

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-8110
(P2010-8110A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
GO1S 5/02 (2010.01)		GO1S 5/02 Z	5J062
GO1S 5/14 (2006.01)		GO1S 5/14	
GO1S 3/46 (2006.01)		GO1S 3/46	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-165095 (P2008-165095)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成20年6月24日 (2008. 6. 24)	(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712 弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100095500 弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247 弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100098327 弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

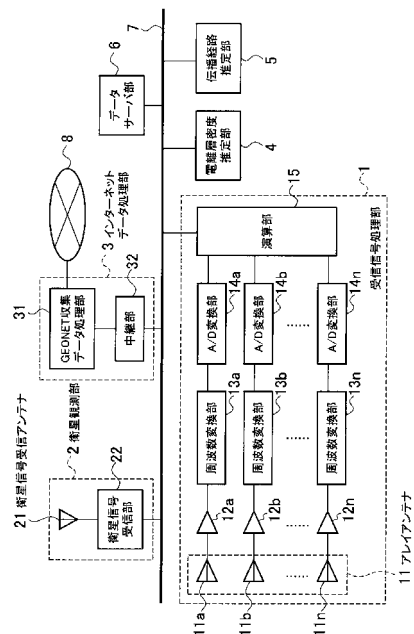
(54) 【発明の名称】 アレイアンテナ装置および送信源位置推定方法

(57) 【要約】

【課題】電離層を通過して到来した電波の送信源の位置を推定することができるアレイアンテナ装置および送信源位置推定方法を提供する。

【解決手段】演算部15は、アレイアンテナ11の受信信号から、送信源からの電波の到来方位および仰角を算出する。電離層密度推定部4は、航法衛星からの衛星信号および電離層電子密度分布モデルを用いて、3次元的な電離層電子密度分布を算出する。伝播経路推定部5は、演算部15で算出した到来方位および仰角と、電離層密度推定部4で複数の観測時刻において算出した電離層電子密度分布とを用い、観測時刻ごとに、マルチホップ伝播および地球磁場の影響を考慮した場合の複数の推定伝播経路および複数の送信源候補位置を算出し、各送信源候補位置について複数の観測時刻間の分散値を算出し、複数の送信源候補位置のうち分散値が最小となる送信源候補位置を真の送信源位置として算出する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電離層を通過して到来した電波を受信する複数のアンテナと、
前記複数のアンテナの受信信号に基づいて前記電波の到来方位および仰角を算出する方位算出手段と、

複数の観測時刻において観測した航法衛星から送信される複数周波数の衛星信号の電離層での周波数による伝播遅延量の差に基づいて、前記衛星信号の通過経路における総電子数を算出するとともに、この算出した総電子数を用いて電離層電子密度分布モデルを補正し、この補正した電離層電子密度分布モデルを用いて、前記複数の観測時刻における3次元の電離層電子密度分布をそれぞれ算出する電離層密度推定手段と、

前記方位算出手段で算出した前記到来方位および前記仰角と、前記電離層密度推定手段で算出した前記複数の観測時刻における前記電離層電子密度分布とを用い、前記電波が電離層において正常波と異常波との2つに分離し、かつ前記電波が地表に到達する地点で反射して再度伝播するとした場合における前記電波の複数の推定伝播経路を前記観測時刻ごとに算出し、前記複数の推定伝播経路のそれぞれにおいて地表に到達する複数の地点を、前記電波の送信源位置の候補となる複数の送信源候補位置として前記観測時刻ごとに算出する送信源候補位置算出手段と、

前記複数の送信源候補位置のそれぞれについて前記複数の観測時刻間の分散値を算出し、前記複数の送信源候補位置のうち前記分散値が最小となる前記送信源候補位置を真の送信源位置として算出する送信源位置算出手段と

を備えることを特徴とするアレイアンテナ装置。

【請求項 2】

電離層を通過して到来した電波を受信した複数のアンテナの受信信号に基づいて前記電波の到来方位および仰角を算出するステップと、

複数の観測時刻において観測した航法衛星から送信される複数周波数の衛星信号の電離層での周波数による伝播遅延量の差に基づいて、前記衛星信号の通過経路における総電子数を算出するとともに、この算出した総電子数を用いて電離層電子密度分布モデルを補正し、この補正した電離層電子密度分布モデルを用いて、前記複数の観測時刻における3次元の電離層電子密度分布をそれぞれ算出するステップと、

