

明 細 書

発明の名称：帯域幅測定装置及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、帯域幅測定装置及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 通信網を介して接続される通信装置間における実際の通信の性能を測るために、通信装置間の帯域幅を測定することがある（例えば特許文献1を参照）。

[0003] 通信網の混雑状態は時々刻々と変化するため、通信網の混雑状態の変化に適したタイミングで帯域幅を順次測定することが望ましい。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2000-106557号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明の目的は、利用する通信網の混雑状態の変化に適したタイミングで帯域幅を測定することができる帯域幅測定装置及びプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 請求項1に記載の発明は、利用する通信網の時間ごとの通信の混雑量の推移を示す推移データをフーリエ変換して得られる周波数成分のうち最大の周波数成分をカットオフ周波数として抽出する手段と、前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数とエラー率との関係に基づいて、所与のエラー率を満足する測定回数の最小値を決定する決定手段と、前記カットオフ周波数に基づいて決定される測定周期の最大値と、前記決定手段により決定した前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数の最小値の両方の条件を満足するように、測定周期と測定時間とをそれぞれ設定する設定手

段と、前記設定手段により設定された測定周期と測定時間とに基づいて、前記通信網を利用した通信の帯域幅を測定する測定手段と、を含むことを特徴とする帯域幅測定装置である。

[0007] 請求項 2 に記載の発明は、前記測定手段は、前記測定周期を、前記カットオフ周波数に対応する周期の $1/2$ に設定することを特徴とする請求項 1 に記載の帯域幅測定装置である。

[0008] 請求項 3 に記載の発明は、前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数 M とエラー率 $e(M)$ との関係は、 $e(M) = 1 - \text{sinc}(\pi/M)$ であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の帯域幅測定装置である。

[0009] 請求項 4 に記載の発明は、前記通信網に接続された情報配信装置に対しデータの配信を要求する際に、前記測定手段により測定された帯域幅の情報を送信する送信手段と、前記送信手段により送信された帯域幅の情報に応じて選択された品質のデータを前記情報配信装置から受信する受信手段と、をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の帯域幅測定装置である。

[0010] 請求項 5 に記載の発明は、前記送信手段は、前記データの配信の要求を受け付けた後に、前記測定手段により測定された帯域幅の情報を送信することを特徴とする請求項 4 に記載の帯域幅測定装置である。

[0011] 請求項 6 に記載の発明は、前記測定手段により測定された最新の帯域幅の情報を記憶する記憶手段をさらに含み、前記送信手段は、前記通信網に接続された情報配信装置に対しデータの配信を要求する際に、前記記憶手段に記憶される最新の帯域幅の情報を送信することを特徴とする請求項 4 に記載の帯域幅測定装置である。

[0012] 請求項 7 に記載の発明は、前記通信網に接続された他の装置からデータの配信の要求を受け付けた際に、前記測定手段により測定された帯域幅の情報に応じて選択された品質のデータを当該他の装置に送信する送信手段をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の帯域幅測定装置

である。

- [0013] 請求項 8 に記載の発明は、利用する通信網の時間ごとの通信の混雑量の推移を示す推移データをフーリエ変換して得られる周波数成分のうち最大の周波数成分をカットオフ周波数として抽出する手段と、前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数とエラー率との関係に基づいて、所与のエラー率を満足する測定回数の最小値を決定する決定手段と、前記カットオフ周波数に基づいて決定される測定周期の最大値と、前記決定手段により決定した前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数の最小値の両方の条件を満足するように、測定周期と測定時間とをそれぞれ設定する設定手段と、前記設定手段により設定された測定周期と測定時間とに基づいて、前記通信網を利用した通信の帯域幅を測定する測定手段としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。

発明の効果

- [0014] 請求項 1 及び 8 に記載の発明によれば、利用する通信網の混雑状態の変化に適したタイミングで帯域幅を測定することができる。
- [0015] 請求項 2 に記載の発明によれば、本構成を有しない場合と比較して、測定頻度を減らすことができる。
- [0016] 請求項 3 に記載の発明によれば、本構成を有しない場合と比較して、測定回数からエラー率を簡易に得ることができる。
- [0017] 請求項 4 に記載の発明によれば、帯域幅に応じた品質のデータ配信を受けることができる。
- [0018] 請求項 5 に記載の発明によれば、データ配信要求時の帯域幅に応じた品質のデータ配信を受けることができる。
- [0019] 請求項 6 に記載の発明によれば、データ配信要求後に帯域幅を測定する場合に比べて、データ配信までの待機時間を減らすことができる。
- [0020] 請求項 7 に記載の発明によれば、データ配信先に帯域幅に応じた品質のデータを配信することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本実施形態に係る情報配信システムのシステム構成図である。

