、本発明は、降雨フェード情報を生成または取得することと、降雨フェード情報に基づいてビーム周波数割当計画を生成することであり、複数の領域のうち第1の領域における降雨フェードが、第1の時間における閾値を超えたとき、または超えると予想されるとき、第1の時間で第1の通信衛星から第1の領域への伝送が、相対的により高い周波数を有する第1の無線周波数帯から、相対的により低い周波数を有する第2の無線周波数帯へと切り替わるようにスケジューリングされる、ビーム周波数割当計画を生成すること、ビーム周波数割当計画を、第1の通信衛星にアップロードすることと、ビーム周波数割当計画に従って衛星を動作させることとを含む方法を提供する。

【 0 0 0 8 】

いくつかの実施形態では、本発明は、衛星の「ユーザ」アンテナによって送信されるスポットビームの1つまたは複数、ある相対的により高い無線周波数帯と別の相対的により低い周波数帯との間で切り替えることを可能にする通信ペイロードを備える。

【 0 0 0 9 】

いくつかの実施形態では、本発明は、MEO衛星およびLEO衛星など、2つの異なるコンステレーション内の衛星間の潜在的な干渉に対処するために、本明細書に開示される周波数切替技法およびペイロードを使用する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 M E O 衛星システムを示す図である。

【 図 2 】 衛星およびその通信ペイロードを示す図である。

【 図 3 】 1 6 本のビームを介してデータをユーザに送信する衛星を示す図である。

【 図 4 】 図 2 の通信ペイロードのさらなる詳細を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 5】ユーザ端末の第 1 の実施形態を示す図である。

【図 6】ユーザ端末の第 2 の実施形態を示す図である。

【図 7】従来方式で複数のゲートウェイと通信する、地球を周回する衛星を示す図である。

【図 8】従来方式で、選択された衛星との交信を確立するユーザ端末を示す図である。

【図 9】任意の時点で従来方式により通信システムに単一経路を常に作成する、ユーザ端末からインターネットへの全体リンクを示すチャートである。

【図 10】衛星のペイロードが固定された無線帯域の複数のスポットビームを提供するように設計され動作される本発明による第 1 の実施形態およびその降雨フェードへの適用を示す各チャートおよび概略図である。

【図 11】衛星のペイロードが固定された無線帯域の複数のスポットビームを提供するように設計され動作される本発明による第 1 の実施形態およびその降雨フェードへの適用を示す各チャートおよび概略図である。

【図 12】衛星のペイロードが複数のスポットビームを提供するように設計され動作される本発明による第 2 の実施形態およびその降雨フェードへの適用を示すチャートである。

【図 13】各スポットビームが無線帯域間で切り替わることができる、第 1 の配置を示す概略図である。

【図 14】各スポットビームが複数の無線帯域で同時に伝搬することができる、第 2 の配置の概略図である。

【図 15】気象予測が使用される、降雨フェードに対処する本発明による方法の第 1 の実施形態を示すチャートである。

【図 16】ユーザ端末からの信号品質データが使用される、降雨フェードに対処する本発明による方法の第 2 の実施形態を示す図である。

【図 17】本発明によるペイロードが、同じ無線周波数帯を用いる他の衛星コンステレーションとの干渉の問題に対処するように使用される一実施形態を示す図である。

【図 18】本発明の一実施形態に係るビームおよび周波数の割当をスケジューリングする方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本開示および添付の特許請求の範囲において、以下の定義が使用される。

- ・「コンステレーション」は、共有制御下でともに動作する一群の人工衛星である。
- ・「ダウンリンク」は、衛星から地上の場所への通信リンクである。
- ・「アップリンク」は、地上の場所（例えば、ゲートウェイ、ユーザ端末、等）から衛星への通信リンクである。
- ・「順方向リンク」とは、地上局（例えば、ゲートウェイ）からユーザへの通信リンクを意味する。これは、アップリンク（地上局から衛星へ）とダウンリンク（衛星からユーザへ）の両方から構成される。
- ・「逆方向リンク」または「リターンチャネル」とは、ユーザから地上局への通信リンクを意味する。順方向リンクと同様に、アップリンクとダウンリンクの両方を含む。
- ・「一方向衛星」とは、順方向リンクにのみ使用される衛星を意味する。
- ・「双方向衛星」とは、順方向リンクと逆方向リンクの両方に使用される衛星を意味する。
- ・「LEO衛星」または「MEO衛星」または「GEO衛星」は、その特定の軌道上の衛星を指す。衛星には、それが存在する軌道以外は必ずしも差がなく、したがって、衛星の「タイプ」の言及は、衛星が存在する特定の軌道を指すことになる。
- ・「降雨フェード」は、雨などの降水による信号品質の低下である。
- ・「降雨フェード情報」とは、実際の雨の発生率、または降雨フェード、または天気予報もしくは他の予測方法に基づいた雨もしくは降雨フェードの予測、または実際および予測の雨もしくは降雨フェードの融合に関連する情報を意味する。