前記到来方位および前記仰角と、前記複数の観測時刻における前記電離層電子密度分布とを用い、前記電波が電離層において正常波と異常波との2つに分離し、かつ前記電波が地表に到達する地点で反射して再度伝播するとした場合における前記電波の複数の推定伝播経路を前記観測時刻ごとに算出し、前記複数の推定伝播経路のそれぞれにおいて地表に到達する複数の地点を、前記電波の送信源位置の候補となる複数の送信源候補位置として前記観測時刻ごとに算出するステップと、

前記複数の送信源候補位置のそれぞれについて前記複数の観測時刻間の分散値を算出し、前記複数の送信源候補位置のうち前記分散値が最小となる前記送信源候補位置を真の送信源位置として算出するステップと

を含むことを特徴とする送信源位置推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電離層を通過して到来した電波を受信して、その送信源の位置を推定するアレイアンテナ装置および送信源位置推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

H F帯を用いた電波通信において、受信した電波の到来方位および仰角を測定し、この到来方位および仰角と、I R I (International Reference Ionosphere) モデル等の電離層電子密度分布モデル等を用いて、レイトレーシング手法等により、電波の伝播経路を計算することができる(例えば、非特許文献1参照)。

10

20

30

40

50

【非特許文献1】Iwane Kimura, "Effects of Ions on Whistler-Mode Ray Tracing", Radio Science. Vol.1, No3, 269-283, March 1966.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、電離層を介して伝播する電波においては、電波が地表面で反射して再度伝播するマルチホップ伝播や、地球磁場の影響で電離層において1つの電波が正常波と異常波との2つに分離して伝播する現象が生じるため、算出した伝播経路から送信源の位置を推定することが困難であった。

【0004】

本発明は上記に鑑みてなされたもので、電離層を通過して到来した電波の送信源の位置を推定することができるアレイアンテナ装置および送信源位置推定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するため、本発明のアレイアンテナ装置は、電離層を通過して到来した電波を受信する複数のアンテナと、前記複数のアンテナの受信信号に基づいて前記電波の到来方位および仰角を算出する方位算出手段と、複数の観測時刻において観測した航法衛星から送信される複数周波数の衛星信号の電離層での周波数による伝播遅延量の差に基づいて、前記衛星信号の通過経路における総電子数を算出するとともに、この算出した総電子数を用いて電離層電子密度分布モデルを補正し、この補正した電離層電子密度分布モデルを用いて、前記複数の観測時刻における3次元的な電離層電子密度分布をそれぞれ算出する電離層密度推定手段と、前記方位算出手段で算出した前記到来方位および前記仰角と、前記電離層密度推定手段で算出した前記複数の観測時刻における前記電離層電子密度分布とを用い、前記電波が電離層において正常波と異常波との2つに分離し、かつ前記電波が地表に到達する地点で反射して再度伝播するとした場合における前記電波の複数の推定伝播経路を前記観測時刻ごとに算出し、前記複数の推定伝播経路のそれぞれにおいて地表に到達する複数の地点を、前記電波の送信源位置の候補となる複数の送信源候補位置として前記観測時刻ごとに算出する送信源候補位置算出手段と、前記複数の送信源候補位置のそれぞれについて前記複数の観測時刻間の分散値を算出し、前記複数の送信源候補位置のうち前記分散値が最小となる前記送信源候補位置を真の送信源位置として算出する送信源位置算出手段とを備えることを特徴とする。

【0006】

また、本発明の送信源位置推定方法は、電離層を通過して到来した電波を受信した複数のアンテナの受信信号に基づいて前記電波の到来方位および仰角を算出するステップと、複数の観測時刻において観測した航法衛星から送信される複数周波数の衛星信号の電離層での周波数による伝播遅延量の差に基づいて、前記衛星信号の通過経路における総電子数を算出するとともに、この算出した総電子数を用いて電離層電子密度分布モデルを補正し、この補正した電離層電子密度分布モデルを用いて、前記複数の観測時刻における3次元的な電離層電子密度分布をそれぞれ算出するステップと、前記到来方位および前記仰角と、前記複数の観測時刻における前記電離層電子密度分布とを用い、前記電波が電離層において正常波と異常波との2つに分離し、かつ前記電波が地表に到達する地点で反射して再度伝播するとした場合における前記電波の複数の推定伝播経路を前記観測時刻ごとに算出し、前記複数の推定伝播経路のそれぞれにおいて地表に到達する複数の地点を、前記電波の送信源位置の候補となる複数の送信源候補位置として前記観測時刻ごとに算出するステップと、前記複数の送信源候補位置のそれぞれについて前記複数の観測時刻間の分散値を算出し、前記複数の送信源候補位置のうち前記分散値が最小となる前記送信源候補位置を真の送信源位置として算出するステップとを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