[図2]情報配信サーバ、クライアント装置にそれぞれ備えられたハードウェア構成例を示す図である。

[図3]配信動画データ管理テーブルの一例を示す図である。

[図4]通信混雑状態推移データの一例を示す図である。

[図5]第1の実施例に係る動画配信処理のシーケンス図である。

[図6]第1の実施例に係る動画配信処理のシーケンス図である。

[図7]計測時間設定処理のフローチャートである。

[図8]第2の実施例に係る動画配信処理のシーケンス図である。

[図9]第2の実施例に係る動画配信処理のシーケンス図である。

[図10]第3の実施例に係る計測時間設定処理のシーケンス図である。

[図11]第3の実施例に係る動画配信処理のシーケンス図である。

[図12] $f(M(u))$ の関数のグラフを示した図である。

[図13] M とエラー率との関係を示した図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明を実施するための実施の形態（以下、実施形態という）を、図面を参照しながら説明する。

[0023] [システム構成図]

図1には、本実施形態に係る情報配信システム1のシステム構成図を示した。図1に示されるように、情報配信システム1は、情報配信サーバ10、1以上の基地局装置30、1以上のクライアント装置40を含む。情報配信サーバ10と各基地局装置30は例えば光通信網等のネットワーク20を介して通信し、基地局装置30とクライアント装置40とは移動体通信、無線LAN通信等の無線通信を行うことで、情報配信サーバ10と各クライアント装置40との通信も可能となっている。

[0024] 情報配信サーバ10は、動画等のデータを保持し、クライアント装置40からの要求に応じてデータを提供するコンピュータである。ここで、情報配信サーバ10は、クライアント装置40からの要求に係るデータ（動画）の

品質（解像度、サイズ等）を、クライアント装置40と情報配信サーバ10間の通信帯域幅（BW：bandwidth）に基づいて選択して、選択した品質のデータをクライアント装置40に提供することとする。

[0025] 基地局装置30は、情報配信サーバ10とは有線通信し、各クライアント装置40とは移動体通信等の無線通信を行う装置である。基地局装置30とクライアント装置40間との無線通信は、3G、4Gの移動体通信等の各種通信方式で行うこととしてよい。

[0026] クライアント装置40は、ユーザにより操作される携帯電話機（多機能携帯電話を含む）、タブレット端末、パーソナルコンピュータ等のコンピュータである。クライアント装置40は、基地局装置30と無線通信し、基地局装置30を介して情報配信サーバ10とデータ通信する。これにより、例えばクライアント装置40は、情報配信サーバ10から動画等の配信を受ける。また、クライアント装置40は、情報配信サーバ10との間の通信帯域幅（BW）の測定を、設定した測定間隔（T）ごとに、設定した測定時間（ τ ）実行する。ここで、測定間隔（T）と測定時間（ τ ）は、時間ごとのネットワークの混雑状態の推移を示す通信混雑状態推移データ（Congestion Profile）に基づいて設定することとするが、この設定処理の詳細については後述する。

[0027] 本実施形態に係る情報配信システム1で行われる処理の一例は以下の通りである。すなわち、クライアント装置40は、ユーザから情報配信サーバ10からの動画配信要求を受け付けると、情報配信サーバ10との通信を確立して、そして、クライアント装置40は、情報配信サーバ10とクライアント装置40間の通信帯域幅（BW）を、ネットワークの混雑状態（例えば通信量）の時間的推移に対して最適化された測定間隔（T）と測定時間（ τ ）に基づいて測定する。そして、クライアント装置40は、配信を要求する動画の指定情報（例えばURL）とともに、測定した通信帯域幅を情報配信サーバ10に送信する。情報配信サーバ10は、クライアント装置40から受信した指定情報に対応する動画について、クライアント装置40から受信し

た通信帯域幅に基づいて動画品質（解像度、ビットレート等）を選択し、選択した動画品質に対応する動画配信用のURLをクライアント装置40に送信する。クライアント装置40は、情報配信サーバ10から送信された動画配信用のURLにアクセスして、クライアント装置40と情報配信サーバ10間の通信帯域幅に最適化された品質の動画配信を受け、配信された動画を再生（例えばストリーミング再生）する。

[0028] [ハードウェア構成図]

以上の処理を実施するために、情報配信サーバ10、クライアント装置40にそれぞれ備えられた構成について図2を参照しながら説明する。

[0029] [情報配信サーバ10]

まず、情報配信サーバ10のハードウェア構成例について説明する。図2に示されるように、情報配信サーバ10は、制御部11、記憶部12、通信部13を備える。

[0030] 制御部11は、CPU（Central Processing Unit）を含み、記憶部12に記憶されたプログラムに基づいて、各種の演算処理を実行するとともに情報配信サーバ10の各部を制御する。

[0031] 記憶部12は、情報配信サーバ10のオペレーティングシステム等のプログラムやデータを記憶するほか、制御部11のワークメモリとしても用いられる。プログラムは、光ディスク、磁気ディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、フラッシュメモリ等の情報記憶媒体に格納された状態で情報配信サーバ10に供給されてもよいし、インターネット等のデータ通信手段を介して情報配信サーバ10に供給されてもよい。以下、記憶部12に記憶されるデータの一例を説明する。