【0012】

本教示に係る衛星通信システムは、データを衛星に送る地上局ゲートウェイを含み、次に、衛星は、そのデータをユーザ端末へ送る（順方向リンク）。ユーザ端末は、同様に、

データを衛星に送ることができ、次に衛星はそのデータを地上局ゲートウェイに送る（逆方向リンク）。

【0013】

例えば、米国特許出願公開第2018/0062737号に開示の衛星通信システムは、こうしたシステムの一例である。米国特許出願公開第2018/0062737号に開示の衛星システムは、LEO、MEOおよびGEO衛星を含む。本発明は、主に、MEO衛星を対象とし、明瞭化および簡略化のために、MEO衛星システムに注目することにする。図示のシステムは、単に追加のゲートウェイアンテナとユーザ端末を組み込むことで、他の軌道の他の衛星に容易に適應することができると理解されよう。

【0014】

サテライトシステム

図1は、本発明の例示的な実施形態に係るMEO衛星システム200を示している。衛星システム200は、コアネットワーク210と、地上局ゲートウェイアンテナ214と、MEO衛星204と、ユーザ端末220とを含む。システム200の一部ではないが、ユーザ/ユーザデバイス242およびインターネット240も図示されている。説明を明瞭化するため、図1には、システム200の各要素のうちの1つしか示されないことが理解されるべきである。機能しているシステムにおいて、システム200中のそうした各要素の多くの例が存在する。このことは、衛星(satellitem)だけでなく、地上局(例えば、ゲートウェイアンテナ、等)、および特にユーザ端末等にも当てはまる。

【0015】

コアネットワーク210は、いくつか挙げると、スイッチング、ルーティング、制御および認証を含む、ネットワーク200内の様々な機能を提供する。本明細書において関係があるように、コアネットワーク210は、インターネット240からデータを受信する、およびデータをインターネット240へ送信する。インターネット240から受信したデータに関して、コアネットワーク210は、通信リンク234Aを介したMEO衛星204への送信のために、データパケットをMEOゲートウェイ214へルーティングする。

【0016】

ユーザ端末220は、衛星システム200へのユーザのインタフェースである。例えば、居住ユーザの場合、そのような各居住ユーザの住居には、典型的には1つのユーザ端末220がある。例示の実施形態では、ユーザ端末220は、MEO衛星204と通信するためのアンテナ224を備える。アンテナ224は、通信リンク235Aを介してMEO衛星204から信号を受信し、やはりまた通信リンク235Bを介してMEO衛星204へと送信する。衛星204によって受信される、アンテナ224からの伝送は、通信リンク234Bを介してMEOゲートウェイ214へ送信される。

【0017】

地上ゲートウェイアンテナ214からの伝送、または地上ゲートウェイアンテナ214への伝送は、衛星204のゲートウェイアンテナによって受信される、または衛星204のゲートウェイアンテナから送信される。ユーザ端末220のアンテナ224によって受信または送信される伝送は、衛星のユーザアンテナから送信される、または衛星のユーザアンテナによって受信される。(図2参照)。当業者には明らかなように、ユーザ端末220およびそのアンテナ224は、ゲートウェイアンテナ214より物理的にはるかに小さい。

【0018】

ユーザ端末220のアンテナ224で受信された信号は、インタフェース228を介してユーザデバイス242へと送信される。

【0019】

図2は、従来のMEO衛星、およびその通信ペイロードを示している。地上局のゲートウェイアンテナ214から送信された信号(234A)は、衛星のゲートウェイアンテナ350によって受信され、トランスポンダ352へと向かわせられる。

【0020】

10

20

30

40

50

信号は、空間を通過して伝搬すると、強度を失い、歪む（「チャンネル効果」として知られている）。したがって、衛星で受信された信号は、送信された信号の近似値である。トランスポンダ 352 は、チャンネル効果に対処すべく、受信信号を適切に増強および/または処理する。増強または処理の性質は、トランスポンダの仕様に依りて異なり得る。

【0021】

具体的には、トランスポンダは、単に受信信号を増幅し、不要な信号をフィルタ除去し、必要に応じて、アップリンク周波数とダウンリンク周波数の間の変換を行う非再生または「ベントパイプ」リピータとも称される透過リピータを備えてもよい。あるいは、トランスポンダは、受信信号が復調され、復号化され、再符号化され、再変調される、基本的には信号に含まれる情報を再生する処理能力を有する、再生リピータを備えてもよい。

10

【0022】

信号は、適切に増強され/処理されると、衛星の「ユーザアンテナ」354 へ向けられ、ユーザアンテナ 354 は、図 3 に示されるように、信号を「ユーザビーム」または「衛星ビーム」355 の形態でユーザ端末へ送信する。

【0023】

通信ペイロード

図 4 は、本発明のいくつかの実施形態と組み合わせた使用に適する従来のトランスポンダ 352 のさらなる詳細を示している。ベントパイプリピータとして具現化されるトランスポンダ 352 は、ダイプレクサ 460 と、低ノイズ増幅器 462 および 468 と、周波数ダウンコンバータ 464 A と、周波数アップコンバータ 464 B と、ハイパワー増幅器 466 および 470 とを含む。図示されないが典型的にはトランスポンダ 352 に含まれる入力バンドパスフィルタは、不要な信号をフィルタ除去することに使用される。