10

20

30

40

50

本発明によれば、電離層を通過して到来した電波の送信源の位置を推定することができるアレイアンテナ装置および送信源位置推定方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照して説明する。

【0009】

図1は、本発明の実施の形態に係るアレイアンテナ装置の構成を示すブロック図である。図1に示すように本実施の形態に係るアレイアンテナ装置は、受信信号処理部1と、衛星観測部2と、インターネットデータ処理部3と、電離層密度推定部4と、伝播経路推定部5と、データサーバ部6とを備える。上記各部は、LAN (Local Area Network) 等からなるネットワーク7を介して互いに接続されている。

10

【0010】

受信信号処理部1は、複数のアンテナ11a, 11b, ..., 11nからなるアレイアンテナ11と、アンプ12a, 12b, ..., 12nと、周波数変換部13a, 13b, ..., 13nと、A/D変換部14a, 14b, ..., 14nと、演算部15とを備える。

【0011】

アンテナ11a ~ 11nは、送信源(図示せず)から発信され、電離層を通過して到来する例えばHF帯の電波を受信して受信信号を出力する。

【0012】

アンプ12a ~ 12nは、それぞれアンテナ11a ~ 11nから入力される信号を増幅し、周波数変換部13a ~ 13nに出力する。

20

【0013】

周波数変換部13a ~ 13nは、アンプ12a ~ 12nで増幅された信号をベースバンドの信号に変換する。

【0014】

A/D変換部14a ~ 14nは、周波数変換部13a ~ 13nから入力される信号をA/D変換してデジタル受信信号を出力する。

【0015】

演算部15は、各A/D変換部14a ~ 14nから入力されるデジタル受信信号から、周知のMUSIC (Multiple Signal Classification) 法や独立成分分析(ICA: Independent Component Analysis)の手法などを用いて、送信源からの電波の到来方位および仰角を算出するようになっており、方位算出手段を構成している。

30

【0016】

衛星観測部2は、衛星信号受信アンテナ21と、衛星信号受信部22とを備える。衛星信号受信部22は、GPS (Global Positioning System) 衛星、Galileo衛星、準天頂衛星などの航法衛星から送信される複数周波数の衛星信号を、衛星信号受信アンテナ21を介して受信し、この衛星信号をネットワーク7を介して電離層密度推定部4へ供給する。

【0017】

インターネットデータ処理部3は、GEONET収集データ処理部31と、中継部32とを備える。

40

【0018】

GEONET収集データ処理部31は、一般に公開されているGPS観測データを、国土地理院が管理するGPS受信観測網(GEONET)や、国際的にGPS観測データを公開しているIGS (International GPS Service for Geodynamics) などからインターネット8を介して取得する。

【0019】

中継部32は、スイッチングハブあるいはルータにより構成され、GEONET収集データ処理部31で取得した各種データを、ネットワーク7を介して電離層密度推定部4へ出力する。

50

【 0 0 2 0 】

なお、インターネットデータ処理部 3 は、外部とのつながりがあるため、G E O N E T 収集データ処理部 3 1 および中継部 3 2 は、ファイアオール機能を有するものとする。

【 0 0 2 1 】

電離層密度推定部 4 は、衛星信号受信部 2 2 から供給される複数周波数の衛星信号から、航法衛星の位置を算出するとともに、各周波数の伝搬遅延量の違いを用いて、衛星信号の通過経路に存在する総電子数 (T E C : Total Electron Content) を算出し、この算出した T E C を用いて電離層電子密度分布モデルを補正し、この補正した電離層電子密度分布モデルを用いて 3 次元的な電離層電子密度分布を算出する。