[0032] 記憶部12には、例えば、動画データ（動画ファイル）と、通信帯域幅ごとに配信する動画データの品質を定めた配信動画データ管理テーブルが記憶される。

[0033] 図3には、配信動画データ管理テーブルの一例を示した。図3に示されるように、配信動画データ管理テーブルには、動画データのファイル名、品質

(フレームレート、解像度、ビットレート)、通信帯域幅のランク(範囲)、動画データの配信用URLが関連付けて記憶される。ここで、通信帯域幅のランクは、通信方式ごとに定められることとしてよい。

[0034] 通信部13は、ネットワークインターフェースカードにより実現され、ネットワークを介して基地局装置30等とデータ通信するとともに、基地局装置30を介してクライアント装置40等ともデータ通信する。

[0035] [クライアント装置40]

次に、クライアント装置40のハードウェア構成例について説明する。図2に示されるように、クライアント装置40は、制御部41、記憶部42、通信部43、入力部44、表示部45を備える。

[0036] 制御部41は、CPU(Central Processing Unit)を含み、記憶部42に記憶されたプログラムに基づいて、各種の演算処理を実行するとともにクライアント装置40の各部を制御する。

[0037] 記憶部42は、クライアント装置40のオペレーティングシステム等のプログラムやデータを記憶するほか、制御部41のワークメモリとしても用いられる。プログラムは、光ディスク、磁気ディスク、磁気テープ、光磁気ディスク、フラッシュメモリ等の情報記憶媒体に格納された状態でクライアント装置40に供給されてもよいし、インターネット等のデータ通信手段を介してクライアント装置40に供給されてもよい。

[0038] 記憶部42には、例えば、時間ごとのネットワークの混雑状態の推移データ(通信混雑状態推移データ)が記憶されることとしてよい。

[0039] 図4には、通信混雑状態推移データの一例を示した。図4に示される通信混雑状態推移データの例では、横軸は時間(0~23時)、縦軸は通信混雑量を示している。ここで、通信混雑量は、例えば、通信されるパケットの量、ロスパケットの量、パケットの遅延時間に基づくデータとしてよい。この通信混雑状態推移データは、クライアント装置40が、情報配信サーバ10に対して定期的に送信したパケットに基づいて計測して取得してもよいし、他の装置や記憶媒体から取得してもよい。なお、通信混雑状態推移データは

、月、曜日ごとに定められることとしてもよい。

[0040] 通信部43は、例えば無線通信アンテナを含み、無線通信アンテナを介して、基地局装置30と通信する。

[0041] 入力部44は、タッチパネル、キーボード等の入力装置により実現され、ユーザからの操作入力を受け付ける。

[0042] 表示部45は、液晶ディスプレイ等の表示装置により実現され、制御部41による情報処理の結果（画面）を表示させる。

[0043] [シーケンス]

次に、情報配信システム1において行われる第1～3の実施例に係る処理の詳細を、図5～11に示したシーケンス図及びフロー図を参照しながら説明する。

[0044] [第1実施例]

まず、第1の実施例に係る処理について図5～7を参照しながら説明する。第1の実施例は、クライアント装置40が、動画配信要求時に通信帯域幅（BW）を計測して、情報配信サーバ10に通信帯域幅（BW）の情報を送信することとした場合の処理例に関する。

[0045] 図5及び図6には、クライアント装置40が情報配信サーバ10に動画配信を要求する際に実行される動画配信処理のシーケンス図を示した。

[0046] 図5に示されるように、クライアント装置40は、まず事前処理として、通信帯域幅（BW）を計測する時間間隔（T）及び計測時間（ τ ）を設定するための計測時間設定処理を実行する（S101）。この計測時間設定処理の詳細については後述する。

[0047] クライアント装置40は、ユーザから動画配信要求を受け付けると（S102）、動画配信要求に係るリンク（URL）に基づいて情報配信サーバ10にアクセスして、動画配信及びコネクション確立を要求する（S103）。

[0048] 情報配信サーバ10は、クライアント装置40からコネクション確立要求パケットを受け付けると、コネクション確立要求パケットに対する肯定応答

(ACK) をクライアント装置 40 に対して送信する (S104)。

[0049] クライアント装置 40 は、情報配信サーバ 10 から接続確立要求パケットに対する肯定応答 (ACK) を受信すると、情報配信サーバ 10 との通信に用いる通信ポートを互いに識別する (S105)。

[0050] 次に、クライアント装置 40 は、タイマー t_A を初期化し ($t_A = 0$)、タイマー t_A による計時を開始するとともに (S106)、タイマー t_B を初期化し ($t_B = 0$)、タイマー t_B による計時を開始する (S107)。その後、クライアント装置 40 は、送信時間のタイムスタンプを付加したダミーパケットを情報配信サーバ 10 に送信する (S108)。

[0051] 情報配信サーバ 10 は、クライアント装置 40 からダミーパケットを受信すると、受信したダミーパケットに対する肯定応答 (ACK) に送信時間のタイムスタンプを付加してクライアント装置 40 に送信する (S109)。

