

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5326908号
(P5326908)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.		F I	
HO4W 28/22	(2009.01)	HO4W 28/22	
HO4W 28/02	(2009.01)	HO4W 28/02	
HO4L 12/931	(2013.01)	HO4L 12/931	
HO4W 4/06	(2009.01)	HO4W 4/06	1 7 1
HO4L 29/08	(2006.01)	HO4L 13/00	3 0 7 C

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2009-176689 (P2009-176689)
 (22) 出願日 平成21年7月29日(2009.7.29)
 (65) 公開番号 特開2011-35442 (P2011-35442A)
 (43) 公開日 平成23年2月17日(2011.2.17)
 審査請求日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100095957
 弁理士 亀谷 美明
 (74) 代理人 100096389
 弁理士 金本 哲男
 (74) 代理人 100101557
 弁理士 萩原 康司
 (74) 代理人 100128587
 弁理士 松本 一騎
 (72) 発明者 和久田 兼作
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送信レート制御方法および通信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線環境を含むネットワーク上でのストリーミング伝送において、直近の送信レート R_{SND}^{t-1} でデータを受信装置に送信し、前記データの受信レート R_{RCV}^t を含む RTP パケットを前記受信装置から受信するステップと、

前記ネットワークが輻輳状態にある場合、または前記ネットワークが非輻輳状態にあり直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が前記受信レート R_{RCV}^t より高い場合に、前記受信レート R_{RCV}^t の長期 E W M A (指数加重移動平均) として受信達成レート R_{AR}^t を算出し、

前記ネットワークが非輻輳状態にあり前記直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が前記受信レート R_{RCV}^t より低い場合、または RTP パケットのタイムアウトが生じている場合に、前記受信レート R_{RCV}^t の短期 E W M A として前記受信達成レート R_{AR}^t を算出するステップと、

前記受信達成レート R_{AR}^t に基づいて、送信レート R_{SND}^t を設定するステップと、
 を含む送信レート制御方法。

【請求項2】

前記受信達成レート R_{AR}^t を算出するステップにおいて、次式で表される前記受信レート R_{RCV}^t の長期 E W M A または短期 E W M A として前記受信達成レート R_{AR}^t を算出する、請求項1に記載の送信レート制御方法。

10

20

前記受信レート R_{RCV} の長期 EWMA として算出する場合：

$$R_{AR}^t = L \cdot R_{AR}^{t-1} + (1 - L) \cdot R_{RCV}^t$$

前記受信レート R_{RCV} の短期 EWMA として算出する場合：

$$R_{AR}^t = S \cdot R_{AR}^{t-1} + (1 - S) \cdot R_{RCV}^t$$

ここで、 $0 < S < L < 1$

【請求項 3】

前記送信レート R_{SEND}^t を設定するステップにおいて、前記送信レート R_{SEND}^t を次式により設定する、請求項 1 または 2 に記載の送信レート制御方法。

前記ネットワークが非輻轉状態にある場合：

$$R_{SEND}^t = (R_{RCV}^t \cdot RTT^t + 1) / (RTT^t + RTT) \quad 10$$

$$R_{SEND}^t = R_{SEND}^t + (1 -) \cdot R_{AR}^t$$

さらに、 $R_{SEND}^t > \text{制限レート } R_{LR}^t$ の場合に、 $R_{SEND}^t = R_{LR}^t$

前記ネットワークが輻轉状態にある場合：

$$R_{SEND}^t = R_{AR}^t$$

さらに、 $R_{SEND}^t > R_{RCV}^t$ の場合に、 $R_{SEND}^t = R_{RCV}^t$

$$R_{SEND}^t = (R_{RCV}^t \cdot RTT^t + 1) / (RTT^t + RTT)$$

さらに、 $R_{SEND}^t < R_{SEND}^t$ の場合に、 $R_{SEND}^t = (R_{SEND}^t + R_{SEND}^t) / 2$

ここで、 RTT^t および RTT^{t-1} ：最新の RTT および直近の RTT 、 RTT ： RTT の変動 ($RTT^t - RTT^{t-1}$)、 R_{LR}^t ： R_{SEND}^t の上限を規定する制限レート、 R_{SEND}^t ：仮の送信レート、 $0 < < 1$ 、 $0 < < 1$ 20

【請求項 4】

前記制限レート R_{LR}^t を次式により算出する、請求項 3 に記載の送信レート制御方法

$R_{SEND}^{t-1} < R_{MAX}$ の場合：

$$R_{LR}^t = R_{SEND}^{t-1} + L_{LR} \cdot (R_{MAX} - R_{SEND}^{t-1}) + R_{MIN}$$

