

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7510102号
(P7510102)

(45)発行日 令和6年7月3日(2024.7.3)

(24)登録日 令和6年6月25日(2024.6.25)

(51)国際特許分類

F I

H O 4 N 21/24 (2011.01)

H O 4 N 21/238 (2011.01)

H O 4 N 21/6373(2011.01)

H O 4 N 21/643 (2011.01)

H O 4 N 21/24

H O 4 N 21/238

H O 4 N 21/6373

H O 4 N 21/643

請求項の数 9 (全27頁)

(21)出願番号	特願2023-549294(P2023-549294)	(73)特許権者	000005223
(86)(22)出願日	令和3年9月27日(2021.9.27)		富士通株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/035376		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(87)国際公開番号	WO2023/047578	(74)代理人	110002918
(87)国際公開日	令和5年3月30日(2023.3.30)		弁理士法人扶桑国際特許事務所
審査請求日	令和5年11月27日(2023.11.27)	(72)発明者	久保 徳郎
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72)発明者	和田 章宏
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72)発明者	菊月 達也
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像伝送制御装置、方法およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線伝送路から信号を受信したときの受信信号強度と、前記無線伝送路におけるデータ伝送の可用帯域との対応関係を示す関係情報を記憶する記憶部と、制御部とを有し、前記制御部は、

画像データを送信する画像送信装置との間で、前記無線伝送路を含む通信経路を介して通信しているときの前記受信信号強度の測定値を取得し、

前記測定値と前記関係情報とに基づいて前記無線伝送路での第1の可用帯域を推定し、前記第1の可用帯域に基づいて、前記画像送信装置における画像データの伝送レートを調整するための制御情報を生成して前記画像送信装置に送信し、

前記制御情報が反映された画像データを前記画像送信装置から受信すると、受信した画像データに基づいて前記無線伝送路での第2の可用帯域を測定し、

前記第1の可用帯域と前記第2の可用帯域との比較結果に基づいて前記関係情報における前記対応関係を最適化する、

画像伝送制御装置。

【請求項2】

前記対応関係の最適化では、

前記第1の可用帯域が前記第2の可用帯域より大きい場合には、前記関係情報において前記測定値に対応付けられた可用帯域の値を減少させ、

前記第1の可用帯域が前記第2の可用帯域より小さい場合、および、前記第1の可用帯

域が前記第 2 の可用帯域と等しい場合には、前記関係情報において前記測定値に対応付けられた可用帯域の値を増加させる、

請求項 1 記載の画像伝送制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 の可用帯域は、前記関係情報において前記測定値に対応付けられた可用帯域である、

請求項 1 または 2 記載の画像伝送制御装置。

【請求項 4】

前記第 1 の可用帯域の推定では、

前記測定値と、前記測定値の取得前に測定された前記受信信号強度についての 1 以上の他の測定値とに基づいて、前記測定値の取得時刻から所定時間後における前記受信信号強度の第 1 の予測値を算出し、

前記関係情報において前記第 1 の予測値に対応付けられた可用帯域を前記第 1 の可用帯域として出力する、

請求項 1 または 2 記載の画像伝送制御装置。

【請求項 5】

前記第 2 の可用帯域は、前記第 1 の可用帯域の推定から所定の遅延時間が経過した後に前記画像送信装置から受信した画像データに基づいて測定され、

前記所定時間の長さは、前記遅延時間以上である、

請求項 4 記載の画像伝送制御装置。

【請求項 6】

前記受信信号強度は、一定時間間隔の測定タイミングごとに測定され、

前記第 1 の予測値は、直近の第 1 の測定タイミングで測定された前記測定値と、前記第 1 の測定タイミングより前の第 2 の測定タイミングで測定された前記受信信号強度の第 1 の他の測定値と、前記第 1 の測定タイミングより後の第 3 の測定タイミングで測定される前記受信信号強度の第 2 の予測値とに基づいて算出され、

前記第 2 の予測値は、第 4 の測定タイミングで測定される前記受信信号強度と、前記第 4 の測定タイミングより前の第 5 の測定タイミングで測定される前記受信信号強度との組み合わせと、前記第 4 の測定タイミングより後の第 6 の測定タイミングで測定される前記受信信号強度との対応関係を示す他の関係情報に基づいて算出される、

請求項 4 または 5 記載の画像伝送制御装置。

【請求項 7】

前記制御部は、さらに、

前記測定値と、前記第 1 の他の測定値と、前記第 2 の測定タイミングより前の第 3 の測定タイミングで測定された前記受信信号強度の第 2 の他の測定値とに基づいて、前記他の関係情報を最適化する、

請求項 6 記載の画像伝送制御装置。

【請求項 8】

コンピュータが、

画像データを送信する画像送信装置との間で、無線伝送路を含む通信経路を介して通信している状態において、前記無線伝送路からの受信信号強度の測定値を取得し、

前記受信信号強度と、前記無線伝送路におけるデータ伝送の可用帯域との対応関係を示す関係情報を参照して、前記測定値と前記関係情報とに基づいて前記無線伝送路での第 1 の可用帯域を推定し、

前記第 1 の可用帯域に基づいて、前記画像送信装置における画像データの伝送レートを調整するための制御情報を生成して前記画像送信装置に送信し、

前記制御情報が反映された画像データを前記画像送信装置から受信すると、受信した画像データに基づいて前記無線伝送路での第 2 の可用帯域を測定し、

前記第 1 の可用帯域と前記第 2 の可用帯域との比較結果に基づいて前記関係情報における前記対応関係を最適化する、

10

20

30

40

50

画像伝送制御方法。

【請求項 9】

コンピュータに、

画像データを送信する画像送信装置との間で、無線伝送路を含む通信経路を介して通信している状態において、前記無線伝送路からの受信信号強度の測定値を取得し、

前記受信信号強度と、前記無線伝送路におけるデータ伝送の可用帯域との対応関係を示す関係情報を参照して、前記測定値と前記関係情報とに基づいて前記無線伝送路での第 1 の可用帯域を推定し、

前記第 1 の可用帯域に基づいて、前記画像送信装置における画像データの伝送レートを調整するための制御情報を生成して前記画像送信装置に送信し、

前記制御情報が反映された画像データを前記画像送信装置から受信すると、受信した画像データに基づいて前記無線伝送路での第 2 の可用帯域を測定し、

前記第 1 の可用帯域と前記第 2 の可用帯域との比較結果に基づいて前記関係情報における前記対応関係を最適化する、

処理を実行させる画像伝送制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像伝送制御装置、方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、無線通信の高速化が進んでいる。例えば、無線 LAN (Local Area Network) としては、最大通信速度が 9.6 Gbps である Wi-Fi 6 の普及が進んでいる。また、移動体通信システムとしては、最大通信速度が 2 Gbps 以上である 5G (5G: 5th Generation) のサービスが開始されている。

【0003】

そして、このような高速な無線通信を活用したソリューションの例として、高精細なカメラ画像をリアルタイムで利用した映像ソリューションが考えられている。例えば、工場の作業現場を撮影した画像を無線送信することで作業状況を遠隔監視するソリューションや、重機に搭載されたカメラによる画像を遠隔地で視認しながら重機を遠隔操作するソリューションなどが考えられている。

【0004】

また、画像の伝送制御に関しては、例えば次のような映像配信システムが提案されている。この映像配信システムにおいて、映像制御装置は、ネットワークの所定時間後の可用帯域を推定し、推定された可用帯域に基づいて必要となる目標バッファデータ量を決定し、決定された目標バッファデータ量と再生バッファに蓄積されたデータ量とを用いて映像データのエンコードパラメータを決定し、サーバ装置に送信する。

【0005】

また、次のような画像符号化伝送レートの制御方式も提案されている。この制御方式において、符号化装置は、フレーム符号化情報量を適応フィルタの入力として与え、適応フィルタの入出力の誤差が最小となるように、適応フィルタのタップ係数をフレーム周期ごとに更新し、適応フィルタの出力に応じて符号化パラメータを決定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2017-69849 号公報

【文献】特開平 4-357787 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上記のW i - F i 6や5 Gのような高速な無線伝送システムでは、高い無線周波数が利用されることから、無線通信品質が障害物の影響を受けやすい。このため、このような無線伝送システムを用いて画像を伝送する場合、無線環境の変化によって画像の伝送品質が変化しやすい。例えば、無線環境が悪化し、伝送可能な帯域（可用帯域）が低下すると、画像データが消失し、受信側で画像を正しく再生できなくなる場合がある。

【0008】

そこで、可用帯域を推定し、推定された可用帯域に応じて、送信側における画像伝送レートを制御する方法が考えられる。しかし、この方法では、可用帯域をどのように推定するかという点に課題がある。

【0009】

例えば、受信した画像データのデータ量に基づいて可用帯域を推定する方法が考えられる。しかし、画像データのデータ量はフレームごとに変更するので、可用帯域を正確に推定するためには一定時間に受信した画像データを用いる必要がある。このため、可用帯域が実際に変化してから、可用帯域の推定値によってその変化が検出されるまでに遅延が発生する。その結果、伝送レート制御のリアルタイム性が低いという問題がある。

【0010】

1つの側面では、本発明は、画像伝送レート制御のリアルタイム性を高めた画像伝送制御装置、方法およびプログラム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】

【0011】

1つの案では、次のような記憶部と制御部を有する画像伝送制御装置が提供される。この画像伝送制御装置において、記憶部は、無線伝送路から信号を受信したときの受信信号強度と、無線伝送路におけるデータ伝送の可用帯域との対応関係を示す関係情報を記憶する。制御部は、画像データを送信する画像送信装置との間で、無線伝送路を含む通信経路を介して通信しているときの受信信号強度の測定値を取得し、測定値と関係情報とに基づいて無線伝送路での第1の可用帯域を推定し、第1の可用帯域に基づいて、画像送信装置における画像データの伝送レートを調整するための制御情報を生成して画像送信装置に送信し、制御情報が反映された画像データを画像送信装置から受信すると、受信した画像データに基づいて無線伝送路での第2の可用帯域を測定し、第1の可用帯域と第2の可用帯域との比較結果に基づいて関係情報における対応関係を最適化する。

【0012】

また、1つの案では、上記の画像伝送制御装置と同様の処理をコンピュータが実行する画像伝送制御方法が提供される。

さらに、1つの案では、上記の画像伝送制御装置と同様の処理をコンピュータに実行させる画像伝送制御プログラムが提供される。

【発明の効果】

【0013】

1つの側面では、画像伝送レート制御のリアルタイム性を高めることができる。

本発明の上記および他の目的、特徴および利点は本発明の例として好ましい実施の形態を表す添付の図面と関連した以下の説明により明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1の実施の形態に係る画像伝送システムの構成例および処理例を示す図である。