【 0 0 2 2 】

伝播経路推定部 5 は、演算部 1 5 で算出した到来方位および仰角と、電離層密度推定部 4 で複数の観測時刻において観測された衛星信号から算出した電離層電子密度分布とを用い、レイトレーシング手法により、観測時刻ごとに、電波が地球磁場の影響で電離層において正常波と異常波との 2 つに分離し、かつマルチホップ伝播するとした場合に推定される複数の伝播経路である推定伝播経路を算出するとともに、電波の送信源位置の候補となる複数の送信源候補位置を算出するようになっており、送信源候補位置算出手段を構成している。

【 0 0 2 3 】

また、伝播経路推定部 5 は、複数の送信源候補位置から、後述する手順により、真の送信源位置を推定するようになっており、送信源位置算出手段を構成している。

【 0 0 2 4 】

データサーバ部 6 は、上記各部で得られた各種演算結果や各種データを、ネットワーク 7 を介して受け取り、これらを記憶する。

【 0 0 2 5 】

次に、上記のように構成された本実施の形態に係るアレイアンテナ装置の動作について説明する。

【 0 0 2 6 】

アンテナ 1 1 a ~ 1 1 n は、送信源 (図示せず) から発信され、電離層を通過して到来する例えば H F 帯の電波を受信して受信信号を出力する。アンプ 1 2 a ~ 1 2 n は、それぞれアンテナ 1 1 a ~ 1 1 n から入力される信号を増幅し、周波数変換部 1 3 a ~ 1 3 n は、アンプ 1 2 a ~ 1 2 n で増幅された信号をベースバンドの信号に変換する。A / D 変換部 1 4 a ~ 1 4 n は、周波数変換部 1 3 a ~ 1 3 n から入力される信号を A / D 変換してデジタル受信信号を演算部 1 5 に出力する。

【 0 0 2 7 】

そして、演算部 1 5 は、A / D 変換部 1 4 a ~ 1 4 n から入力されるデジタル受信信号から、M U S I C 法や独立成分分析の手法などを用いて、送信源からの電波の到来方位および仰角を算出する。

【 0 0 2 8 】

一方、衛星観測部 2 の衛星信号受信部 2 2 は、航法衛星から送信される複数周波数の衛星信号を、衛星信号受信アンテナ 2 1 を介して受信し、受信した衛星信号をネットワーク 7 を介して電離層密度推定部 4 へ供給する。

【 0 0 2 9 】

電離層密度推定部 4 は、衛星信号受信部 2 2 から供給される複数周波数の衛星信号から、衛星信号の通過経路の T E C を算出し、この算出した T E C を用いて電離層電子密度分布モデルを補正し、この補正した電離層電子密度分布モデルを用いて 3 次元的な電離層電子密度分布を算出する。

【 0 0 3 0 】

ここで、電離層電子密度分布モデルを補正する手順について説明する。ここでは、衛星信号として G P S の L 1 , L 2 信号を用いる場合について説明する。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

以下の(数式1)により衛星測位における擬似距離(コード距離、シュードレンジ)が算出され、(数式2)により位相距離(フェーズ距離)が算出される。なお、(数式1)、(数式2)における添え字中の“L1 or L2”はL1, L2のいずれかを示す。

【数1】

$$\rho_{L1orL2} = r + c[\delta t_u - \delta t^S] + I_{L1orL2} + T + \varepsilon_{L1orL2} \quad (\text{数式1})$$

$$\phi_{L1orL2} = \frac{1}{\lambda_{L1orL2}} \left(r + c[\delta t_u - \delta t^S] - I_{L1orL2} + T \right) + N_{amb} + \varepsilon_{L1orL2} \quad (\text{数式2})$$

10

【0032】

2つの周波数の観測値を引いた結果とTECとの関係は、以下の(数式3)、(数式4)のように示される。

【数2】

$$\rho_{L2} - \rho_{L1} = (I_{L2} - I_{L1}) + c[\Delta t_{u,bias} - \Delta t^{S,bias}] + \varepsilon = 40.3 \cdot TEC \left(\frac{1}{f_{L2}^2} - \frac{1}{f_{L1}^2} \right) + \Delta_{bias} + \varepsilon \quad (\text{数式3})$$

$$(\lambda_{L2}\phi_{L2} - \lambda_{L1}\phi_{L1}) = -40.3 \left(\frac{1}{f_{L2}^2} - \frac{1}{f_{L1}^2} \right) \cdot TEC + \Delta_{bias} + \lambda_{L2}\Delta N_{L2,amb} - \lambda_{L1}\Delta N_{L1,amb} + \varepsilon \quad (\text{数式4})$$