20

【0024】

周波数ドメインでの多重化を実現するための受動デバイスであるダイプレクサ 460 は、順方向リンクの伝送および逆方向リンクの伝送が同じアンテナを共用することを可能にする。具体的には、衛星のゲートウェイアンテナ 350 とインタフェース接続されるダイプレクサ 460 は、(a) (地上ゲートウェイアンテナ 214 からの) 単一の K_a 帯順方向リンク信号を LNA 462 へ向かわせ、(b) 地上ゲートウェイアンテナ 214 へのダウンリンクのために (ユーザ端末 220 からの) 逆方向リンク信号をゲートウェイアンテナ 350 へ向かわせる。ユーザアンテナ 354 とインタフェース接続されるダイプレクサ 460 は、(a) ユーザ端末 220 へのダウンリンクのために HPA 466 からの順方向リンク信号をアンテナ 354 へ向かわせ、(b) (ユーザ端末 220 からの) リターンリンク信号を LNA 468 へ向かわせる。

30

【0025】

ダイプレクサ 460 に代えて、直交モード変換器 (OMT) が使用されてもよい。一般に偏波デュプレクサと称される OMT は、2 つの直交偏波されたマイクロ波信号経路を結合または分離することができる。OMT の使用は、受信信号と送信信号が異なる偏波状態を有することを必要とする。例えば、送信信号は右旋円偏波であってもよく、受信信号は左旋円偏波であってもよい。

【0026】

まず順方向リンクについて述べると、LNA 462 は、地上局のゲートウェイアンテナ 214 から受信した微弱 RF 信号を増幅する低ノイズ増幅器である。増幅されると、受信信号は、RF スプリッタ (図示せず) によって、ユーザへビームを送信する (ユーザ) アンテナの数に対応する複数の信号へと分割される。図 3 は、このような 4 つの信号を示すが、信号の数は典型的にはこれよりも多くなる。分割された後、信号は、 K_a 帯信号を (アンテナビームごとに) ダウンリンク用の K_u 帯の適切な RF 搬送周波数へダウンコンバートする周波数ダウンコンバータ 464 A へ供給される。

40

【0027】

周波数ダウンコンバータ 464 A からの出力信号は、典型的にはフィルタリングされ (図示せず)、次に、各信号は、ハイパワー増幅器 466 で増幅される。増幅された信号は

50

、次に、ダイプレクサ 462 によって、ダウンリンク用のユーザアンテナ 354 へ向けられる。両方の偏波状態は、ユーザダウンリンクで使用されてよく、したがって、各周波数チャンネルの使用が 2 倍になる。

【0028】

次に逆方向リンクに移ると、ユーザ端末 220 から受信された K_u 帯信号は、ダイプレクサ 460 によって低ノイズ増幅器 468 へ向けられる。これらの増幅器は、ユーザ端末 220 から受信した微弱信号を増幅する。増幅された信号は、信号を K_a 帯にアップコンバートする周波数アップコンバータ 464 B に供給される。アップコンバータからの信号は、RF コンバイナ (図示せず) において結合され、次にハイパワー増幅器 470 において増幅される。結合され、増幅された信号は、次に、ダイプレクサ 460 によって、地上局のゲートウェイアンテナへの送信のために衛星のゲートウェイアンテナ 350 へ向けられる。この実施形態では、アップリンク周波数は、 K_u 帯であると仮定され、アップリンクは、規制上の制限、増幅器技術、および/または降雨フェードに対する感受性などの要因に応じて、 K_a 帯または K_u 帯のどちらかであり得る。

10

【0029】

ユーザ端末

図 5 は、図 1 に示されるユーザ端末 220 の第 1 の実施形態 220' を示している。ユーザ端末 220' は、MEO 衛星を追跡するアクティブ MEO アンテナ 524 A と、任意選択のスウィングバック MEO アンテナ 524 B とを含む。スウィングバックアンテナの目的は、アンテナ 524 A が、MEO 衛星が動いて視界から出るまで MEO 衛星を追跡する間、アイドル状態で待機することである。アンテナ 524 A が、追跡していた MEO 衛星を見失うと、スウィングバックアンテナ 524 B は、次の MEO 衛星をピックアップし、その時点で、アンテナ 524 A はアイドル状態になる。

20

【0030】

一对のアンテナは、モデム 584 に接続されている。モデムは、プロセッサ 586 に接続されており、プロセッサ 586 では、ダウンリンクに関し、アンテナ 524 A または 524 B で受信された情報が、様々な通信プロトコル (例えば、イーサネット、WiFi、LTE、等) をサポートするいくつかの可能なインタフェース装置 528 のうちのいずれかを介してユーザに送信される。

【0031】

ユーザ端末 220' では、アンテナおよびそのスウィングバックパートナーからの信号は、アナログスイッチなどを介してモデムへ供給される前にマージされる。あるいは、各アンテナからのデータは、モデムに先立ってアナログからデジタルへ変換されてもよく、切り替えはデジタルドメインにおい行われる。