【図2】第2の実施の形態に係る画像伝送システムの構成例を示す図である。

【図3】サーバのハードウェア構成例を示す図である。

【図4】画像伝送システムの各装置が備える処理機能の構成例を示す図である。

【図5】変換テーブルを説明するための図である。

【図6】画像品質制御部の内部構成例を示す図である。

【図7】画像伝送レートの制御処理の流れを示すシーケンス図の例である。

【図8】RSSI値の取得や可用帯域の測定のタイミングを示すタイムチャートの例であ

10

20

30

40

50

る。

【図 9】 適応制御部の処理手順を示すフローチャートの例である。

【図 10】 適応制御部の内部構成例を示す図である。

【図 11】 遅延時間の自動測定機能の構成例を示す図である。

【図 12】 前処理時における遅延時間の自動測定処理例を示すタイムチャートである。

【図 13】 第 3 の実施の形態のサーバに含まれる画像品質制御部の内部構成例を示す図である。

【図 14】 R S S I 値の予測対象とする測定時刻について説明するための図である。

【図 15】 R S S I 値が予測される目標時刻の設定例を説明するためのタイムチャートの例である。

【図 16】 R S S I 予測部の内部構成例を示す図である。

【図 17】 R S S I 予測処理部の内部構成例を示す図である。

【図 18】 予測テーブル生成部の適応制御部の内部構成例を示す図である。

【図 19】 予測テーブルのデータサイズを削減するための構成例について示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

〔第 1 の実施の形態〕

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る画像伝送システムの構成例および処理例を示す図である。図 1 に示す画像伝送システムは、画像送信装置 1、無線通信装置 2、3 および画像伝送制御装置 4 を含む。

【0016】

画像送信装置 1 は、画像データを画像伝送制御装置 4 に対して送信する。例えば、画像送信装置 1 は、図示しないカメラによって撮影された動画像の各フレームの画像データを、画像伝送制御装置 4 に送信する。

【0017】

無線通信装置 2、3 は、画像送信装置 1 と画像伝送制御装置 4 との間の通信経路上に設置されている。無線通信装置 2 と無線通信装置 3 との間では、無線通信が行われる。したがって、画像送信装置 1 から画像伝送制御装置 4 に対して画像データが送信される際、無線通信装置 2 から無線通信装置 3 に対して画像データは無線通信によって送信される。

【0018】

画像伝送制御装置 4 は、画像送信装置 1 から受信した画像データを用いて、アプリケーションなどによる所定の処理を実行する。また、画像伝送制御装置 4 は、無線通信装置 2 から無線通信装置 3 への無線伝送路における無線環境の変化に応じて、画像送信装置 1 における画像データの伝送レート（送信速度）を制御する。

【0019】

この画像伝送制御装置 4 は、記憶部 11 と制御部 12 を有する。なお、記憶部 11 は、例えば、画像伝送制御装置 4 が備える図示しない記憶装置の記憶領域である。また、制御部 12 は、例えば、画像伝送制御装置 4 が備えるプロセッサである。

【0020】

記憶部 11 には、関係情報 21 が記憶されている。関係情報 21 は、無線通信装置 3 が無線伝送路から信号を受信したときの受信信号強度（R S S I：Received Signal Strength Indicator）の値と、この無線伝送路の可用帯域との対応関係を示す情報である。例えば、関係情報 21 は、入力された R S S I 値を可用帯域の値に変換する変換テーブルである。

【0021】

制御部 12 は、画像送信装置 1 と通信しているときの R S S I の測定値（R S S I 測定値）を、無線通信装置 3 から取得する（ステップ S1）。制御部 12 は、取得した R S S I 測定値と、記憶部 11 内の関係情報 21 とに基づいて、無線通信装置 2 から無線通信装置 3 に対する無線伝送路での可用帯域を推定する（ステップ S2）。制御部 12 は、可用

10

20

30

40

50

帯域の推定値に基づいて、画像送信装置 1 における画像データの伝送レートを制御するための制御情報を生成し、画像送信装置 1 に送信する（ステップ S 3）。これにより、推定された可用帯域を超えないように画像データの伝送レートが制御される。

【0022】

画像送信装置 1 は、画像データの送信処理に対して、画像伝送制御装置 4 からの制御情報を適用し、制御情報が反映された画像データを送信する。例えば、制御情報は、画像送信装置 1 でのエンコード処理における画像品質の設定値を調整する情報である。この場合、画像送信装置 1 は、制御情報に基づいて画像品質の設定値を調整し、調整後に画像データをエンコードする。これにより、制御情報が反映された画像データが生成される。また、画像品質の設定変更により、エンコードされた画像データのデータ量が増加し、その結果、画像データの伝送レートが変化することになる。

10

【0023】

制御情報が反映された画像データは、無線通信装置 2、3 を介して画像伝送制御装置 4 に送信される。画像伝送制御装置 4 において、制御部 12 は、受信したこの画像データに基づいて、無線通信装置 2 から無線通信装置 3 に対する無線伝送路での可用帯域を推定する（ステップ S 4）。

【0024】

制御部 12 は、ステップ S 4 で推定された可用帯域と、ステップ S 2 で推定された可用帯域とを比較し、その比較結果に基づいて、関係情報 21 における RSSI 値と可用帯域との対応関係を最適化する（ステップ S 5）。例えば、制御部 12 は、ステップ S 2 での推定値がステップ S 4 での推定値以下の場合、関係情報 21 においてステップ S 1 で取得した RSSI 測定値に対応付けられた可用帯域を増加させる。また、制御部 12 は、ステップ S 2 での推定値がステップ S 4 での推定値より大きい場合、関係情報 21 においてステップ S 1 で取得した RSSI 値に対応付けられた可用帯域を減少させる。

20

【0025】

以上の処理では、制御部 12 は、関係情報 21 を用いて RSSI 測定値から推定した可用帯域に基づいて、伝送レート制御のための制御情報を画像送信装置 1 に送信する。これにより、受信した画像データのデータ量を基に可用帯域を推定する場合と比較して、可用帯域を短時間で推定し、その推定結果に基づく制御情報を短時間送信できる。このため、画像伝送レート制御のリアルタイム性を高めることができる。

30

【0026】

また、関係情報 21 における RSSI 値と可用帯域との対応関係は、受信した画像データのデータ量に基づいて推定された可用帯域によって最適化される。これにより、関係情報 21 を用いて RSSI 測定値から可用帯域を推定する推定精度を高めることができ、その結果として、画像伝送レート制御の精度を高めることができる。ここでいう画像伝送レート制御の精度向上とは、無線伝送路における帯域の利用効率が向上し、かつ、受信した画像データに基づいて画像を正確に再生できることを示す。特に、上記の処理が繰り返し実行されて関係情報 21 の最適化が進むことにより、関係情報 21 を用いた可用帯域の推定精度が向上していき、その結果、画像伝送レート制御の精度も向上していく。

【0027】

したがって、画像伝送制御装置 4 によれば、無線環境の変化に対するリアルタイム性（追従性）が高く、かつ、精度の高い画像伝送レート制御を実行できる。

40

また、RSSI 値は、機種やメーカを問わず、ほとんどの無線通信装置から一般的に取得可能な情報である。このため、RSSI 値と受信した画像データとを用いることで、汎用性を高めることが可能である。

【0028】

さらに、センサ等、可用帯域を測定するためのハードウェアを別途用意する必要がないので、装置コストを低減できる。

〔第 2 の実施の形態〕

図 2 は、第 2 の実施の形態に係る画像伝送システムの構成例を示す図である。図 2 に示

50

す画像伝送システムは、画像送信装置１００とサーバ２００を含む。

【００２９】

画像送信装置１００には、カメラ１０１が接続されている。画像送信装置１００は、カメラ１０１によって撮影された動画像の画像データをエンコード（圧縮符号化）し、エンコードされた画像データをサーバ２００に送信する。画像送信装置１００は、例えば、パーソナルコンピュータなどの端末装置である。この場合、カメラ１０１は、画像送信装置１００に内蔵されていてもよい。また、画像送信装置１００は、例えば、エッジコンピューティングシステムにおけるエッジコンピュータであってもよい。

【００３０】

サーバ２００は、画像送信装置１００から送信された画像データを受信してデコード（伸張復号化）するサーバコンピュータである。サーバ２００は、例えば、デコードされた画像データを用いて処理するアプリケーションを備える。例えば、サーバ２００は、生産ライン監視アプリケーションを備え、生産ラインが撮影された動画像を取得して、その画像から異常発生などのイベントを検知する。あるいは、サーバ２００は、各種の作業車の遠隔操作アプリケーションを備え、作業現場が撮影された動画像を取得して表示し、表示された画像を視認する操作者の入力操作に応じて、作業車を遠隔操作するための制御情報を画像送信装置１００に送信する。このような遠隔操作アプリケーションが用いられる場合、カメラ１０１および画像送信装置１００は作業車に搭載されて、移動可能になっていてもよい。

【００３１】

また、画像送信装置１００とサーバ２００との間の通信経路には、無線通信機３１０と無線基地局３２０が存在している。そして、無線通信機３１０と無線基地局３２０との間で無線通信が行われる。本実施の形態では、この無線通信として、ＬＴＥ（Long Term Evolution）－Advanced、５Ｇ、Ｗｉ－Ｆｉ ６などの高速な無線通信規格が用いられる。例えば、無線通信機３１０と無線基地局３２０は、ローカル５Ｇネットワークに含まれる機器であってもよい。

【００３２】

なお、画像送信装置１００は、図１の画像送信装置１の一例であり、サーバ２００は、図１の画像伝送制御装置４の一例である。また、無線通信機３１０は、図１の無線通信装置２の一例であり、無線基地局３２０は、図１の無線通信装置３の一例である。

【００３３】

また、本実施の形態では例として、無線基地局３２０が無線親機として動作し、無線通信機３１０が無線子機として動作する。また、無線通信機３１０は、画像送信装置１００に内蔵されていてもよい。

【００３４】

図３は、サーバのハードウェア構成例を示す図である。サーバ２００は、例えば、図３に示すようなコンピュータとして実現される。図３に示すサーバ２００は、プロセッサ２０１、ＲＡＭ（Random Access Memory）２０２、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）２０３、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）２０４、入力インタフェース（Ｉ／Ｆ）２０５、読み取り装置２０６および通信インタフェース（Ｉ／Ｆ）２０７を有する。

【００３５】

プロセッサ２０１は、サーバ２００全体を統括的に制御する。プロセッサ２０１は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＭＰＵ（Micro Processing Unit）、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）またはＰＬＤ（Programmable Logic Device）である。また、プロセッサ２０１は、ＣＰＵ、ＭＰＵ、ＤＳＰ、ＡＳＩＣ、ＰＬＤのうちの２以上の要素の組み合わせであってもよい。

【００３６】

ＲＡＭ２０２は、サーバ２００の主記憶装置として使用される。ＲＡＭ２０２には、プロセッサ２０１に実行させるＯＳ（Operating System）プログラムやアプリケーション