20

【0033】

ここで、 ρ は擬似距離、 ϕ は位相距離、 r は真の距離、 c は光速、 f は衛星信号の周波数、 λ は衛星信号の波長、 t_u は衛星観測部2の時刻誤差、 t^S は航法衛星の時刻誤差、 I は電離層伝搬遅延量、 T は対流圏伝搬遅延量、 N_{amb} は整数不確定値、 ε は観測誤差である。

【0034】

上記(数式3)より、TECは次の(数式5)のように求められる。

【数3】

$$TEC \approx \frac{1}{40.3 \left(\frac{1}{f_{L2}^2} - \frac{1}{f_{L1}^2} \right)} (\rho_{L2} - \rho_{L1}) + \varepsilon \quad (\text{数式5})$$

30

【0035】

この(数式5)のままでは誤差 ε が大きいため、位相を使ったスムージング方法や、特願2008-26439に記載された方法により誤差 ε を小さくする。スムージングによる方法として、以下の(数式6)が得られる。

【数4】

$$\begin{aligned} \langle TEC \rangle_m \approx & \left(1 - \frac{1}{K} \right) \left[\langle TEC \rangle_{m-1} - \frac{1}{40.3 \left(\frac{1}{f_{L2}^2} - \frac{1}{f_{L1}^2} \right)} \left(\lambda_{L2}(\phi_{L2,m} - \phi_{L2,m-1}) - \lambda_{L1}(\phi_{L1,m} - \phi_{L1,m-1}) \right) \right] \\ & + \frac{1}{40.3K \left(\frac{1}{f_{L2}^2} - \frac{1}{f_{L1}^2} \right)} (\rho_{L2,m} - \rho_{L1,m}) \quad (\text{数式6}) \end{aligned}$$

40

【0036】

50

ここで、 m はデータ収集の時刻順につけた番号、 K はスムージングの定数であり、適宜変更していく。 K はサンプリング時間間隔にも依存し、時定数を 180 秒程度に取る。したがって、 $K = 180 / dt$ (dt : サンプリング時間間隔) となる。

【0037】

一方、TEC についての考えから、以下の(数式7)のように、通過経路の電子密度を積分することにより、TEC を求めることができる。

【数5】

$$\int_{M_g}^R f(P(s); \alpha, \beta, \dots) ds_g = TEC_g^{model} \quad (\text{数式7})$$

10

【0038】

ここで、関数 f を IRI モデルなどの電離層電子密度分布モデル関数とし、モデル値を決めるパラメータを、 s, \dots 等とする。 $P(s)$ は、位置を示すパラメータで、その他は、電子密度の分布形状を決めるものである。また、 g は衛星を識別するための識別子であり、(数式7)は、衛星 M_g から受信観測点 R までに渡って電離層電子密度分布モデル関数 f を経路に沿って積分した結果を示す。

【0039】

なお、電離層電子密度分布モデルでモデル値を決める太陽黒点数などのパラメータは、インターネットで公開されているので、それをインターネットデータ処理部3を介して取得する。

20

【0040】

そして、衛星観測により算出した(数式6)の観測 TEC と、電離層電子密度分布モデルより算出した(数式7)のモデル TEC とを比較し、両者の誤差が最小になるようにパラメータ α, β, \dots を補正し、この補正したパラメータを用いることにより、電離層電子密度分布モデルを補正する。

【0041】

観測 TEC とモデル TEC との誤差が最小になるようにパラメータを補正する方法は、特に限定されるものではないが、例えば、各パラメータを乱数で変化させ、最も誤差が小さくなるパラメータを使用するなどの方法がある。

【0042】

なお、上述の観測 TEC を求める際、インターネットで公開されている衛星信号の観測データがあれば、インターネットデータ処理部3でその観測データを取得し、この観測データを使用して観測 TEC を求めるようにしてもよい。

30

【0043】

上記のように補正した電離層電子密度分布モデルを用いて、電離層密度推定部4は、3次元的な電離層電子密度分布を準リアルタイムで算出する。

【0044】

次いで、伝播経路推定部5は、演算部15で算出した到来方位および仰角と、電離層密度推定部4で算出した電離層電子密度分布とを用い、レイレーシング手法により、アレアンテナ11で受信した電波の伝播経路、および電波の送信源位置の候補となる送信源候補位置を算出する。