30

【0032】

衛星への伝送に関して、通信インタフェース 528 を介して中継される、ユーザからの信号は、プロセッサ 586 で処理され、モデム 584 へ向けられる。

【0033】

図 5 は、図 1 のユーザ端末 220 の第 2 の実施形態 220'' を示している。ユーザ端末 220'' は、一般にはレーダおよび通信に用いられる、能動的な、電子的に誘導可能なアレイアンテナを組み込んでいる。アンテナは、衛星の位置に応じて、衛星との通信のために空間内で異なる方向で伝搬する波面 A、B および C を受け、または生成することが可能である。

40

【0034】

各アンテナ素子 686 内の能動素子は、いずれかの方向に信号を増幅する働きをすることにより、また、様々な角度で傾斜した波面を生成するために位相遅延に可変量を適用することによっても、これを可能にする。

【0035】

次に、信号は、プロセッサ 586 に接続されているモデム 584 によって受信、またはモデム 584 から送信される。ユーザとの間の通信は、図 5 に関連して説明されるように

50

、インタフェース 728 を介して行われる。

【0036】

ユーザ端末 220 の利点は、機械的な単純さ（例えば、モータがない、等）、ならびに、数マイクロ秒（約 10 マイクロ秒）で左右にビームを誘導する能力である。これは、単一のアンテナアレイが、同じコンステレーションで、またはコンステレーション間で、ある衛星から別の衛星にシームレスに切り替わることを可能にする。

【0037】

衛星通信システム 200 の動作は、衛星が地球を周回するときのハンドオフに応じて決まる。少なくとも 2 つの異なるタイプのハンドオフである、ゲートウェイハンドオフおよび衛星ハンドオフは、1 日の間に起こる。明瞭化するため、以下の議論は、順方向リンク（具体的には、衛星から地上）通信を対象とするが、同じ原理は逆方向にも当てはまると理解されよう。

10

【0038】

ゲートウェイハンドオフ

軌道の途中で、各衛星は、ある地上ゲートウェイと交信し、それから、衛星が次のゲートウェイと交信するためにその地上ゲートウェイから離れると、前の交信を切る。図 7 は、ゲートウェイ 214A、214B、214C および 214D と順に通信する、地球を周回する（異なる時点での）衛星 204 を示している。

【0039】

サテライトハンドオフ

1 日の間に、ユーザ端末は、ある衛星と交信し、その衛星が遠ざかるとその交信を切って次に近づいてくる衛星と交信する。図 8 は、衛星 204-1、204-2、204-4 および 204-6 と交信を順次確立するユーザ端末 220 を示している。この例示において、ユーザ端末 220 は、衛星 204-3 および 204-5 が利用不可または次善であるため、それらとの通信は確立しない。

20

【0040】

以下の表 I は、衛星 204 とゲートウェイ 214A、214B、214C および 214D との通信の予定表である。

【表 1】

表 I : 衛星とゲートウェイとの通信の予定表

214A	214B	214C	214D
衛星 204			

----- 時間 ----->

30

【0041】

以下の表 II は、ユーザ端末 220 と衛星 204-1、204-2、204-4 および 204-6 との通信の予定表である。

【表 2】

表 II : ユーザ端末と衛星の通信の予定表

204-1	204-2	204-4	204-6
ユーザ端末 220			

----- 時間 ----->

40

50

【 0 0 4 2 】

ともに、図 9 に関連して議論されるように、ユーザ端末 2 2 0 から、ゲートウェイ G 1 から G 4 (および、したがってインターネット) への全体リンクは、衛星から衛星へ、ゲートウェイからゲートウェイへと連続的に移り、常に、任意の時点において通信システムに単一の経路を作る。

【 0 0 4 3 】

例えば、図 9 を参照すると、ある時点において、データは、インターネットからゲートウェイ 2 1 4 B、そして衛星 2 0 4 - 5 へ、そしてユーザ端末 2 2 0 を介してユーザ - 1 へと流れる。この例では、ユーザ - 1 は、偶然、ゲートウェイ 2 1 4 A とゲートウェイ 2 1 4 B との間辺りにおり、したがって視野内の衛星は、これらのゲートウェイ間でハンド

10

オフする。その後のある時点で、幾何形状 (geometry) が、ユーザとの交信中に衛星 2 0 4 - 6 がゲートウェイ 2 1 4 B と常に通信することを決定づけることになる。このシステムにおいて、サービスは持続するが、必ずしも遍在するわけではない。

【 0 0 4 4 】

降雨フェードおよび本発明の実施形態

以下の説明および添付の特許請求の範囲のため、周波数帯は、それらの降雨フェードに対する相対的な感受性に基いて割り当てられると仮定される。より低い周波数帯は、降雨フェードに対して感受性が低い傾向にあるが、空が澄んだ状況下ではより高い周波数帯より相対的により低いデータ転送速度を有する。したがって、衛星は、降雨フェードが予想または観測されない限り、相対的により高い周波数で送信するようにスケジューリング