10

20

30

40

50

プログラムの少なくとも一部が一時的に格納される。また、RAM 202には、プロセッサ 201による処理に必要な各種データが格納される。

【0037】

HDD 203は、サーバ 200の補助記憶装置として使用される。HDD 203には、OSプログラム、アプリケーションプログラム、および各種データが格納される。なお、補助記憶装置としては、SSD (Solid State Drive) などの他の種類の不揮発性記憶装置を使用することもできる。

【0038】

GPU 204には、表示装置 204aが接続されている。GPU 204は、プロセッサ 201からの命令にしたがって、画像を表示装置 204aに表示させる。表示装置 204aとしては、例えば、液晶ディスプレイや有機EL (ElectroLuminescence) ディスプレイなどが使用される。

10

【0039】

入力インタフェース 205には、入力装置 205aが接続されている。入力インタフェース 205は、入力装置 205aから出力される信号をプロセッサ 201に送信する。入力装置 205aとしては、例えば、キーボードやポインティングデバイスなどが使用される。ポインティングデバイスとしては、例えば、マウス、タッチパネル、タブレット、タッチパッド、トラックボールなどが使用される。

【0040】

読み取り装置 206には、可搬型記録媒体 206aが脱着される。読み取り装置 206は、可搬型記録媒体 206aに記録されたデータを読み取ってプロセッサ 201に送信する。可搬型記録媒体 206aとしては、例えば、光ディスク、半導体メモリなどが使用される。

20

【0041】

通信インタフェース 207は、ネットワーク 207aを介して他の装置（例えば、無線基地局 320）との間でデータの送受信を行う。

以上のようなハードウェア構成によって、サーバ 200の処理機能を実現することができる。なお、画像送信装置 100についても、図3と同様の構成を有するコンピュータとして実現可能である。

【0042】

ところで、上記のように、無線通信機 310と無線基地局 320の間では高速な無線通信が行われる。このような無線通信では、高い無線周波数が利用されることから、無線通信時における通信品質が障害物の影響を受けやすい。すなわち、無線周波数が高くなるほど、電波の直進性が強くなり、アンテナ間が人や物によって遮蔽された場合に電波強度が減衰しやすい。このようにして電波強度が低下すると、データの可用帯域が低下してしまう。

30

【0043】

本実施の形態では、無線通信機 310から無線基地局 320に対して画像データが無線通信によって伝送され、最終的にサーバ 200に受信される。上記のような無線環境の悪化によってデータの伝送品質（通信速度など）が低下した場合、無線区間で画像データが消失し、サーバ 200で画像を正しくデコードできなくなる場合がある。また、データロストの発生により画像データの再送が頻繁に実行される可能性もあり、この場合には画像取得のリアルタイム性も失われてしまう。

40

【0044】

そこで、本実施の形態において、サーバ 200は、伝送路における可用帯域（通信速度）を推定し、可用帯域の推定値に応じて、画像送信装置 100の送信画像の画像品質を制御する。サーバ 200は、画像品質を変化させることで、画像の伝送レート（送信速度）を制御することができる。

【0045】

画像品質を変化させる方法としては、例えば、フレームレート（FPS: Frames Per

50

Second) を変化させる方法や、量子化パラメータ (Q P : Quantization Parameter) 値を変化させる方法が用いられる。実際の制御では、これらのうちの一方のみが用いられてもよいし、両方を組み合わせて用いられてもよい。なお、画像品質を変化させる他の方法としては、解像度を変化させる方法もある。

【0046】

一方、可用帯域の推定方法としては、例えば次の第1～第3の推定方法が考えられる。

第1の推定方法としては、サーバ200が受信した画像データを基に可用帯域を推定する方法が考えられる。具体的には、一定時間内に受信した画像データのデータ量に基づく単位時間当たりの平均受信データ量を、可用帯域として使用する方法がある。この推定方法によれば、可用帯域を比較的正確に推定可能である。しかし、画像データはフレームごとに変化するため、可用帯域を正確に推定するためにはある程度の期間に受信した画像データを用いる必要がある。このため、可用帯域が実際に変化してから、可用帯域の推定値によってその変化が検出されるまでに数秒から数十秒程度の遅延が発生する。このような遅延のために、可用帯域の実際の変動に応じて画像品質をリアルタイムに制御することは難しいという問題がある。

【0047】

第2の推定方法としては、無線通信の受信装置から無線伝送レートを取得し、取得した無線伝送レートを可用帯域として使用する方法が考えられる。この推定方法によれば、可用帯域を高速かつ正確に推定可能である。しかし、受信装置によっては必要な情報の取得が困難な場合があり、使用する受信装置の仕様が限定され、汎用性が低いという問題がある。

【0048】

第3の推定方法としては、レーダ装置やカメラなどの各種センサを用いて、電波を遮蔽する障害物を検知し、この検知結果から可用帯域を推定する方法が考えられる。しかし、ハードウェアとしてセンサを別途用意する必要があり、装置コストが高くなるという問題がある。また、無線伝送環境によってはセンサの数を増やす必要があり、その場合には装置コストが一層増大する。

【0049】

このような各推定方法の問題点に鑑みて、本実施の形態のサーバ200は、次のような方法で画像伝送レートを制御する。まず、可用帯域の推定は、基本的に、無線通信の受信装置 (具体的には、無線基地局320) から容易に取得可能な無線情報に基づいて実行される。本実施の形態では、このような無線情報として、RSSI値が無線基地局320から取得される。RSSI値は、機種やメーカーに関係なく、無線通信の受信装置から一般的に取得可能な情報である。このため、RSSI値を基に可用帯域を推定することで、汎用性を高めることができる。また、RSSI値を基に可用帯域を推定することで、例えば受信した画像データを用いる場合と比較して可用帯域を短時間で推定可能であり、画像伝送レート制御のリアルタイム性を高めることができる。

【0050】

ただし、RSSI値に基づく可用帯域の推定精度は、受信した画像データを基に推定する場合より低い。例えば、RSSI値はあくまで受信した無線信号全体の強度を表すものであり、画像の信号自体の強度を表すものではなく、電波の干渉や、受信信号に含まれる画像以外の信号などの影響を受ける。また、受信装置の個体差や経年変化によって、RSSI値が変動し得る。

【0051】

そこで、本実施の形態のサーバ200は、受信した画像データに基づく可用帯域の推定処理も実行し、この推定結果を用いて、RSSI値に基づく可用帯域の推定処理を最適化する。これにより、画像伝送レート制御のリアルタイム性を高めつつ、その制御の精度を向上させる。

【0052】

さらに、上記のようなRSSI値および画像データを用いることで、可用帯域の推定の

10

20

30

40

50

ために専用のセンサを別途用意する必要がなくなる。このため、装置コストを低減できる。

【0053】

図4は、画像伝送システムの各装置が備える処理機能の構成例を示す図である。

まず、画像送信装置100は、画像エンコーダ111、画像送信部112およびコマンド受信部113を備える。画像エンコーダ111、画像送信部112およびコマンド受信部113の処理は、例えば、画像送信装置100が備える図示しないプロセッサが所定のプログラムを実行することで実現される。また、これらの処理の少なくとも一部は、専用のハードウェアによって実行されてもよい。

【0054】

画像エンコーダ111は、カメラ101によって撮影された画像のデータを受信し、受信したデータをエンコード（圧縮符号化）し、エンコードされた画像データを画像送信部112に出力する。

【0055】

画像送信部112は、エンコードされた画像データをサーバ200宛てに送信する。これにより、画像データが無線通信機310および無線基地局320を介してサーバ200に送信される。

【0056】

コマンド受信部113は、画像品質を制御するための制御コマンドをサーバ200から受信し、制御コマンドに応じて、画像エンコーダ111によるエンコード処理を制御する。具体的には、コマンド受信部113は、制御コマンドに基づき、エンコード処理時における画像品質の制御パラメータとしてフレームレートとQP値の少なくとも一方を設定する。エンコード処理時におけるこれらの制御パラメータが変更されることで、画像エンコーダ111によってエンコードされ、画像送信部112を介して送信される画像データのデータ量（画像伝送レート）が変化する。

【0057】

次に、無線基地局320は、RSSI測定部321を備える。RSSI測定部321は、画像送信装置100からの画像データの受信時におけるRSSI値を測定し、その測定結果をサーバ200に送信する。本実施の形態では、RSSI測定部321は、RSSI値を一定時間間隔で測定する。また、RSSI測定部321は、画像送信装置100から受信した画像データに、測定されたRSSI値を付加してサーバ200に送信する。なお、他の例として、RSSI値は、サーバ200からの一定時間間隔の測定要求に応じてRSSI値を測定し、サーバ200に返信してもよい。

【0058】

次に、サーバ200は、記憶部210、データ分離部221、画像デコーダ222、画像品質制御部223およびコマンド送信部224を備える。

記憶部210は、RAM202、HDD203などの記憶装置の記憶領域である。記憶部210には、変換テーブル211が記憶される。変換テーブル211は、RSSI値を可用帯域に変換するためのテーブル情報である。

【0059】

ここで、図5は、変換テーブルを説明するための図である。図5に示すグラフには、RSSI値を可用帯域に変換するための曲線211aが描画されている。変換テーブル211は、例えば、RSSI値を入力（アドレス）とし、可用帯域を出力として、入力と出力との関係が曲線211aのようなルックアップテーブルとして実装される。

【0060】

なお、RSSI値を可用帯域に変換するための情報は、変換テーブル211に限定されるものではない。例えば、このような情報として、曲線211aのような近似曲線を示す多項式の係数が記憶部210に記憶されてもよい。

【0061】

以下、図4を参照して説明を続ける。

データ分離部221、画像デコーダ222、画像品質制御部223およびコマンド送信

10

20

30

40

50

部 2 2 4 の処理は、例えば、プロセッサ 2 0 1 が所定のプログラムを実行することで実現される。また、これらの処理の少なくとも一部は、専用のハードウェアによって実行されてもよい。

【 0 0 6 2 】

データ分離部 2 2 1 は、画像送信装置 1 0 0 から受信した画像データを画像デコーダ 2 2 2 と画像品質制御部 2 2 3 とに出力する。また、データ分離部 2 2 1 は、受信した画像データに R S S I 値が付加されている場合、この R S S I 値を受信データから分離して画像品質制御部 2 2 3 に出力する。

【 0 0 6 3 】

画像デコーダ 2 2 2 は、データ分離部 2 2 1 からの画像データをデコード（伸長復号化）し、デコードされた画像データを出力する。出力された画像データは、サーバ 2 0 0 に実装されたアプリケーションによって利用される。また、この画像データに基づく画像が表示装置 2 0 4 a に表示されてもよい。