[0052] クライアント装置 40 は、情報配信サーバ 10 からダミーパケットに対する肯定応答 (ACK) を受信すると、ダミーパケットとその肯定応答 (ACK) のそれぞれのタイムスタンプの時間間隔に基づいてラウンドトリップタイム (RTT) を計算し記録する (S110)。なお、クライアント装置 40 は、送信したダミーパケットに対して ACK を受信できなかった場合には、パケットロスが発生したとしてその旨についても記録することとしてよい。ここで、クライアント装置 40 は、タイマー t_B が τ に達していない場合には (S111 : N)、S108 に戻り、タイマー t_B が τ に達している場合には (S111 : Y)、タイマー t_A が T に達しているか否かを判定する (S112)。

[0053] クライアント装置 40 は、S112 で、タイマー t_A が T に達していない場合には (S112 : N)、タイマー t_A が T に達するまで待機し、タイマー t_A が T に達した場合には (S112 : Y)、計測終了条件を満たすか否かを判定する (S113)。例えば、クライアント装置 40 は、ダミーパケットの送信回数が回数閾値以上となった場合、又は、計測開始からの経過時間が時間閾値以上となった場合に、計測終了条件を満たすと判定することと

してよい。

[0054] クライアント装置40は、S113において、計測終了条件を満たさない場合には（S113：N）、S106に戻り、計測終了条件を満たす場合には（S113：Y）、記録されたRTT及びパケットロス率（p）に基づいて通信帯域幅（BW）を算出する（S114）。例えば、通信帯域幅（BW）は、例えば以下の式（1）により算出することとしてよい。なお、式（1）における、RTTは、記録されたRTTの平均値（又は中央値としてもよい）、pは送信パケット数におけるロスパケットの比率、MSS（Maximum Segment Size）は、受信データのセグメントの最大サイズである。もちろん、通信帯域幅（BW）の算出に用いる式は式（1）に限られるものではなく他の式を用いても構わない。

[0055] [数1]

$$BW = \sqrt{\frac{3}{2}} \times \frac{MSS}{RTT \times \sqrt{p}} \quad \dots(1)$$

[0056] S114以降の処理については図6を参照しながら説明する。

[0057] 図6に示されるように、クライアント装置40は、S114で算出した通信帯域幅（BW）を含む通信状態情報を情報配信サーバ10に送信する（S115）。なお、通信状態情報には、クライアント装置40が利用する無線通信の通信回線（例えば移動体通信方式）の情報を含むこととしてよい。

[0058] 情報配信サーバ10は、クライアント装置40から通信回線及び通信帯域幅（BW）の情報を含む通信状態情報を受信すると、クライアント装置40の要求に係る動画データに対し、上記受信した通信回線及び通信帯域幅（BW）に応じた動画品質を、動画配信データ管理テーブルを参照して選択する（S116）。例えば、情報配信サーバ10は、通信帯域幅（BW）が通信回線ごとに定められたランク（例えば、移動体通信方式Aにおいて、L（BWA1未満）、M（BWA1以上BMA2未満）、H（BWA2以上）のいずれに該当するかを判断し、通信回線とランクの組に応じた動画品質（フレームレート、解像度、ビットレート）を選択することとしてよい。

[0059] さらに、情報配信サーバ10は、動画配信データ管理テーブルから、S116で選択した動画品質の動画データを配信するための配信URLを取得し（S117）、取得した配信URLをクライアント装置40に送信して（S118）、クライアント装置40を配信URLにリダイレクトさせる。

[0060] クライアント装置40は、情報配信サーバ10から送信された配信URLにアクセスして（S119）、情報配信サーバ10から配信URLに紐付けられる動画データの配信を受け（S120）、動画データを再生する（S121）。

[0061] 以上が、クライアント装置40が情報配信サーバ10に動画配信を要求する際に実行される動画配信処理の全体の流れである。

[0062] [計測時間設定処理のフローチャート]

ここで、図5のS101で実行される計測時間設定処理の詳細について、図7に示したフローチャートを参照しながら説明する。

[0063] 図7に示されるように、クライアント装置40は、時間ごとのネットワークの混雑状態の推移を示す通信混雑状態推移データ（図4を参照）を取得する（S1001）。通信混雑状態推移データは、クライアント装置40が、情報配信サーバ10に対して定期的に送信したパケットに基づいて計測して取得してもよいし、他の装置や記憶媒体から取得してもよい。なお、通信混雑状態推移データが、月、曜日ごとに定められているときには、クライアント装置40は、現在日時に応じた通信混雑状態推移データを取得するようにしてよい。

[0064] ここで、通信混雑状態推移データと、ネットワークのサンプリング関数との関係について説明する。まず、ネットワークのサンプリング関数 $s(t)$ を、サンプリング期間（測定周期）を T 、測定時間を τ として以下の式（2）で表し、時間 t についてのネットワークの混雑状態の推移を示す通信混雑状態推移データを $c(t)$ で表すこととする。なお、 rect は矩形関数、 δ はデルタ関数を表す。

[0065]

[数2]

$$s(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) * \sum_{n=1}^N \delta(t - nT) \quad \dots (2)$$