20

されることになる。

【 0 0 4 5 】

ペイロード変形例 1 :

所与のスポットビームが固定された無線帯域を有する。ユーザ端末と衛星の交信の間、ペイロードは、データを 1 つのスポットビームを介して送信し、交信期間中、地上におけるスポットビームの場所は固定された状態にある。この変形例では、図 1 0 に示されるように、各ユーザビームは、1 つの無線帯域の余地しかない。例えば、ある時点において、データは、インターネットから、ゲートウェイ 2 1 4 B へ、そして澄んだ空を通過してビーム B 1 で衛星 2 0 4 - 5 へ、そしてユーザ 1 へと流れる。降雨フェードが顕著になると、次の衛星は、ビーム B 1 によって使用される周波数より相対的により低い周波数を使用し

30

したがって雨天に対してより優れている、ビーム B 2 を使用することになる。

【 0 0 4 6 】

いくつかの実施形態では、ペイロードは、9 本のユーザビームを含み、そのうちの 7 本が相対的により高い周波数帯で通信し、残りの 2 本が相対的により低い周波数帯で通信する。地上の命令制御センタは、相対的により低い周波数で通信する 2 本のビームを、降雨フェードの可能性の最も高いエリアに割り当てる。他の実施形態では、相対的により高い周波数帯と相対的により低い周波数帯との間の配分が異なる。これは、ペイロードの周波数コンバータによって決定される。

【 0 0 4 7 】

図 1 1 は、各ビームが特定の無線周波数帯に固定されている、ペイロード変形例 1 を示している。低ノイズ増幅器 4 6 2 は、衛星のゲートウェイアンテナ 3 5 0 によって受信されるような、ゲートウェイアンテナ 2 1 4 から受信される R F 信号を増幅させる。アップリンク・ビームは、ダウンリンクチャネルのすべてを含む。

40

【 0 0 4 8 】

受信信号は、増幅された後、R F スプリッタ (図示せず) によって、ユーザへビームを送信する (ユーザ) アンテナの数に対応する複数の信号へと分割される。明瞭化のため、この図面には、2 つの信号 S_n および S_{n+1} とそれらの無線周波数経路だけしか示されていない。

【 0 0 4 9 】

局部発振器 1 1 9 0 A および 1 1 9 0 B は、アップリンク周波数帯をダウンリンク周波

50

数帯へと変換するが、ダウンリンク帯域の選択は固定されている。例えば、局部発振器 1 1 9 0 A は、周波数「2」へと変換し、局部発振器 1 1 9 0 B は、周波数「1」へと変換する。周波数 2 は、周波数 1 より相対的に低く、前者の周波数は、雨が存在する場合にさらに適切である。ミキサ 1 1 9 2 は、局部発振器 トーンを用いて、入力搬送周波数を変換し、別の周波数を出力する。ミキサからの信号は、ハイパワー増幅器 1 1 9 4 において増幅され、ダウンリンクのために最終的にユーザアンテナ 3 5 4 へと向けられる。

【0050】

変形例 1 について、雨の予測が不正確な状況下では、降雨フェードの偶発的な発生があり得る。その理由としては、一旦スケジューリングされると、ビームは、サービスの喪失なしには向け直され得ないからである。これらの状況を緩和するため、ビームは、必要に応じて降雨領域へ向けられ得るようなスケジュールにならないようにされる。あるいは、MEO 衛星が LEO 衛星とともに使用される場合、LEO 衛星がデータをユーザにオフロードすることに使用されてもよい。

10

【0051】

ペイロード変形例 2 :

所与のスポットビームがある無線帯域と別の無線帯域との間で切り替わることができる。この変形例を実施するには、周波数コンバータが帯域間で切り替わることができるか、両方とも同じユーザデータを搬送し切り替えが、増幅器がどのバンドを使用するかを選択した後である、2つの別個の周波数コンバータと増幅器が使用されるか、のどちらかである。

20

【0052】

次に図 1 2 を参照すると、ある時点でデータはインターネットからゲートウェイ 2 1 4 B へ、そして澄んだ空を通して周波数 f_1 を用いるビーム B 1 で衛星 2 0 4 - 5 へ、そしてユーザ 1 へと流れる。他の時点では、短い豪雨の間、衛星 2 0 4 - 7 により、ユーザは、ビーム B 1 の周波数 f_2 でサービスを受けることになる。図 1 3 は、所与のビームが、スイッチ 1 3 9 6 によって、高周波数帯（例えば、周波数 f_1 ）と低周波数帯（例えば、周波数 f_2 ）との間で切り替えられ得る、ペイロード変形例 2 を示している。図 1 2 に示される構成要素、およびその動作は、その他の点では図 1 0 に示されるものと同じである。

【0053】

ペイロード変形例 3 :