【 0 0 6 4 】

画像品質制御部 2 2 3 は、変換テーブル 2 1 1 を参照して、データ分離部 2 2 1 からの R S S I 値を可用帯域に変換する。以下、変換テーブル 2 1 1 を用いて R S S I 値を可用帯域に変換する処理を、「可用帯域の推定」と記載する。画像品質制御部 2 2 3 は、R S S I 値から推定された可用帯域に基づいて、画像品質を制御するための制御パラメータを生成する。この制御パラメータとしては、画像送信装置 1 0 0 から送信される画像の伝送レートが、推定された可用帯域に収まるような制御パラメータが生成される。画像品質制御部 2 2 3 は、生成された制御パラメータの設定を要求する制御コマンドをコマンド送信部 2 2 4 に出力する。

【 0 0 6 5 】

また、画像品質制御部 2 2 3 は、データ分離部 2 2 1 からの画像データに基づいて、可用帯域を測定する。以下の説明では、画像データを用いたこの処理を「可用帯域の測定」と記載して、R S S I 値に基づく「可用帯域の推定」とは区別して表記する。画像品質制御部 2 2 3 は、測定された可用帯域と、R S S I 値を基に推定された可用帯域とを比較する。詳しくは後述するが、画像品質制御部 2 2 3 は、R S S I 値を基に推定された可用帯域を遅延器によって所定時間保持し、R S S I 値の測定から所定時間後に受信した画像データに基づく可用帯域の測定値を、保持していた可用帯域の推定値と比較する。画像品質制御部 2 2 3 は、このような比較結果に基づいて、変換テーブル 2 1 1 における R S S I 値と可用帯域との対応関係を適正化する。

【 0 0 6 6 】

コマンド送信部 2 2 4 は、画像品質制御部 2 2 3 から出力された制御コマンドを画像送信装置 1 0 0 宛てに送信する。

図 6 は、画像品質制御部の内部構成例を示す図である。画像品質制御部 2 2 3 は、可用帯域推定部 2 3 1、制御値生成部 2 3 2、遅延器 2 3 3、2 3 4、可用帯域測定部 2 3 5 および適応制御部 2 3 6 を備える。

【 0 0 6 7 】

可用帯域推定部 2 3 1 は、変換テーブル 2 1 1 を参照し、データ分離部 2 2 1 からの R S S I 値に基づいて可用帯域を推定する。具体的には、可用帯域推定部 2 3 1 は、R S S I 値に対応付けられた可用帯域を変換テーブル 2 1 1 から読み出し、読み出した可用帯域を推定値として出力する。

【 0 0 6 8 】

制御値生成部 2 3 2 は、可用帯域推定部 2 3 1 によって推定された可用帯域に基づいて、送信画像の伝送レートが可用帯域に収まるような画像品質の制御パラメータを生成する。制御値生成部 2 3 2 は、生成された制御パラメータの設定を要求する制御コマンドをコマンド送信部 2 2 4 に出力する。

【 0 0 6 9 】

遅延器 2 3 3 は、データ分離部 2 2 1 から出力された R S S I 値を、所定時間だけ遅延

10

20

30

40

50

させて適応制御部 236 に出力する。遅延器 234 は、可用帯域推定部 231 によって推定された可用帯域を、所定時間だけ遅延させて適応制御部 236 に出力する。遅延器 233, 234 が出力を遅延させる遅延時間は、推定された可用帯域を基に生成された制御コマンドがサーバ 200 から画像送信装置 100 に送信され、制御コマンドに基づく画像品質設定が反映された画像データが画像エンコーダ 111 から出力され、その画像データをサーバ 200 が受信するまでの時間となるように設定される。

【0070】

可用帯域測定部 235 は、画像送信装置 100 から受信した（デコード前の）画像データに基づいて、可用帯域を測定する。可用帯域測定部 235 は、例えば、一定時間内に受信した画像データのデータ総量から平均伝送レートを算出し、算出された平均伝送レートを可用帯域として出力する。

10

【0071】

適応制御部 236 は、遅延器 234 から出力された可用帯域の推定値と、可用帯域測定部 235 から出力された可用帯域の測定値とを比較する。適応制御部 236 は、これらの比較結果に基づき、変換テーブル 211 において、遅延器 233 から出力された R S S I 値に対応付けられている可用帯域を適正化する。この適正化では、可用帯域の推定値と測定値との誤差が小さくなるように、変換テーブル 211 の可用帯域が修正される。

【0072】

図 7 は、画像伝送レートの制御処理の流れを示すシーケンス図の例である。

【ステップ S 11】サーバ 200 は、R S S I 値が付加された画像データを受信する。R S S I 値は、データ分離部 221 によって画像データから分離され、画像品質制御部 223 の可用帯域推定部 231 に入力される。なお、分離された R S S I 値は、遅延器 233 にも入力される。

20

【0073】

【ステップ S 12】可用帯域推定部 231 には、変換テーブル 211 を参照し、入力された R S S I 値に基づいて可用帯域を推定する。推定された可用帯域は、制御値生成部 232 と遅延器 234 とに入力される。

【0074】

【ステップ S 13】制御値生成部 232 は、可用帯域推定部 231 によって推定された可用帯域に基づいて、送信画像の伝送レートが可用帯域に収まるような画像品質の制御パラメータを生成する。制御値生成部 232 は、生成された制御パラメータの設定を要求する制御コマンドをコマンド送信部 224 に出力し、コマンド送信部 224 は、この制御コマンドを画像送信装置 100 に送信する。

30

【0075】

【ステップ S 14】画像送信装置 100 のコマンド受信部 113 は、サーバ 200 から送信された制御コマンドを受信し、制御コマンドに応じて、画像エンコーダ 111 における画像品質の制御パラメータの設定を更新する。制御パラメータとしては、フレームレートと Q P 値の少なくとも一方の設定が更新される。

【0076】

【ステップ S 15】画像エンコーダ 111 は、更新された制御パラメータを用いて、カメラ 101 からの画像データをエンコードする。エンコードされた画像データは、画像送信部 112 によってサーバ 200 に送信される。

40

【0077】

【ステップ S 16】サーバ 200 では、受信した画像データがデータ分離部 221 から画像デコーダ 222 と画像品質制御部 223 に入力される。画像品質制御部 223 の可用帯域測定部 235 は、入力された画像データに基づいて可用帯域を測定する。

【0078】

【ステップ S 17】適応制御部 236 は、遅延器 234 からの可用帯域の推定値と、可用帯域測定部 235 からの可用帯域の測定値とを比較する。適応制御部 236 は、これらの比較結果に基づき、変換テーブル 211 において、遅延器 233 からの R S S I 値に対

50

応付けられている可用帯域を更新する。

【0079】

前述のように、遅延器233、234による遅延時間は、RSSI値に基づいて生成された制御コマンドがサーバ200から送信され、制御コマンドに基づく画像品質設定が反映されたエンコード処理によってエンコードされた画像データをサーバ200が受信するまでの時間に設定される。このため、ステップS17では、ステップS16で測定された可用帯域と、ステップS12で推定された可用帯域とが比較され、この比較結果に基づいて、ステップS11で受信されたRSSI値に対応付けられた可用帯域が更新されることになる。

【0080】

ここで、図8は、RSSI値の取得や可用帯域の測定のタイミングを示すタイムチャートの例である。

RSSI値は、所定の取得時間間隔 t_r で繰り返し取得される。図8の例では、 n 番目のRSSI値(RSSI# n)が時刻T11で取得され、時刻T11から取得時間間隔 t_r が経過した時刻T13において($n+1$)番目のRSSI値(RSSI# $n+1$)が取得される。

【0081】

また、遅延器233、234による遅延時間を t_d とする。時刻T11で取得したRSSI# n に基づく制御コマンドが送信された後(図7のステップS13)、遅延時間 t_d が経過した時刻T12において、可用帯域測定部235による可用帯域の測定が開始される(ステップS16)。可用帯域の測定は、所定の測定時間 t_m の間に受信した画像データに基づいて実行される。したがって、ステップS16では、時刻T12以降に受信した画像データに基づいて可用帯域が測定される。そして、ステップS17では、測定された可用帯域と、時刻T11で取得したRSSI# n から推定された可用帯域とが比較され、時刻T14において、比較結果に基づいて変換テーブル211が更新される。

【0082】

このように、RSSI# n の取得から遅延時間 t_d が経過した後に受信した画像データに基づいて、可用帯域が測定される。この測定値は、RSSI# n を基に生成された制御パラメータが反映されたエンコード処理によって生成された画像データを用いて、測定された値となる。したがって、ステップS17での比較結果を用いることで、変換テーブル211におけるRSSI値と可用帯域との対応関係を精度よく修正できるようになる。

【0083】

以上の処理により、RSSI値から可用帯域を推定することで、可用帯域を短時間で推定でき、画像伝送レート制御のリアルタイム性を高めることができる。また、RSSI値に基づく制御コマンドが反映された画像データに基づいて可用帯域が測定され、その測定値に基づいて変換テーブル211が最適化される。これにより、変換テーブル211に基づく可用帯域の推定精度を向上させることができる。

【0084】

したがって、上記の処理をある程度の時間繰り返し実行することで、変換テーブル211におけるRSSI値と可用帯域との対応関係が最適化されていき、変換テーブル211に基づく可用帯域の推定精度が向上していく。例えば、画像伝送システムの正式運用前の前処理時において、上記処理を繰り返し実行して変換テーブル211を最適化し、最適化された変換テーブル211を用いて正式運用が開始されてもよい。また、正式運用時にも変換テーブル211の最適化処理が継続されることで、無線環境が変動し続けた場合でも可用帯域の推定精度を維持し、画像伝送レート制御の精度を維持することができる。

【0085】

このように、サーバ200は、無線通信環境に対するロバスト性が高く、かつリアルタイム性が高い画像伝送レートの制御を実現できる。このような制御により、無線伝送路における帯域の利用効率を向上させることができる。なおかつ、無線伝送路において画像データが消失する可能性を低減でき、受信した画像データに基づいて画像を正確に再生でき

10

20

30

40

50

るようになる。

【0086】

図9は、適応制御部の処理手順を示すフローチャートの例である。図9の処理は、図7のステップS17の処理に対応する。

【ステップS17a】適応制御部236は、受信した画像データに基づく可用帯域の測定値を、可用帯域測定部235から取得する。

【0087】

【ステップS17b】適応制御部236は、 t_d 時間前に測定されたRSSI値に基づく可用帯域の推定値を、遅延器234から取得する。

【ステップS17c】適応制御部236は、可用帯域の推定値と測定値とを比較する。推定値が測定値以下である場合、処理がステップS17dに進められ、推定値が測定値より大きい場合、処理がステップS17eに進められる。

【0088】

【ステップS17d】適応制御部236は、 t_d 時間前に測定されたRSSI値を遅延器233から取得する。適応制御部236は、変換テーブル211においてそのRSSI値に対応付けられた可用帯域の出力値を、増加方向に修正する。