[0066] そして、ネットワーク評価関数 $NetEst(t)$ を $s(t)$ と $c(t)$ を用いて以下の式 (3) で表す。 $NetEst(t)$ をフーリエ変換すると式 (4) で表される。なお、 sinc はシンク関数、 u は周波数成分、 $*$ は畳み込みの演算子、 $S(u)$ 、 $C(u)$ はそれぞれ $s(t)$ 、 $c(t)$ のフーリエ変換を表す。

[0067] [数3]

$$NetEst(t) = s(t) \times c(t) = \left(\text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) * \sum_{n=1}^N \delta(t - nT) \right) \times c(t) \quad \dots (3)$$

[0068] [数4]

$$nETeST(u) = S(u) \times C(u) = \left(\text{Sinc}(u\tau) \times \sum_{m=1}^N \delta\left(u - \frac{m}{T}\right) \right) * C(u) \quad \dots (4)$$

[0069] クライアント装置 40 は、通信混雑状態推移データ $c(t)$ に対してフーリエ変換（例えば FFT）を施して、カットオフ周波数 f_c を算出する（S1002）。なお、カットオフ周波数 f_c は、通信混雑状態推移データ $c(t)$ をフーリエ変換した $C(u)$ の最大周波数成分である。

[0070] ナイキストの定理より、測定周期 T とカットオフ周波数 f_c とは以下の式 (5) を満たす。

$$T \leq 1 / (2 \cdot f_c) \quad \dots (5)$$

[0071] また、カットオフ周波数 f_c に対応する周期 ($1 / f_c$) における測定回数を M とすると、 $\tau(M)$ は以下の式 (6) で表される。

$$\tau(M) = 1 / (M \cdot f_c) \quad \dots (6)$$

[0072] ここで、図 12 には、 $f_M(u) = \text{sinc}(\pi u \tau) = \text{sinc}(\pi u / M \cdot f_c)$ について、 M を変化（例えば $M = 1, 5, 25$ ）させた場合の $f_M(u)$ の関数のグラフを示した。そして、 M が 1 以上の場合に対し、 u

= f_c におけるエラー率 $e(M)$ を以下の式 (7) で表す。

$$e(M) = 1 - (f_M(f_c) - f_1(f_c)) \quad \dots (7)$$

また、式 (7) は

$$e(M) = 1 - (\text{sinc}(\pi/M) - \text{sinc}(\pi)) = 1 - \text{sinc}(\pi/M)$$

とも表すことができる。

[0073] 図 13 には、 M とエラー率との関係を示した。図 13 の横軸は M 、縦軸はエラー率を示している。ここで、所望のエラー率を指定すると、対応する M が決定される。例えば、図 13 に示された例において、エラー率に 0.1% 以下を指定した場合には、対応する M は約 43 以上となる。

[0074] ここで、図 7 のフローチャートに戻り説明を続ける。上述したように、クライアント装置 40 は、周期 ($1/f_c$) において指定されたエラー率を満足する測定回数 M の最小値 M_{min} を決定する (S1003)。

[0075] 次に、クライアント装置 40 は、式 (5) を満足する T を決定する (S1004)。例えば、 $T = 1/(2 \cdot f_c)$ としてよい。そして、クライアント装置 40 は、S1003 で決定した M_{min} 以上の M に基づいて、 τ を決定するとともに、デューティ比 τ/T を決定して (S1005)、リターンする。例えば、 $M_{min} = 43$ とした場合に $M = 100$ とすると、 $\tau/T = 1/50$ となる。

[0076] 以上が第 1 の実施例に係る処理の流れである。第 1 の実施例に係る処理によれば、クライアント装置 40 が情報配信サーバ 10 に動画配信を要求する時点での通信帯域幅 (BW) に適した品質の動画が配信される。また、各クライアント装置 40 が通信帯域幅 (BW) の計測を実行することで、情報配信サーバ 10 に処理負荷が集中しない。

[0077] [第 2 実施例]

次に、本実施形態に係る情報配信システム 1 により行われる第 2 の実施例に係る処理について図 8～9 を参照しながら説明する。第 2 の実施例は、情報配信サーバ 10 が、動画配信要求を受け付けた時に通信帯域幅 (BW) を

計測することとした場合の処理例に関する。

[0078] 図8及び図9には、クライアント装置40が情報配信サーバ10に動画配信を要求する際に実行される動画配信処理のシーケンス図を示した。

[0079] 図8に示されるように、情報配信サーバ10は、まず事前処理として、通信帯域幅(BW)を計測する時間間隔(T)及び計測時間(τ)を設定するための計測時間設定処理を実行する(S201)。この計測時間設定処理の詳細は図7に示したフローチャートの通りであるため、ここでの説明は省略する。

[0080] クライアント装置40は、ユーザから動画配信要求を受け付けると(S202)、動画配信要求に係るリンク(URL)に基づいて情報配信サーバ10にアクセスして、動画配信及びコネクション確立を要求する(S203)。