所与のスポットビームが複数の無線帯域で同時に伝搬することができる。図 1 4 に示されるようなこの変形例には、アンテナ入力で結合されている2つの別個の周波数コンバータおよび増幅器がある。ビームは、周波数 f_1 および f_2 で同時に伝搬する。ダイプレクサ 1 4 9 8 は、2つの帯域を1つの経路に結合する。周波数 f_1 および f_2 は、ミキサの上流においてそれら自体のチャンネルフィルタをそれぞれ有するので、地上ネットワークは、あるユーザを周波数 f_1 のアップリンクチャンネルに割り当て、次に、雨に降られている他のユーザを周波数 f_2 のアップリンクチャンネルに割り当てることができる。

30

【0054】

データルーティングは、第 1 の変形例におけるように2つの周波数コンバータが別個のビームにあるかのように働くが、異なることは、これらのビームが地上で互いに重ね合わされることである。スポットビームのサイズは、幅数百キロメートルであり、典型的には激しい雨はその一部しか覆わない。したがって、地上ネットワークは、高周波数帯のトラフィックを雨が降っていない場所の土地に割り当て、一方、低周波数帯のトラフィックは、雨が降っている場所に向けられる。

40

【0055】

フィードバック変形例 1 :

降雨フェードの予測に気象予報を用いる。利用可能な場合、天気予報は、センサのネットワークと流体動力学モデルを組み合わせることによって、正確かつタイムリーな降雨予測を提供する。この予報データは、ユーザ端末ごとまたは近隣ユーザ端末のグループごとに、その先 1 2 時間程度のビームおよび周波数の割当計画を生成することに使用され得る

50

。次に図 15 を参照すると、ユーザ 1 についての局地天気センタからの 12 時間の雨予報が、12 時間の通信プランを作成するためにコアネットワーク 210 (図 1) に入力される。期間の終了近くで、衛星 204 - 7 がビーム B2 を用いて周波数 f_2 でそのユーザと通信するほどの雨が降ることになる。

【0056】

フィードバック変形例 2 :

降雨フェードの予測にユーザ端末からの信号品質データを用いる。現在の降雨フェード履歴は、ユーザ端末によって測定され得る。これは、予想される信号対ノイズ比 (SNR) を演算し、それを実際の SNR と比較する (例えば、予想値から実際値を減じる、比を形成する、等) ことによって行われる。この比較の結果は、過去の経験等に基づいて、降雨フェードが対処される必要のある問題となるかどうかを示すことになる。例えば、SNR の差がある値を超える、または測定値と現在の SNR 閾値の比がある値を下回る、等の場合、降雨フェードは、問題があり、周波数を切り替えることによって対処されるべきであると決定される。これは、SNR の低下の理由が降雨フェードだけであることを示しているが、厳密には真実ではない。しかしながら、機器の不具合などの他の原因は、近隣のユーザ端末を相関させることによって除外され得る。さらに、他の電波源または太陽からの干渉などの他の原因は、短時間であり、平均化などの処理技法によってフィルタ除去され得る。

10

【0057】

第 1 の実施形態では、信号品質データは、過去の傾向から未来を推測することによって使用される。第 2 の実施形態では、信号品質データは、密領域内の多数のユーザから取得される。この方法を用いて、雨セルは、ユーザ間を移動する物体として「追跡」され、その未来位置は、現在の速度および方向から予測され得る。

20

【0058】

第 3 の実施形態では、信号品質の使用に、予測というよりは反応的であるアプローチが取られる。このアプローチは、高周波数帯および低周波数帯が同時に同じビームに共存することができる、第 3 のパイロード変形例での使用に最も適している。降雨フェードがある閾値を上回ると、ユーザは、高周波数帯から同じビームの低周波数帯へと切り替えられる。降雨フェードが低減すると、ユーザは、高周波数帯に戻される。このシステムのフィードバックを実現することは、衛星の LEO コンステレーションによって提供されるような、リターン方向通信経路を必要とする。2つのフィードバック変形例は、例えば、Kalman フィルタまたは他の評価アルゴリズムに組み込まれ得る。

30

【0059】

図 16 を参照すると、雨予報は、局所天気予報と、LEO 衛星 1504 からそれを介してコアネットワーク 210 にフィードバックされるユーザの信号強度測定を融合させることによって生成される。次に、周波数割当計画が雨予報から生成されゲートウェイアンテナ 214 へと送信され、ゲートウェイアンテナ 214 がその計画を MEO 衛星 204 へと送信する。

【0060】

LEO 衛星への干渉

本発明の実施形態は、同じ無線周波数帯を使用する他のコンステレーションへの予測可能な干渉である、他の問題を解決する。次に図 17 を参照すると、このような「インライン (in-line)」事象では、ユーザ端末 (例えば、ユーザ端末 220、等) は、同じ場所で、同じ周波数を用いて LEO 衛星と MEO 衛星の両方を見ることになる。そのようなシナリオでは、MEO システムの周波数は、LEO システムと同じ帯域を使用することを避けるように再構成され得る。図 17 に示される例では、衛星 204 - 7 は、空が澄んでいても、周波数 f_2 に切り替えることによってユーザ 1 に対してサービスし続ける。