【0089】

【ステップS17e】適応制御部236は、 t_d 時間前に測定されたRSSI値を遅延器233から取得する。適応制御部236は、変換テーブル211においてそのRSSI値に対応付けられた可用帯域の出力値を、減少方向に修正する。

【0090】

以上の処理によれば、可用帯域の推定値が測定値より小さい場合、制御コマンド生成のための可用帯域の推定値が小さ過ぎであり、実際には画像品質をより高めて画像データの送信量を増やせると考えられる。そのため、適応制御部236は、変換テーブル211においてRSSI値に対応付けられた可用帯域を増加させる。一方、可用帯域の推定値が測定値より大きい場合、制御コマンド生成のための可用帯域の推定値が大き過ぎであり、画像データの送信量が過大であると考えられる。そのため、適応制御部236は、変換テーブル211においてRSSI値に対応付けられた可用帯域を減少させる。

【0091】

また、可用帯域の推定値が測定値と一致している場合には、適応制御部236は、変換テーブル211においてRSSI値に対応付けられた可用帯域を維持するのではなく、増加させる。この理由としては、推定された可用帯域を基に画像伝送レートを制御する方式であるため、実際には可用帯域の推定値より実測値が大きくなることは少ないことが挙げられる。このような理由から、可用帯域の推定値が測定値と一致している場合には、実際の可用帯域に余裕があると考えた方が、画像伝送レートを実際の可用帯域により近づけて、帯域を有効利用できるようになる。

【0092】

図10は、適応制御部の内部構成例を示す図である。なお、図10では、説明をわかりやすくするために、適応制御部236以外の処理機能も併記している。

図10に示すように、適応制御部236は例えば、減算器241、乗算器242、比較部243、スイッチ(SW)244および加算器245を備える。

【0093】

減算器241は、可用帯域測定部235によって測定された可用帯域から、可用帯域推定部231によって推定され、遅延器234を介して入力された可用帯域を減算し、減算結果を乗算器242に入力する。

【0094】

乗算器242は、入力された減算結果に対して、あらかじめ設定された係数 μ_1 を乗算する。係数 μ_1 は、可用帯域のアップデート率（増加率または減少率）を示す値である。係数 μ_1 としては、可用帯域が極端に増減しないように、0より大きく、かつ、1.0より十分に小さい値に設定される。乗算器242による乗算結果は、スイッチ244の入力

10

20

30

40

50

端子 I N 1 に入力される。

【 0 0 9 5 】

比較部 2 4 3 は、可用帯域推定部 2 3 1 によって推定され、遅延器 2 3 4 を介して入力された可用帯域と、可用帯域測定部 2 3 5 によって測定された可用帯域とを比較する。比較部 2 4 3 は、可用帯域の推定値が測定値以下か、または推定値が測定値より大きいかを判定し、その判定結果をスイッチ 2 4 4 に入力する。なお、この判定は、減算器 2 4 1 による減算結果の符号に基づいて実行されてもよい。

【 0 0 9 6 】

スイッチ 2 4 4 は、入力端子 I N 1 , I N 2 を備える。前述のように入力端子 I N 1 には、乗算器 2 4 2 による乗算結果が入力される。入力端子 I N 2 には、あらかじめ固定的に設定された設定値が入力される。スイッチ 2 4 4 は、比較部 2 4 3 からの入力値に応じて、入力端子 I N 1 , I N 2 からの入力値のいずれかを選択的に加算器 2 4 5 に出力する。具体的には、スイッチ 2 4 4 は、比較部 2 4 3 により可用帯域の推定値が測定値以下と判定された場合、入力端子 I N 2 からの入力値を出力し、推定値が測定値より大きいと判定された場合、入力端子 I N 1 からの入力値を出力する。後者の場合、入力端子 I N 1 からの入力値の符号はマイナスになる。

【 0 0 9 7 】

加算器 2 4 5 は、可用帯域推定部 2 3 1 によって推定され、遅延器 2 3 4 を介して入力された可用帯域と、スイッチ 2 4 4 からの出力値とを加算し、変換テーブル 2 1 1 に対して更新後の可用帯域として出力する。変換テーブル 2 1 1 では、遅延器 2 3 3 から入力される R S S I 値に対応付けられた可用帯域が、加算器 2 4 5 からの出力値によって更新される。

【 0 0 9 8 】

上記構成によれば、可用帯域の推定値が測定値より大きい場合、推定値と測定値との差分に応じた値が推定値から減算され、減算後の値によって変換テーブル 2 1 1 の可用帯域が更新される。一方、可用帯域の推定値が測定値以下の場合、固定的な設定値が推定値に加算され、加算後の値によって変換テーブル 2 1 1 の可用帯域が更新される。後者のケースでは、適応制御部 2 3 6 は、変換テーブル 2 1 1 の可用帯域を急激に増加させないように、一定値分ずつ徐々に増加させる。

【 0 0 9 9 】

ところで、サーバ 2 0 0 は、遅延器 2 3 3 , 2 3 4 における遅延時間 t_d を自動的に測定して設定する処理機能を備えていてもよい。次の図 1 1 を参照して、このような処理機能の例について説明する。

【 0 1 0 0 】

図 1 1 は、遅延時間の自動測定機能の構成例を示す図である。図 1 1 に示す画像品質制御部 2 2 3 a は、図 6 に示した画像品質制御部 2 2 3 の処理機能に加えて、制御値生成部 2 5 1、スイッチ (S W) 2 5 2 および遅延測定制御部 2 5 3 をさらに備える。なお、図 1 1 では、画像品質制御部 2 2 3 a の処理機能のうち、遅延時間 t_d の自動測定に関係ない処理機能については図示を省略している。

【 0 1 0 1 】

この画像品質制御部 2 2 3 a を用いた場合、遅延器 2 3 3 , 2 3 4 における遅延時間 t_d の自動測定処理は、画像伝送システムの正式運用前の前処理時において実行される。制御値生成部 2 5 1 は、前処理用の処理機能であり、遅延測定制御部 2 5 3 の制御の下で、遅延測定用の制御コマンドを生成し、スイッチ 2 5 2 の入力端子に入力する。制御値生成部 2 5 1 は、画像伝送レートを極端に高くする制御コマンドと極端に低くする制御コマンドとを交互に出力する。

【 0 1 0 2 】

スイッチ 2 5 2 の一方の入力端子には、制御値生成部 2 3 2 から出力された制御コマンドが入力され、他方の入力端子には、制御値生成部 2 5 1 から出力された制御コマンドが入力される。スイッチ 2 5 2 は、遅延測定制御部 2 5 3 からの切り替え制御信号に応じて

10

20

30

40

50

、いずれかの入力端子から入力された制御コマンドを選択的にコマンド送信部 224 に出力する。具体的には、遅延測定制御部 253 の制御の下で、前処理時には制御値生成部 251 から入力された制御コマンドがコマンド送信部 224 に出力され、正式運用時には制御値生成部 232 から入力された制御コマンドがコマンド送信部 224 に出力される。

【0103】

遅延測定制御部 253 は、前処理時において、可用帯域測定部 235 によって測定された可用帯域の変化の状況に基づいて、遅延器 233、234 における遅延時間 t_d を測定し、遅延器 233、234 に対して設定する。

【0104】

図 12 は、前処理時における遅延時間の自動測定処理例を示すタイムチャートである。

制御値生成部 251 は、画像伝送レートを極端に高くする（画像データサイズを極端に大きくする）制御コマンドと、画像伝送レートを極端に低くする（画像データサイズを極端に小さくする）制御コマンドとを交互に出力する。前者の制御コマンドは、画像品質を極端に高くして送信画像データのサイズを大きくするものであり、後者の制御コマンドは、画像品質を極端に低くして送信画像データのサイズを小さくするものである。

【0105】

図 12 の例では、時刻 T_{21} において遅延時間 t_d の測定処理が開始され、このような制御コマンドが一定時間間隔で交互に出力される。ここでは例として、制御コマンドの出力時間間隔は、RSSI 値の測定間隔と同じであるとする。図 12 の例では、時刻 T_{21} において、画像品質を高くする制御コマンドがスイッチ 252 を介して画像送信装置 100 に送信される。その後、一定時間が経過した時刻 T_{22} において、画像品質を低くする制御コマンドがスイッチ 252 を介して画像送信装置 100 に送信される。さらにその後、一定時間が経過した時刻 T_{23} において、画像品質を高くする制御コマンドがスイッチ 252 を介して画像送信装置 100 に送信される。

【0106】

画像送信装置 100 からは、時刻 T_{21} で制御コマンドが送信されてから遅延したタイミングで、その制御コマンドが反映された、画像品質が高い画像の画像データが受信される。また、時刻 T_{22} で制御コマンドが送信されてから遅延したタイミングで、その制御コマンドが反映された、画像品質が低い画像の画像データが受信される。可用帯域測定部 235 は、遅延測定制御部 253 からの指示にしたがい、次のような手順で、受信した画像データを基に可用帯域を測定する。

【0107】

可用帯域測定部 235 は、可用帯域の測定処理 A、B、C、D、・・・を実行する。各測定処理における測定期間は前半と後半とに分けられ、前半および後半の測定期間の長さは、制御コマンドの出力間隔と同じであるとする。そして、可用帯域測定部 235 は、前半および後半の測定期間のそれぞれにおいて、測定期間に受信した画像データに基づいて可用帯域を測定する。

【0108】

ここで、測定処理 A は、遅延時間 t_d の測定開始時刻（時刻 T_{21} ）に開始される。また、測定処理 B は、時刻 T_{21} から単位時間 t_s だけ後にシフトされた時刻（ $T_{21} + t_s$ ）に開始される。測定処理 C は、この時刻からさらに単位時間 t_s だけ後にシフトされた時刻（ $T_{21} + 2 \cdot t_s$ ）に開始される。測定処理 D は、この時刻からさらに単位時間 t_s だけ後にシフトされた時刻（ $T_{21} + 3 \cdot t_s$ ）に開始される。このように、測定処理 A、B、C、D、・・・のそれぞれは、一定時間ずつ開始時刻をシフトしながら実行される。

【0109】

なお、測定処理 A、B、C、D、・・・は、図 12 の例のように並列にされてもよい。例えば、サーバ 200 は、受信した画像データを所定サイズのバッファに一旦保持するようにした場合、バッファに保持された画像データの中から対応する測定期間の画像データを取得することで、測定処理 A、B、C、D、・・・を並列に実行可能である。

10

20

30

40

50

【0110】

図12の下側に示す管理テーブル253aは、可用帯域の測定結果を保持するための情報の一例であり、例えば、記憶部210に記憶される。管理テーブル253aには、測定開始時刻のシフト時間が異なる測定処理A、B、C、D、・・・のそれぞれに対応付けて、前半の測定期間に測定された可用帯域の測定値と、後半の測定期間に測定された可用帯域の測定値とが登録される。なお、測定開始のシフト時間が同じ測定処理は、複数回繰り返し実行されてもよい。この場合、前半および後半に対応する測定値としては、複数回の測定処理で測定された可用帯域の測定値の平均値が登録されればよい。