[0081] 情報配信サーバ10は、クライアント装置40からコネクション確立要求パケットを受け付けると、コネクション確立要求パケットに対する肯定応答(ACK)をクライアント装置40に対して送信する(S204)。

[0082] クライアント装置40は、情報配信サーバ10からコネクション確立要求パケットに対する肯定応答(ACK)を受信すると、情報配信サーバ10との通信に用いる通信ポートを互いに識別する(S205)。

[0083] 次に、情報配信サーバ10は、タイマーtAを初期化し($tA=0$)、タイマーtAによる計時を開始するとともに(S206)、タイマーtBを初期化し($tB=0$)、タイマーtBによる計時を開始する(S207)。その後、情報配信サーバ10は、送信時間のタイムスタンプを付加したダミーパケットをクライアント装置40に送信する(S208)。

[0084] クライアント装置40は、情報配信サーバ10からダミーパケットを受信すると、受信したダミーパケットに対する肯定応答(ACK)に送信時間のタイムスタンプを付加して情報配信サーバ10に送信する(S209)。

[0085] 情報配信サーバ10は、クライアント装置40からダミーパケットに対する肯定応答(ACK)を受信すると、ダミーパケットとその肯定応答(ACK

K) のそれぞれのタイムスタンプの時間間隔に基づいてラウンドトリップタイム (R T T) を計算し記録する (S 2 1 0)。なお、情報配信サーバ 1 0 は、送信したダミーパケットに対して A C K を受信できなかった場合には、パケットロスが発生したとしてその旨についても記録することとしてよい。ここで、情報配信サーバ 1 0 は、タイマー t B が τ に達していない場合には (S 2 1 1 : N)、S 2 0 8 に戻り、タイマー t B が τ に達している場合には (S 2 1 1 : Y)、タイマー t A が T に達しているか否かを判定する (S 2 1 2)。

[0086] 情報配信サーバ 1 0 は、S 2 1 2 で、タイマー t A が T に達していない場合には (S 2 1 2 : N)、タイマー t A が T に達するまで待機し、タイマー t A が T に達した場合には (S 2 1 2 : Y)、計測終了条件を満たすか否かを判定する (S 2 1 3)。例えば、情報配信サーバ 1 0 は、ダミーパケットの送信回数が回数閾値以上となった場合、又は、計測開始からの経過時間が時間閾値以上となった場合に、計測終了条件を満たすと判定することとしてよい。

[0087] 情報配信サーバ 1 0 は、S 2 1 3 において、計測終了条件を満たさない場合には (S 2 1 3 : N)、S 2 0 6 に戻り、計測終了条件を満たす場合には (S 2 1 1 3 : Y)、記録された R T T 及びパケットロス率 (p) に基づいて通信帯域幅 (B W) を算出する (S 2 1 4)。例えば、通信帯域幅 (B W) は、上述した式 (1) により算出することとしてよい。

[0088] S 2 1 4 以降の処理については図 9 を参照しながら説明する。

[0089] 図 9 に示されるように、情報配信サーバ 1 0 は、クライアント装置 4 0 の用いる通信回線及び上記算出した通信帯域幅 (B W) の情報に基づき、クライアント装置 4 0 の要求に係る動画データに対し、上記の通信回線及び通信帯域幅 (B W) に応じた動画品質を、動画配信データ管理テーブルを参照して選択する (S 2 1 5)。例えば、情報配信サーバ 1 0 は、通信帯域幅 (B W) が通信回線ごとに定められたランク (例えば、移動体通信方式 A において、L (B W A 1 未満)、M (B W A 1 以上 B M A 2 未満)、H (B W A 2

以上)のいずれに該当するかを判断し、通信回線とランクの組に応じた動画品質(フレームレート、解像度、ビットレート)を選択することとしてよい。

[0090] さらに、情報配信サーバ10は、動画配信データ管理テーブルから、S215で選択した動画品質の動画データを配信するための配信URLを取得し(S216)、取得した配信URLをクライアント装置40に送信して(S217)、クライアント装置40を配信URLにリダイレクトさせる。

[0091] クライアント装置40は、情報配信サーバ10から送信された配信URLにアクセスして(S218)、情報配信サーバ10から配信URLに紐付けられる動画データの配信を受け(S219)、動画データを再生する(S220)。

[0092] 以上が、第2の実施例において、クライアント装置40が情報配信サーバ10に動画配信を要求する際に実行される動画配信処理の全体の流れである。

[0093] 第2の実施例に係る処理によれば、各クライアント装置40が通信帯域幅(BW)の計測を実行する機能を有していない場合であっても、クライアント装置40が情報配信サーバ10に動画配信を要求する時点での通信帯域幅(BW)に適した品質の動画がクライアント装置40に配信される。

[0094] [第3実施例]

次に、第3の実施例に係る処理について図10~11を参照しながら説明する。第3の実施例は、クライアント装置40が、動画配信要求に先立って、定期的に通信帯域幅(BW)を計測して保持しておき、動画配信要求を受け付けた場合に、保持してある最新の通信帯域幅(BW)の情報を情報配信サーバ10に送信することとした場合の処理例に関する。