40

【0061】

図 18 は、図示の実施形態に係る方法 100 のフローチャートである。図 18 に示される実施形態では、周波数割当計画は、12 時間先まで及んでいる。n 時間おきに、現在の

50

計画を未来へと延長するように、新しい計画が作成される。更新は、要望に応じて（例えば、 $n = 0.25$ 時間、 $n = 1$ 時間、等）行われ得る。

【0062】

したがって、動作 S 1 0 1 で、降雨フェード情報が取得または生成される。降雨フェード情報は、リアルタイムデータ、または予測、またはその両方の合成とすることができ、前述したアプローチのいずれかに従って取得または生成される。この情報に基づいて、ビーム周波数割当計画が、動作 S 1 0 2 により生成される。この計画は、特定のアンテナビームが伝搬することになる周波数での公称時間（例えば、12 時間、等）を提供する。動作 S 1 0 3 では、この新しく生成された計画が、現在のビーム周波数割当計画を更新する。これは、（天気の変化、または予報の変化および変化度合いに基づいて）現在の計画を変えさせる、または変えさせないことができる。動作 S 1 0 4 では、新しく生成された計画が、実行のために衛星へとアップロードされる。動作 S 1 0 5 によるある時間期間の後、動作 S 1 0 1 から S 1 0 4 が繰り返される。

10

【0063】

本開示は、少数の実施形態を記載したものであり、本開示を読めば、当業者により本発明の多くの変形が容易に考案され得ること、また、本発明の範囲は、以下の特許請求の範囲によって決まるべきであることが理解されるべきである。