【0111】

遅延測定制御部253は、例えば、管理テーブル253aを参照して、測定処理の中から、前半における測定値と後半における測定値との差分が最も大きい測定処理を特定する。図12の例では、測定開始時刻が $2 \cdot t_s$ だけシフトされた測定処理Cが、測定値の差分が最も大きい測定処理として特定される。この場合、遅延測定制御部253は、遅延時間 t_d を $2 \cdot t_s$ と判定して、遅延器233、234に設定する。

10

【0112】

このような処理により、遅延時間 t_d を自動的かつ正確に測定することが可能になる。また、例えば、実際に無線通信機310と無線基地局320が設置されて、画像送信装置100に実際に画像データのエンコードを実行させた状態で、その環境に合致した遅延時間 t_d を自動的に測定できるようになる。このため、無線通信機310や無線基地局320の設置環境によらず、遅延時間 t_d を正確に測定でき、その結果として、正式運用時において画像伝送レートの制御を高精度に実行できる。

20

【0113】

〔第3の実施の形態〕

次に、第3の実施の形態に係る画像伝送システムについて説明する。第3の実施の形態では、第2の実施の形態におけるサーバ200の処理の一部が変形されている。

【0114】

図13は、第3の実施の形態のサーバに含まれる画像品質制御部の内部構成例を示す図である。第3の実施の形態のサーバ200は、図6に示した画像品質制御部223の代わりに、図13に示す画像品質制御部223bを備える。画像品質制御部223bは、図6に示した画像品質制御部223に対して、さらにRSSI予測部237が追加された構成を有している。

30

【0115】

第2の実施の形態では、RSSI値に基づく制御コマンドをサーバ200が送信した後、その制御コマンドが反映された画像データをサーバ200が受信し、画像データに基づいて変換テーブル211を最適化するまでに、時間差が生じていた。このため、変換テーブル211に基づく可用帯域の推定精度が向上するまでに時間がかかっていた。

【0116】

そこで、第3の実施の形態において、RSSI予測部237は、入力されたRSSI値を基に一定時間後のRSSI値を予測し、予測されたRSSI値を可用帯域推定部231および遅延器233に入力する。これにより、一定時間後におけるRSSI値の予測値に基づいて可用帯域が推定され、その推定値に基づく制御コマンドが画像送信装置100に送信される。その結果、RSSI値の実際の測定値が予測値に変化する時刻と、送信された制御コマンドが反映された画像データをサーバ200が受信し、その画像データに基づいて変換テーブル211を最適化する時刻とが近づく。

40

【0117】

これにより、RSSI値の変化、すなわち可用帯域の実際の変化に対して、変換テーブル211に基づく可用帯域の推定値を高速に追従させることが可能となる。したがって、可用帯域の推定値に基づく画像伝送レートの制御レスポンスを高め、なおかつその制御の精度を向上させることができる。

【0118】

50

図14は、RSSI値の予測対象とする測定時刻について説明するための図である。

前述のように、RSSI値は一定の取得時間間隔 t_r で取得される。図14では、各取得時刻で測定されたRSSI値の例をグラフ上に示すとともに、各取得時刻で測定されたRSSI値の推移を近似曲線237aによって示している。また、図14では、時刻 T_0 を最新のRSSI値が取得された時刻（現時刻）とし、時刻 T_{-1} を1サンプル前のRSSI値が取得された時刻、時刻 T_{-2} を2サンプル前のRSSI値が取得された時刻、時刻 T_1 を1サンプル後のRSSI値が取得される時刻とする。すなわち、時刻 T_{-2} から時刻 T_{-1} までの時間、時刻 T_{-1} から時刻 T_0 までの時間、時刻 T_0 から時刻 T_1 までの時間が、それぞれ取得時間間隔 t_r である。

【0119】

RSSI予測部237によってRSSI値が予測される未来の測定時刻（目標時刻 T_p ）は、時刻 T_0 から一定時間後の時刻となる。RSSI予測部237は、現時刻を含む複数の取得時刻でそれぞれ取得したRSSI値に基づいて、目標時刻 T_p におけるRSSI値を予測する。詳しくは後述するが、本実施の形態では一例として、RSSI予測部237は、時刻 T_{-1} 、時刻 T_0 、時刻 T_1 のそれぞれにおけるRSSI値に基づいて、目標時刻 T_p におけるRSSI値を補間によって予測する。また、RSSI予測部237は、上記時刻のうち、未来の時刻である時刻 T_1 におけるRSSI値を、RSSI値の複数サンプルと未来の時刻におけるRSSI値の予測値との対応関係を保持する予測テーブルを用いて予測する。

【0120】

図15は、RSSI値が予測される目標時刻の設定例を説明するためのタイムチャートの例である。図15では、図8と同じ時刻や時間には同じ符号を付して示している。また、図15において、時刻 T_{11} 、 T_{13} が、図14の時刻 T_0 、 T_1 にそれぞれ対応する。

【0121】

前述のように、遅延時間 t_d は、測定されたRSSI値を基に生成された制御コマンドがサーバ200から送信され、その制御コマンドが反映された画像データをサーバ200が受信するまでの時間に設定される。このため、目標時刻 T_p は、現在の時刻 T_{11} から遅延時間 t_d 以上の時間が経過した時刻に設定される。

【0122】

また、本実施の形態において、可用帯域測定部235は、一定の測定時間 t_m の間に受信した画像データに基づいて可用帯域を測定する。例えば、可用帯域測定部235は、測定時間 t_m の間に受信した画像データの総データ量を測定時間 t_m で除算したデータ量（画像伝送レートの平均値）を、可用帯域の測定値として算出する。このため、目標時刻 T_p としては、可用帯域の測定が開始された時刻 T_{12} から、測定時間 t_m が経過した時刻 T_{14} までの期間のうち、中間の時刻が設定されることが望ましい。すなわち、目標時刻 T_p は、現在の時刻 T_{11} より時間 $\{t_d + (t_m / 2)\}$ だけ後の時刻に設定される。

【0123】

図16は、RSSI予測部の内部構成例を示す図である。図16に示すように、RSSI予測部237は、RSSI予測処理部261、遅延器262、次サンプル予測部263および予測テーブル生成部264を備える。また、記憶部210には、予測テーブル212がさらに記憶される。

【0124】

RSSI予測処理部261は、現時刻に測定されたRSSI値（現サンプル）と、直前の取得時刻に測定されたRSSI値（前サンプル）と、次の取得時刻におけるRSSI値の予測値（次サンプル）とに基づいて、目標時刻 T_p におけるRSSI値（RSSI予測値）を予測する。この予測は、補間演算によって実行される。例えば、RSSI予測処理部261は、RSSI値の前サンプル、現サンプルおよび次サンプルに基づいて近似関数を生成し、その近似関数に対して目標時刻 T_p を入力することで、目標時刻 T_p におけるRSSI予測値を算出する。

【0125】

10

20

30

40

50

遅延器 262 は、RSSI 値の現サンプルを遅延時間 t_d だけ遅延させることで RSSI 値の前サンプルを生成し、RSSI 予測処理部 261 と次サンプル予測部 263 に入力する。

【0126】

次サンプル予測部 263 は、予測テーブル 212 を参照して、RSSI 値の現サンプルと、遅延器 262 から入力される RSSI 値の前サンプルとに基づいて RSSI 値の次サンプルを予測し、RSSI 予測処理部 261 に入力する。

【0127】

予測テーブル 212 は、RSSI 値の現サンプルおよび前サンプルの組み合わせに対して、次サンプルの予測値が対応付けられたテーブル情報である。

予測テーブル生成部 264 は、複数の取得時刻において取得された RSSI 値に基づいて、予測テーブル 212 を最適化する。

【0128】

図 17 は、RSSI 予測処理部の内部構成例を示す図である。図 17 に示すように、RSSI 予測処理部 261 は、乗算器 281～283 と加算器 284 を備える。

乗算器 281 は、遅延器 262 から入力される RSSI 値の前サンプルと、係数 C_1 とを乗算する。乗算器 282 は、データ分離部 221 から入力された RSSI 値の現サンプルと、係数 C_2 とを乗算する。乗算器 283 は、次サンプル予測部 263 によって予測された RSSI 値の次サンプルと、係数 C_3 とを乗算する。加算器 284 は、乗算器 281～283 による各乗算結果を加算し、その加算値を、目標時刻 T_p における RSSI 予測値として出力する。

【0129】

ここで、係数 $C_1 \sim C_3$ は、目標時刻 T_p における RSSI 予測値を補間演算によって算出するための重み係数であり、例えば、 $\sin c$ 関数の係数として、目標時刻 T_p に基づいてあらかじめ求められる。

【0130】

以下、図 16 を参照して説明を続ける。

予測テーブル生成部 264 は、遅延器 271、272、RSSI 予測部 273 および適応制御部 274 を備える。

【0131】

遅延器 271 は、データ分離部 221 から入力された RSSI 値を遅延時間 t_d だけ遅延させ、RSSI 予測部 273、遅延器 272 および適応制御部 274 に入力する。遅延器 272 は、遅延器 271 から入力された RSSI 値をさらに遅延時間 t_d だけ遅延させ、RSSI 予測部 273 と適応制御部 274 に入力する。

【0132】

RSSI 予測部 273 は、予測テーブル 212 において、遅延器 271 から入力される第 1 の RSSI 値と、遅延器 272 から入力される、第 1 の RSSI 値より 1 サンプル前の第 2 の RSSI 値とに対応付けられた RSSI 値の予測値（第 3 の RSSI 値）を読み出す。この第 3 の RSSI 値は、現時刻から 1 サンプル前の RSSI 値である第 1 の RSSI 値と、現時刻から 2 サンプル前の RSSI 値である第 2 の RSSI 値とを基に予測された、現時刻の RSSI 値の予測値である。RSSI 予測部 273 は、読み出した第 3 の RSSI 値（予測値）を適応制御部 274 に入力する。

【0133】

適応制御部 274 は、RSSI 予測部 273 から入力された現時刻の RSSI 値の予測値と、データ分離部 221 から入力された現時刻の RSSI 値（測定値）とを比較する。適応制御部 274 は、これらの比較結果に基づき、RSSI 値の予測値と測定値との誤差が小さくなるように、予測テーブル 212 に登録された出力値のうち対応する出力値を適正化する。前述のように、予測テーブル 212 には入力値として RSSI 値の現サンプルおよび前サンプルの組み合わせが設定されている。出力値の適正化では、現サンプルとして遅延器 271 からの第 1 の RSSI 値と、前サンプルとして遅延器 272 からの第 2 の