[0095] 図10には、クライアント装置40が定期的に実行する通信帯域幅(BW)の計測処理のシーケンス図を示した。

[0096] 図10に示されるように、クライアント装置40は、まず事前処理として、通信帯域幅(BW)を計測する時間間隔(T)及び計測時間(τ)を設定

するための計測時間設定処理を実行する（S301）。この計測時間設定処理の詳細は図7に示したフローチャートの通りであるため、ここでの説明は省略する。

- [0097] クライアント装置40は、通信帯域幅（BW）の更新タイミングが到来していない場合には（S302：N）、待機し、通信帯域幅（BW）の更新タイミングが到来した場合には（S302：Y）、情報配信サーバ10にアクセスして、コネクション確立を要求する（S303）。
- [0098] 情報配信サーバ10は、クライアント装置40からコネクション確立要求パケットを受け付けると、コネクション確立要求パケットに対する肯定応答（ACK）をクライアント装置40に対して送信する（S304）。
- [0099] クライアント装置40は、情報配信サーバ10からコネクション確立要求パケットに対する肯定応答（ACK）を受信すると、情報配信サーバ10との通信に用いる通信ポートを互いに識別する（S305）。
- [0100] 次に、クライアント装置40は、タイマーtAを初期化し（tA=0）、タイマーtAによる計時を開始するとともに（S306）、タイマーtBを初期化し（tB=0）、タイマーtBによる計時を開始する（S307）。その後、クライアント装置40は、送信時間のタイムスタンプを付加したダミーパケットを情報配信サーバ10に送信する（S308）。
- [0101] 情報配信サーバ10は、クライアント装置40からダミーパケットを受信すると、受信したダミーパケットに対する肯定応答（ACK）に送信時間のタイムスタンプを付加してクライアント装置40に送信する（S309）。
- [0102] クライアント装置40は、情報配信サーバ10からダミーパケットに対する肯定応答（ACK）を受信すると、ダミーパケットとその肯定応答（ACK）のそれぞれのタイムスタンプの時間間隔に基づいてラウンドトリップタイム（RTT）を計算し記録する（S310）。なお、クライアント装置40は、送信したダミーパケットに対してACKを受信できなかった場合には、パケットロスが発生したとしてその旨についても記録することとしてよい。ここで、クライアント装置40は、タイマーtBが ϵ に達していない場合

には (S 3 1 1 : N)、S 3 0 8に戻り、タイマー t Bが τ に達している場合には (S 3 1 1 : Y)、タイマー t AがTに達しているか否かを判定する (S 3 1 2)。

[0103] クライアント装置40は、S 3 1 2で、タイマー t AがTに達していない場合には (S 3 1 2 : N)、タイマー t AがTに達するまで待機し、タイマー t AがTに達した場合には (S 3 1 2 : Y)、計測終了条件を満たすか否かを判定する (S 3 1 3)。例えば、クライアント装置40は、ダミーパケットの送信回数が回数閾値以上となった場合、又は、計測開始からの経過時間が時間閾値以上となった場合に、計測終了条件を満たすと判定することとしてよい。

[0104] クライアント装置40は、S 3 1 3において、計測終了条件を満たさない場合には (S 3 1 3 : N)、S 3 0 6に戻り、計測終了条件を満たす場合には (S 3 1 3 : Y)、記録されたRTT及びパケットロス率 (p) に基づいて通信帯域幅 (BW) を算出する (S 3 1 4)。例えば、通信帯域幅 (BW) は、上述した式 (1) により算出することとしてよい。

[0105] クライアント装置40は、上記算出した最新の通信帯域幅 (BW) を記憶部42に保存 (上書き) してS 3 0 2に戻る。以上が、クライアント装置40が定期的に実行する通信帯域幅 (BW) の計測処理の流れである。

[0106] 次に、第3の実施例においてクライアント装置40が情報配信サーバ10に動画配信を要求する際に実行される処理を図11に示したシーケンス図を参照しながら説明する。

[0107] 図11に示されるように、クライアント装置40は、ユーザから動画配信要求を受け付けると (S 4 0 1)、記憶部42に保存してある最新の通信帯域幅 (BW) を含む通信状態情報を情報配信サーバ10に送信する (S 4 0 2)。なお、通信状態情報には、クライアント装置40が利用する無線通信の通信回線 (例えば移動体通信方式) の情報を含むこととしてよい。

[0108] 情報配信サーバ10は、クライアント装置40から通信回線及び通信帯域幅 (BW) の情報を含む通信状態情報を受信すると、クライアント装置40

の要求に係る動画データに対し、上記受信した通信回線及び通信帯域幅（BW）に応じた動画品質を、動画配信データ管理テーブルを参照して選択する（S403）。例えば、情報配信サーバ10は、通信帯域幅（BW）が通信回線ごとに定められたランク（例えば、移動体通信方式Aにおいて、L（BWA1未満）、M（BWA1以上BMA2未満）、H（BWA2以上）等としてよい）のいずれに該当するかを判断し、通信回線とランクの組に応じた動画品質（フレームレート、解像度、ビットレート）を選択することとしてよい。