40

【0045】

この際、前述のように、電離層を介して伝播する電波においては、マルチホップ伝播や、地球磁場の影響で電離層において1つの電波が正常波と異常波との2つに分離して伝播する現象が生じるため、これらを考慮した複数の伝播経路を推定伝播経路として算出する。

【0046】

図2は、ある観測時刻において算出する推定伝播経路および送信源候補位置のパターンを示す図である。

【0047】

50

図2において、Oモード、Xモードは、それぞれ正常波伝播モード、異常波伝播モードで経路を計算することを示している。P₀は受信位置、すなわちアレイアンテナ11の設置位置を示し、P_{i j}は送信源候補位置の識別子を示している。この添え字中のiはホップの回数、jはホップごとの送信源候補位置の通し番号を示している。

【0048】

伝播経路推定部5は、まず、受信位置P₀から、受信した電波がOモードである場合の経路と、Xモードである場合の経路とを算出し、それぞれの経路が地表に到達した地点を、送信源候補位置P_{1 1}、P_{1 2}とする。そして、P_{1 1}、P_{1 2}で電波が反射するものとして、P_{1 1}、P_{1 2}からそれぞれOモード、Xモードで伝播経路を算出する。以降、同様の計算を繰り返すことにより、送信源候補位置としてP_{2 1}～P_{2 4}、P_{3 1}～P_{3 8}、…を算出する。

10

【0049】

送信源候補位置は、1ホップごとに2ⁿ個（nはホップ数）だけ増える。実際の電波伝播では、伝播するごとに信号強度が減衰していくため、数ホップ程度を考えれば十分である。例えば4ホップまでを考えると、図2に示すように、送信源候補位置は、P_{1 1}、P_{1 2}、P_{2 1}～P_{2 4}、P_{3 1}～P_{3 8}、P_{4 1}～P_{4 16}の30個となる。

【0050】

このように、マルチホップ伝播および地球磁場の影響を考慮すると、ある観測時刻において、図2に示す例では、P₀からP_{4 1}～P_{4 16}のそれぞれに至る16本の推定伝搬経路と、30個の送信源候補位置P_{1 1}、P_{1 2}、P_{2 1}～P_{2 4}、P_{3 1}～P_{3 8}、P_{4 1}～P_{4 16}とが算出される。

20

【0051】

これらの送信源候補位置の中から、真の送信源位置を見つけ出すために、本実施の形態では、複数の観測時刻においてそれぞれ算出した複数の送信源候補位置を用いる。

【0052】

伝播経路推定部5は、複数の観測時刻のそれぞれについて、衛星観測部2で観測した衛星信号を用いて電離層密度推定部4で算出された電離層電子密度分布を用いて、上述の手順により、4ホップの場合であれば16本の推定伝搬経路と、30個の送信源候補位置P_{1 1}、P_{1 2}、P_{2 1}～P_{2 4}、P_{3 1}～P_{3 8}、P_{4 1}～P_{4 16}とを算出する。

【0053】

そして、伝播経路推定部5は、各送信源候補位置について、以下の(数式8)により複数の観測時刻間の平均P_{i j}^Mを算出し、(数式9)により分散σ_{i j}を算出する。

30

【数6】

$$P_{ij}^M = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N P_{ij}^u \quad (\text{数式 8})$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N [P_{ij}^u - P_{ij}^M]^2 \quad (\text{数式 9})$$

【0054】

ここで、添え字uは、送信源候補位置P_{i j}を算出する際に、電離層電子密度分布を算出するために衛星信号を観測した観測時刻の識別子、Nは観測時刻の数を示す。

40

【0055】

地球磁場の影響や、時間経過による電離層電子密度分布の変化により、電波の伝搬経路の方位は常に変化する。このため、真の送信源位置以外の送信源候補位置は、時刻によってその位置が大きく変化していく。

【0056】

したがって、真の送信源位置においては、(数式9)で求められる分散σ_{i j}が、他の送信源候補位置よりも小さくなっているはずであり、伝播経路推定部5は、分散σ_{i j}が最小となる送信源候補位置P_{i j}を求め、これを真の送信源位置とする。