10

20

30

40

50

RSSI値との組み合わせに対応付けられた出力値が適正化される。

【0134】

図18は、予測テーブル生成部の適応制御部の内部構成例を示す図である。図18では、説明をわかりやすくするために、予測テーブル生成部264内の他の構成要素と予測テーブル212も併記している。

【0135】

適応制御部274は、減算器291、乗算器292および加算器293を備える。

減算器291は、データ分離部221から入力されたRSSI測定値から、RSSI予測部273によって予測されたRSSI予測値を減算する。

【0136】

乗算器292は、減算器291による減算結果に対して、あらかじめ設定された係数 μ 2を乗算する。係数 μ 2は、予測テーブル212の出力値のアップデート率（増加率または減少率）を示す値である。係数 μ 2としては、出力値が極端に増減しないように、0より大きく、かつ、1.0より十分に小さい値に設定される。

【0137】

加算器293は、RSSI予測部273によって予測されたRSSI予測値に、乗算器292による乗算結果を加算する。

適応制御部274は、予測テーブル212において、現サンプルおよび前サンプルとしてそれぞれ遅延器271、272から出力されたRSSI値に対応付けられた出力値を、加算器293による加算結果によって更新する。この処理により、RSSI予測部273からのRSSI予測値が、データ分離部221からのRSSI測定値より大きい場合には、予測テーブル212における対応する出力値が、RSSI予測値とRSSI測定値との差分の大きさに応じた値だけ減少される。一方、RSSI予測部273からのRSSI予測値が、データ分離部221からのRSSI測定値より小さい場合には、予測テーブル212における対応する出力値が、RSSI予測値とRSSI測定値との差分の大きさに応じた値だけ増加される。

【0138】

以上の図16～図18に示した構成により、予測テーブル212に基づき、次サンプル予測部263によってRSSI値の次サンプルが予測されるとともに、予測テーブル生成部264によって予測テーブル212が最適化される。時間経過に伴って予測テーブル212が最適化されることで、次サンプル予測部263の予測精度が向上し、それに伴って、RSSI予測処理部261による目標時刻TpでのRSSI予測値の予測精度も向上していく。RSSI予測処理部261での予測精度が向上することにより、可用帯域推定部231による可用帯域の推定精度も向上していく。その結果、可用帯域の推定値に基づく画像伝送レートの制御レスポンスを高め、なおかつその制御の精度を向上させることができる。

【0139】

ところで、予測テーブル212は、2つのRSSI入力値の組み合わせのそれぞれに対してRSSI出力値が対応付けて記憶されることから、データサイズが大きい。そこで、予測テーブル生成部264の構成として次の図19のような構成を採用することで、予測テーブル212のデータサイズを削減することが可能となる。

【0140】

図19は、予測テーブルのデータサイズを削減するための構成例について示す図である。図19に示すように、予測テーブル生成部264には、減算器275がさらに追加される。

【0141】

図19では例として、RSSI値が8ビットで表されるとする。この場合、遅延器271、272から出力されるRSSI値も8ビットのデータとなる。また、RSSI予測部273における現サンプルの入力値としても、遅延器271からの8ビットのRSSI値が入力される。

【0142】

一方、減算器275は、遅延器271からの8ビットのRSSI値と、遅延器272からの8ビットのRSSI値との差分を計算することで、ビット数を例えば6ビットに減らしたRSSI値を生成する。生成された6ビットのRSSI値は、RSSI予測部273における前サンプルの入力値として入力される。

【0143】

このような構成により、予測テーブル212のアドレスのビット数（RSSI入力値の合計ビット数）を削減できる。その結果、予測テーブル212のデータサイズを削減できる。また、RSSI値のあるサンプルとその前のサンプルとの間では、値が大きく変化する可能性は低い。このため、上記の減算器275によってRSSI入力値の一方のビット数を減らしても、予測テーブル212を用いた予測精度が低下する可能性は低い。すなわち、上記構成により、予測精度を低下させることなく、予測テーブル212のデータサイズを削減できる。

【0144】

なお、上記の各実施の形態に示した装置（例えば、画像送信装置1、100、画像伝送制御装置4、サーバ200）の処理機能は、コンピュータによって実現することができる。その場合、各装置が有すべき機能の処理内容を記述したプログラムが提供され、そのプログラムをコンピュータで実行することにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体としては、磁気記憶装置、光ディスク、半導体メモリなどがある。磁気記憶装置には、ハードディスク装置（HDD）、磁気テープなどがある。光ディスクには、CD（Compact Disc）、DVD（Digital Versatile Disc）、ブルーレイディスク（Blu-ray Disc：BD、登録商標）などがある。

【0145】

プログラムを流通させる場合には、例えば、そのプログラムが記録されたDVD、CDなどの可搬型記録媒体が販売される。また、プログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することもできる。

【0146】

プログラムを実行するコンピュータは、例えば、可搬型記録媒体に記録されたプログラムまたはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、自己の記憶装置に格納する。そして、コンピュータは、自己の記憶装置からプログラムを読み取り、プログラムにしたがった処理を実行する。なお、コンピュータは、可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムにしたがった処理を実行することもできる。また、コンピュータは、ネットワークを介して接続されたサーバコンピュータからプログラムが転送されるごとに、逐次、受け取ったプログラムにしたがった処理を実行することもできる。

【0147】

上記については単に本発明の原理を示すものである。さらに、多数の変形、変更が当業者にとって可能であり、本発明は上記に示し、説明した正確な構成および応用例に限定されるものではなく、対応するすべての変形例および均等物は、添付の請求項およびその均等物による本発明の範囲とみなされる。