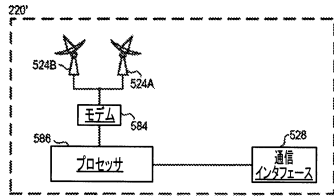
20

30

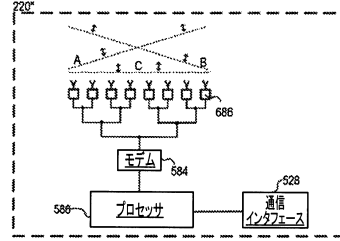
40

50

【図 5】

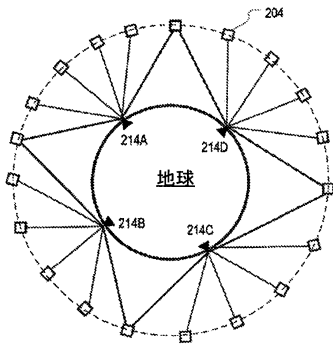


【図 6】

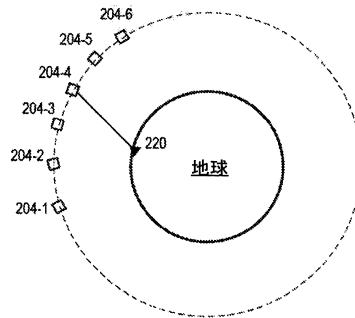


10

【図 7】

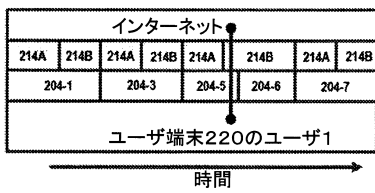


【図 8】

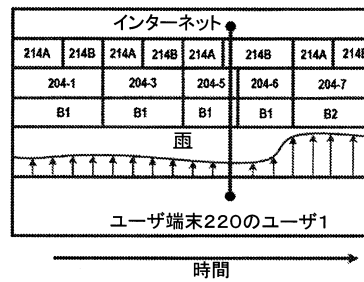


20

【図 9】



【図 10】

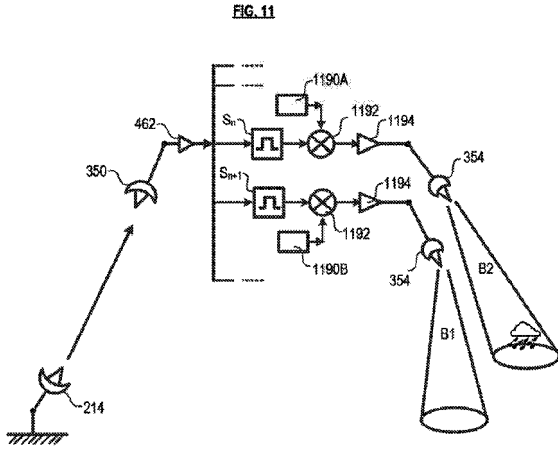


30

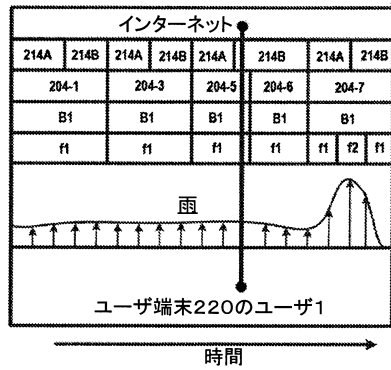
40

50

【図 1 1】

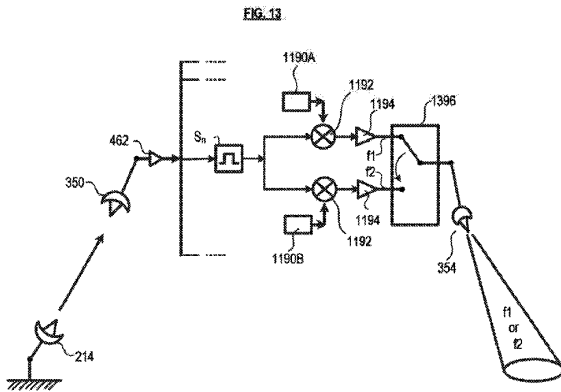


【図 1 2】

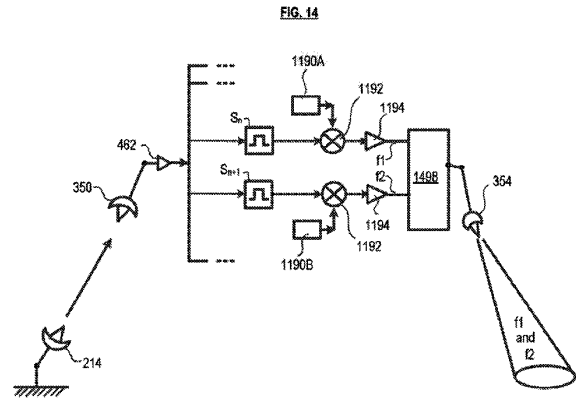


10

【図 1 3】



【図 1 4】



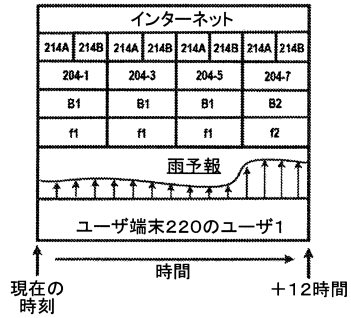
20

30

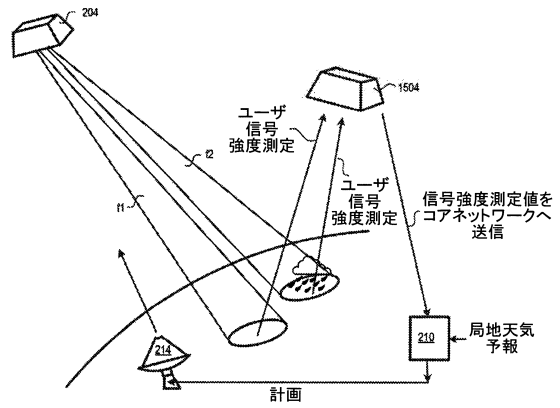
40

50

【 図 1 5 】

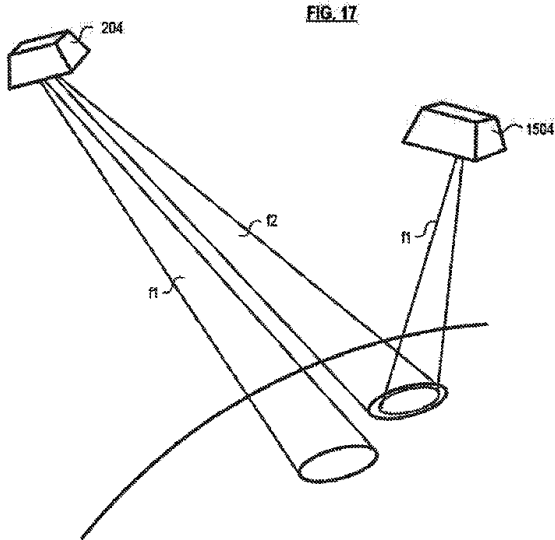


【 図 1 6 】

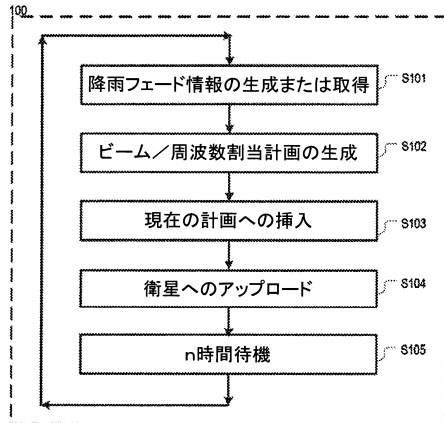


10

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



20

30

40

50

フロントページの続き

(74)代理人 100217940

弁理士 三並 大悟

(72)発明者 グレゴリー、セイン、ワイラー

アメリカ合衆国フロリダ州、ソウォールズ、ポイント、サウス、リバー、ロード、135

審査官 前田 典之

(56)参考文献 特表2002-501716(JP,A)

欧州特許出願公開第02026517(EP,A1)

特開2009-260546(JP,A)

米国特許出願公開第2016/0211908(US,A1)

米国特許出願公開第2002/0168974(US,A1)

特開2009-052976(JP,A)

特開2017-053804(JP,A)

特開平10-190550(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04B 7/155

H04B 7/185