50

【 0 0 5 7 】

以上説明したように本実施の形態によれば、複数の観測時刻ごとにマルチホップ伝播や地球磁場の影響を考慮して算出した複数の送信源候補位置のそれぞれについて、複数の観測時刻間の分散 σ_{ij} を算出し、複数の送信源候補位置のうち分散 σ_{ij} が最小となる送信源候補位置を真の送信源位置として算出するので、マルチホップ伝播や地球磁場の影響がある場合でも、電離層を通過して到来した電波の送信源の位置を推定することができる。

【 0 0 5 8 】

なお、本発明は上記実施の形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施の形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施の形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 9 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態に係るアレイアンテナ装置の構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 推定伝播経路および送信源候補位置のパターンを示す図である。

【 符号の説明 】

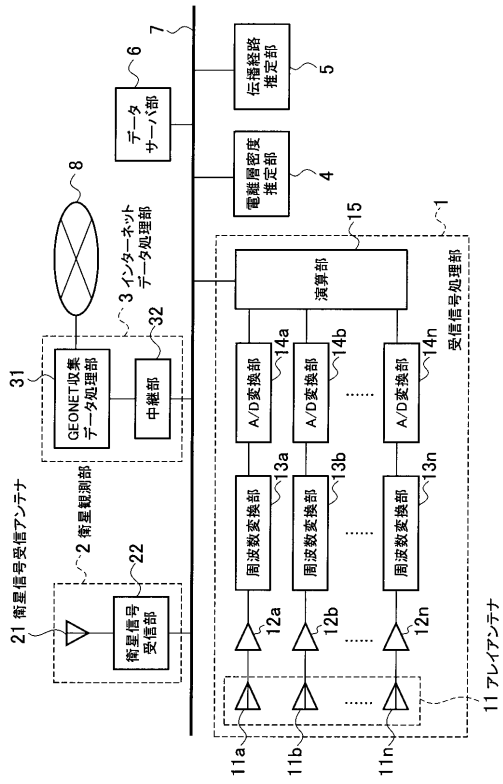
【 0 0 6 0 】

- 1 受信信号処理部
- 2 衛星観測部
- 3 インターネットデータ処理部
- 4 電離層密度推定部
- 5 伝播経路推定部
- 6 データサーバ部
- 7 ネットワーク
- 8 インターネット
- 11 アレイアンテナ
- 11 a , 11 b , ... , 11 n アンテナ
- 12 a , 12 b , ... , 12 n アンプ
- 13 a , 13 b , ... , 13 n 周波数変換部
- 14 a , 14 b , ... , 14 n A / D 変換部
- 15 演算部
- 21 衛星信号受信アンテナ
- 22 衛星信号受信部
- 31 G E O N E T 収集データ処理部
- 32 中継部

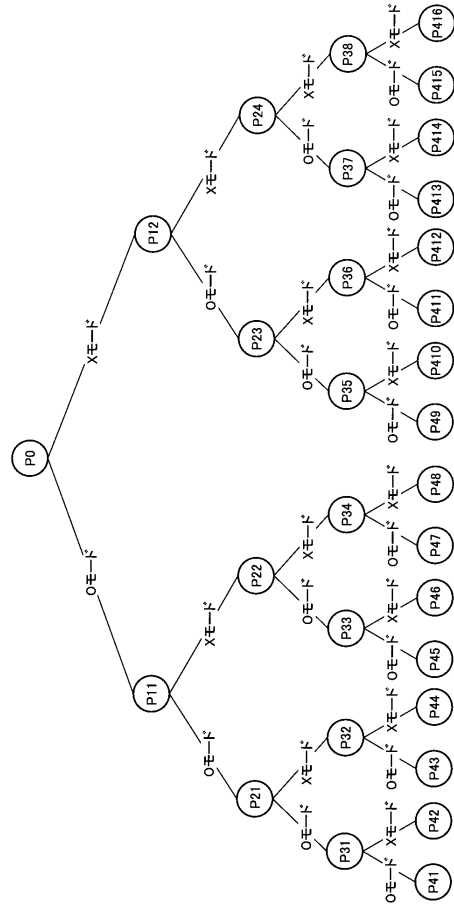
20

30

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 須賀 秀一

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5J062 AA09 AA11 CC07 CC14 DD03 DD23 EE02 FF01 GG02