【符号の説明】

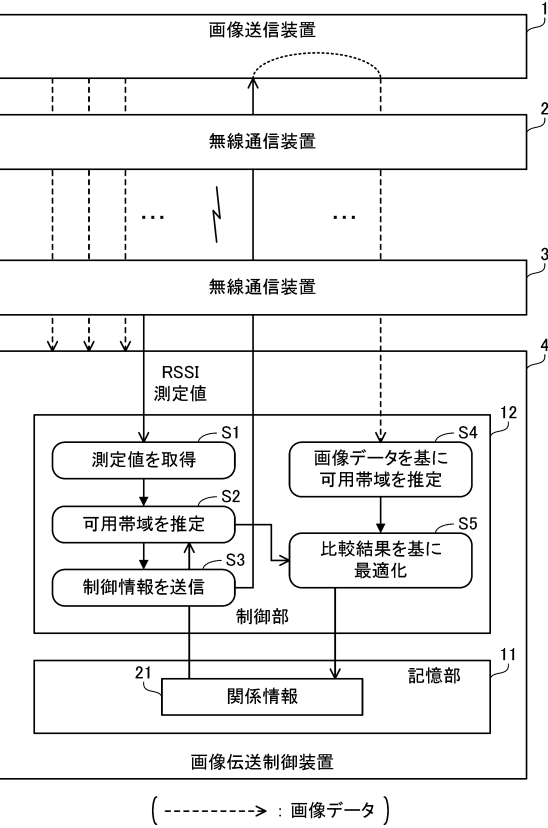
【0148】

- 1 画像送信装置
- 2, 3 無線通信装置
- 4 画像伝送制御装置
- 11 記憶部
- 12 制御部
- 21 関係情報

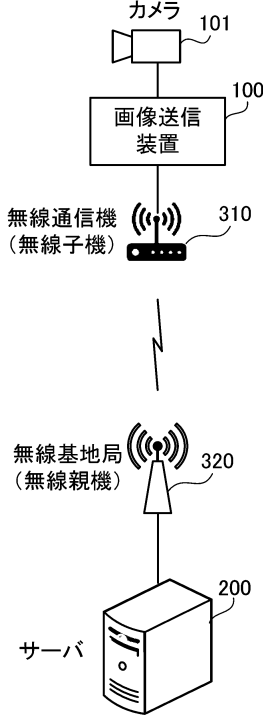
S 1 ~ S 5 ステップ

【図面】

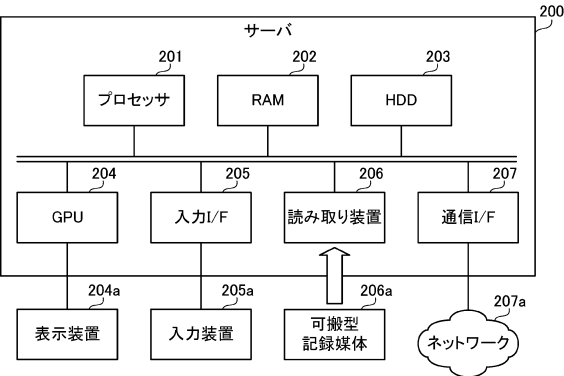
【図 1】



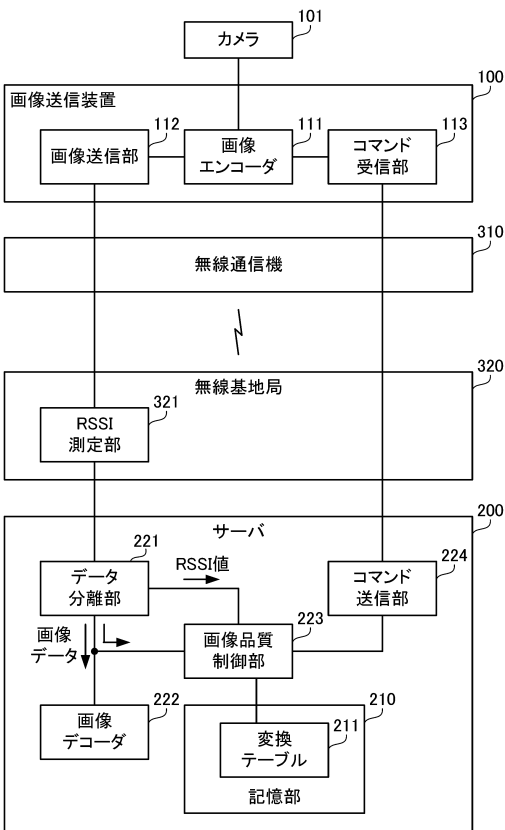
【図 2】



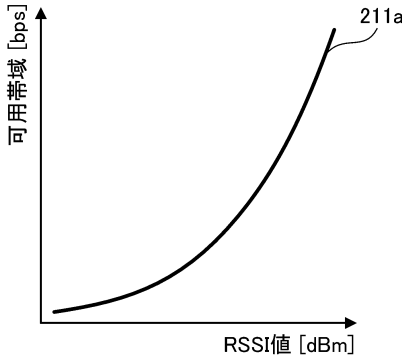
【図 3】



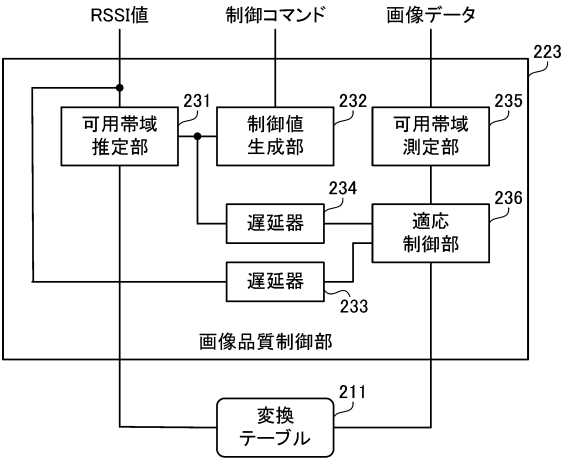
【図 4】



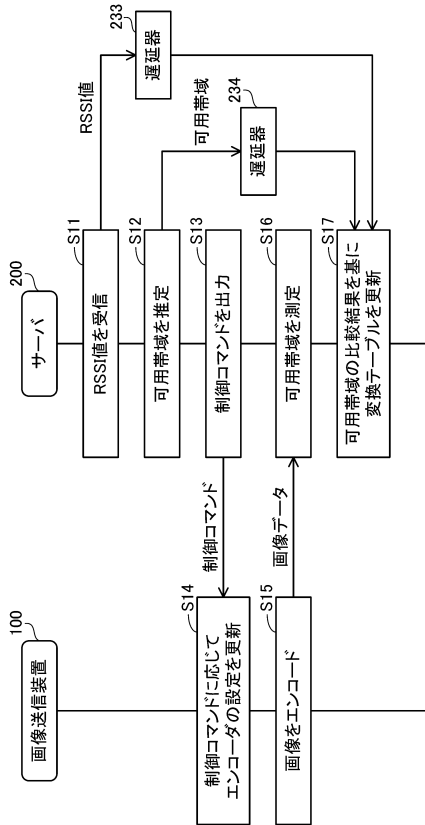
【図 5】



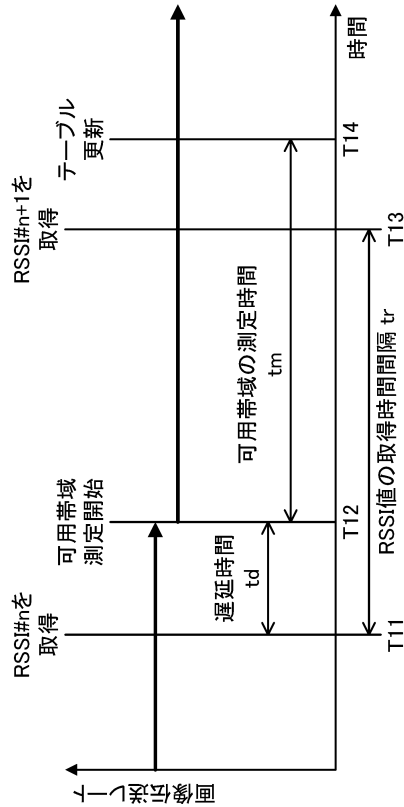
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

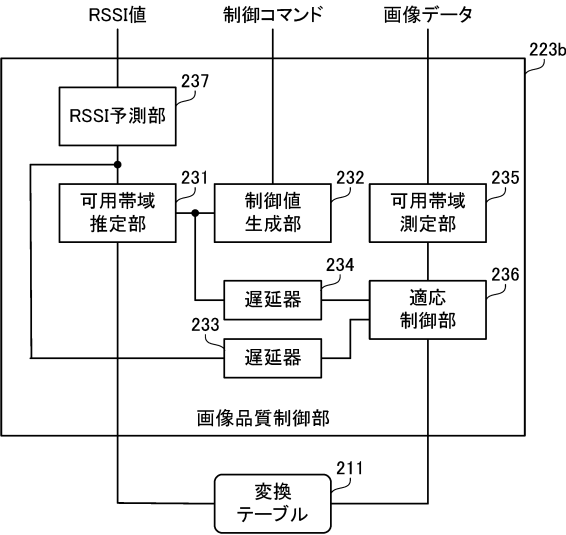
20

30

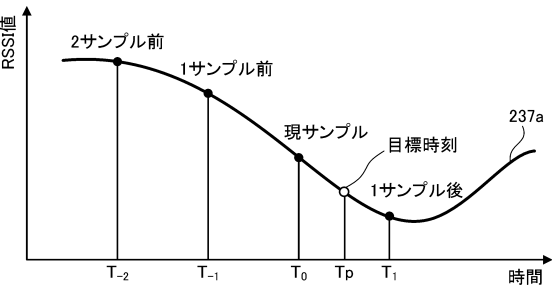
40

50

【図 1 3】

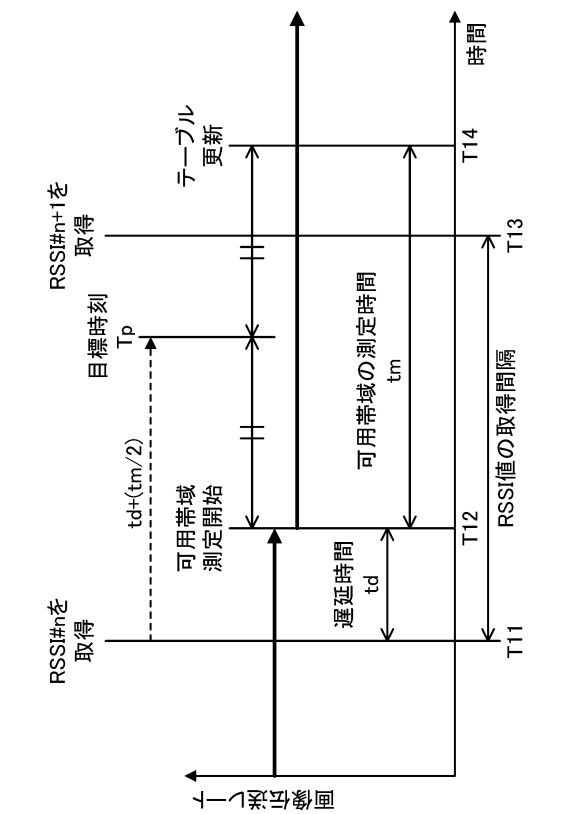


【図 1 4】

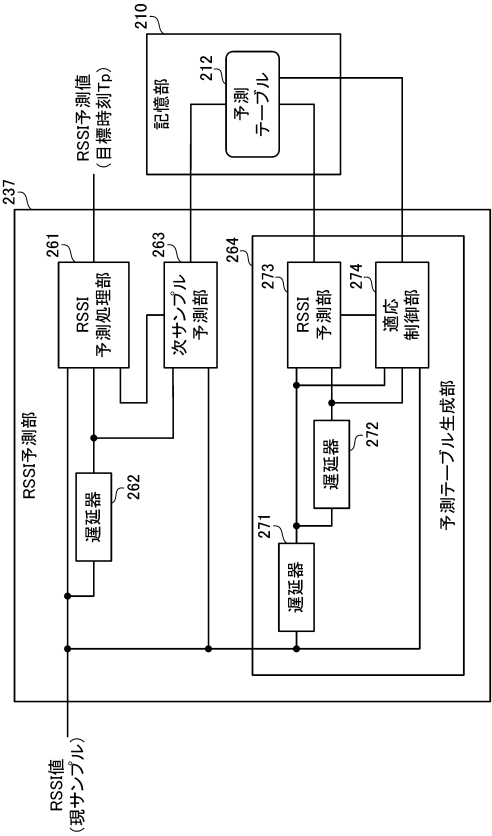


10

【図 1 5】



【図 1 6】



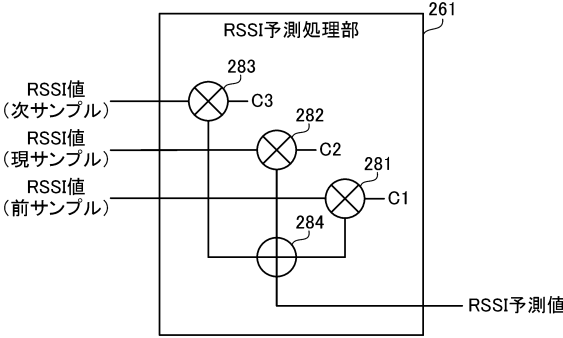
20

30

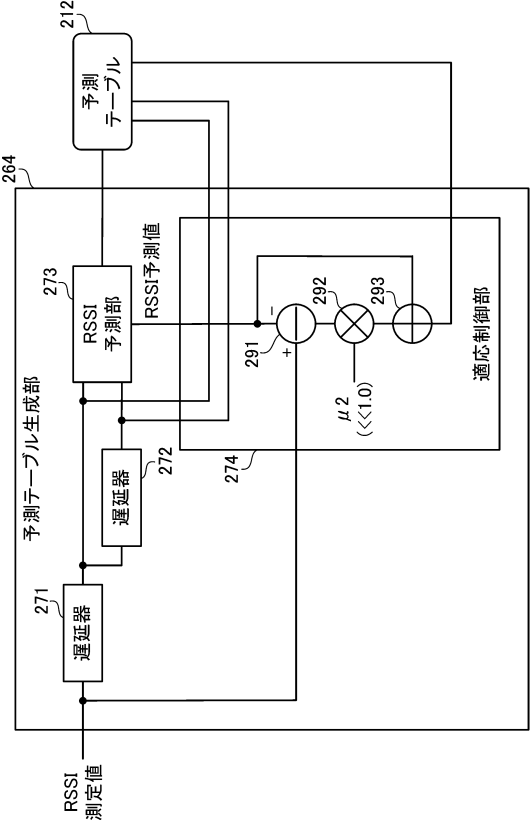
40

50

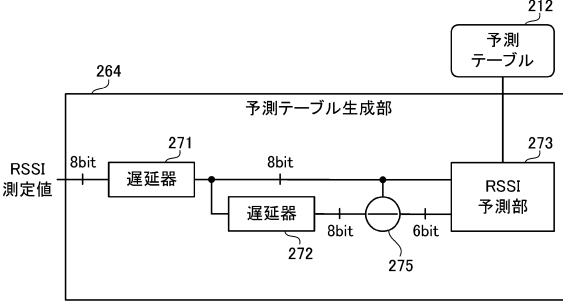
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 椎▲崎▼ 耕太郎
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 横尾 郁
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 二宮 照尚
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- 審査官 大西 宏
- (56)参考文献 特開2011-009904 (JP, A)
特開2017-069849 (JP, A)
特開2017-092844 (JP, A)
特開2017-123540 (JP, A)
特開2018-121192 (JP, A)
米国特許出願公開第2016/0234078 (US, A1)
国際公開第2013/187033 (WO, A1)
国際公開第2014/017140 (WO, A1)
国際公開第2015/019546 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H04N 21/00 - 21/858