[0109] さらに、情報配信サーバ10は、動画配信データ管理テーブルから、S403で選択した動画品質の動画データを配信するための配信URLを取得し（S404）、取得した配信URLをクライアント装置40に送信して（S405）、クライアント装置40を配信URLにリダイレクトさせる。

[0110] クライアント装置40は、情報配信サーバ10から送信された配信URLにアクセスして（S406）、情報配信サーバ10から配信URLに紐付けられる動画データの配信を受け（S407）、動画データを再生する（S408）。

[0111] 以上が、第3の実施例において、クライアント装置40が情報配信サーバ10に動画配信を要求する際に実行される動画配信処理の流れである。

[0112] 第3の実施例に係る処理によれば、クライアント装置40が予め通信帯域幅（BW）を計測して保持しておくことで、動画配信要求時に即時に情報配信サーバ10に通信帯域幅（BW）を送信できるため、第1の実施例に比較して動画配信までの待ち時間が低減される。

[0113] 本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。例えば、上述した実施形態ではクライアント装置40が無線でデータ通信を行う例を示したが、有線でデータ通信を行うこととしても構わない。

[0114] また、第3の実施例において、クライアント装置40が通信帯域幅（BW）の更新を行うタイミングは、定期的なタイミングに加えて、予め定められたイベントが発生した時（ユーザから予め定められた操作を受け付けた時、

通信する基地局装置 30 が変わった時等) も含めてもよい。

[0115] また、上述した実施形態では、情報配信サーバ 10 が動画データをクライアント装置 40 に配信する例について説明したが、配信されるデータは動画データに限られず他のデータとしてもよいのはもちろんである。

符号の説明

[0116] 1 情報配信システム、10 情報配信サーバ、11 制御部、12 記憶部、13 通信部、20 ネットワーク、30 基地局装置、40 クラ
イアント装置、41 制御部、42 記憶部、43 通信部、44 入力部
、45 表示部。

請求の範囲

[請求項1]

利用する通信網の時間ごとの通信の混雑量の推移を示す推移データをフーリエ変換して得られる周波数成分のうち最大の周波数成分をカットオフ周波数として抽出する手段と、

前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数とエラー率との関係に基づいて、所与のエラー率を満足する測定回数の最小値を決定する決定手段と、

前記カットオフ周波数に基づいて決定される測定周期の最大値と、前記決定手段により決定した前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数の最小値の両方の条件を満足するように、測定周期と測定時間とをそれぞれ設定する設定手段と、

前記設定手段により設定された測定周期と測定時間とに基づいて、前記通信網を利用した通信の帯域幅を測定する測定手段と、を含む

ことを特徴とする帯域幅測定装置。

[請求項2]

前記測定手段は、前記測定周期を、前記カットオフ周波数に対応する周期の1/2に設定する

ことを特徴とする請求項1に記載の帯域幅測定装置。

[請求項3]

前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数Mとエラー率 $\epsilon(M)$ との関係は、 $\epsilon(M) = 1 - \sin c(\pi/M)$ である

ことを特徴とする請求項1又は2に記載の帯域幅測定装置。

[請求項4]

前記通信網に接続された情報配信装置に対しデータの配信を要求する際に、前記測定手段により測定された帯域幅の情報を送信する送信手段と、

前記送信手段により送信された帯域幅の情報に応じて選択された品質のデータを前記情報配信装置から受信する受信手段と、をさらに含む

ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の帯域幅測定装置。

- [請求項5] 前記送信手段は、前記データの配信の要求を受け付けた後に、前記測定手段により測定された帯域幅の情報を送信することを特徴とする請求項4に記載の帯域幅測定装置。
- [請求項6] 前記測定手段により測定された最新の帯域幅の情報を記憶する記憶手段をさらに含み、
前記送信手段は、前記通信網に接続された情報配信装置に対しデータの配信を要求する際に、前記記憶手段に記憶される最新の帯域幅の情報を送信することを特徴とする請求項4に記載の帯域幅測定装置。
- [請求項7] 前記通信網に接続された他の装置からデータの配信の要求を受け付けた際に、前記測定手段により測定された帯域幅の情報に応じて選択された品質のデータを当該他の装置に送信する送信手段をさらに含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の帯域幅測定装置。
- [請求項8] 利用する通信網の時間ごとの通信の混雑量の推移を示す推移データをフーリエ変換して得られる周波数成分のうち最大の周波数成分をカットオフ周波数として抽出する手段と、
前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数とエラー率との関係に基づいて、所与のエラー率を満足する測定回数の最小値を決定する決定手段と、
前記カットオフ周波数に基づいて決定される測定周期の最大値と、前記決定手段により決定した前記カットオフ周波数に対応する周期における測定回数の最小値の両方の条件を満足するように、測定周期と測定時間とをそれぞれ設定する設定手段と、
前記設定手段により設定された測定周期と測定時間とに基づいて、前記通信網を利用した通信の帯域幅を測定する測定手段としてコンピュータを機能させるためのプログラム。