$R_{SEND}^{t-1} > R_{MAX}$ の場合：

$$R_{LR}^t = R_{SEND}^{t-1} + R_{MIN}$$

ここで、 R_{SEND}^{t-1} ：直近の送信レート、 R_{MAX} ：現在の通信接続での最大送信レート、 R_{MIN} ：最小増加制限レート（定数、 $R_{MIN} > 0$ ）、 $0 < L_{LR} < 1$ 30

【請求項 5】

RTT^t が RTT_{START} 以下の状態から RTT_{START} を超える状態に変化した場合、またはパケットロスが発生した場合に、前記ネットワークが輻轉状態へ移行したと判定し、

RTT^t が RTT_{END} 以上の状態から RTT_{END} 未満の状態に変化し、かつ $SRTT^t / LRTT^t < \text{ }$ である場合に、前記ネットワークが非輻轉状態へ移行したと判定し、

さらに、前記ネットワークが非輻轉状態へ移行したと判定した場合でも、前記ネットワークが輻轉状態へ移行した時点から次式で表される輻轉状態継続期間中は、前記ネットワークの輻轉状態が継続しているとみなすステップをさらに含む、請求項 1 に記載の送信レート制御方法。 40

$$\mu \cdot (RTT_{MAX} - RTT_{MIN}) / (2 \cdot (1 -))$$

ここで、 RTT^t ：最新の RTT 、 RTT_{START} および RTT_{END} ：Spike 法により定義される輻轉状態へ移行時の RTT および非輻轉状態へ移行時の RTT 、 $SRTT^t$ および $LRTT^t$ ： RTT の短期 EWMA および長期 EWMA、 > 1 、 $0 < < 1$ 、 $\mu < 1$

【請求項 6】

無線環境を含むネットワーク上でのストリーミング伝送において、直近の送信レート R_{SEND}^{t-1} でデータを受信装置に送信し、前記データの受信レート R_{RCV}^t を含む RTP パケットを前記受信装置から受信する通信処理部と、 50

前記ネットワークが輻輳状態にある場合、または前記ネットワークが非輻輳状態にあり直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が前記受信レート R_{RCV}^t より高い場合に、前記受信レート R_{RCV} の長期EWMA（指数加重移動平均）として受信達成レート R_{AR}^t を算出し、前記ネットワークが非輻輳状態にあり前記直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が前記受信レート R_{RCV}^t より低い場合、またはRTPパケットのタイムアウトが生じている場合に、前記受信レート R_{RCV} の短期EWMAとして前記受信達成レート R_{AR}^t を算出する受信達成レート算出部と、

前記受信達成レート R_{AR}^t に基づいて、送信レート R_{SEND}^t を設定する送信レート設定部と、

を備える通信装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、送信レート制御方法および通信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

パケット交換方式のストリーミング配信システムでは、サーバー側からクライアント側へ映像、音声等のデータをダウンロードし、バッファリングした後に再生することで、ほぼリアルタイムのストリーミング配信が実現されている。しかし、ビデオ会議システム等、リアルタイム性が重視されるシステムでは、バッファリングによる再生遅延を回避するために、ネットワーク状況に応じてサーバー側で送信レートを調整してパケットロスを防止することになる。

20

【0003】

パケット交換方式のネットワーク上でエンドツーエンドの通信を行う場合に、トランスポート層で伝送レートを制御するためにTCP (Transport Control Protocol) が利用される。しかし、TCPは、伝送レートの変動が大きく、また自動再送が半無限的に行われるので、リアルタイムのストリーミング配信には適していない。

【0004】

このため、リアルタイムのストリーミング配信には、UDP (User Datagram Protocol) が主に利用される。UDPは、TFRC (TCP Friendly Rate Control)、RAP (Rate Adaptive Protocol)、DVRC (Dynamic Video Rate Control) 等のレート制御方法を用いる。

30

【0005】

しかし、これらのレート制御方法は、TCPと同様にAIMD (additive-increase and multiplicative-decrease) に基づいている。このため、無線環境を含むネットワークでは、ネットワーク帯域の変動に応じて、レートの変動が大きくなり、レートの急激な増加によりパケットロスが発生し易くなるという問題がある。そして、パケットロスは、映像のコマ落ちや乱れ、音声の途切れ等の原因となり、通信品質を著しく低下させてしまう。

40

【0006】

一方、レートの変動が小さいレート制御方法として、例えば下記非特許文献1等に記載されているVTP (Video Transport Protocol) が知られている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】G. Yang, M. Gerla, and M. Y. Sanadidi, "Adaptive video streaming in presence of wireless errors," Proc of the IPIF/IEEE MMNS Conference, Spring

50

er Verlag, San Diego, California, 2004.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、VTPは、レートの急激な減少に対する追従性が低いので、パケットロスが発生し易くなるという問題がある。このため、レートの変動が小さいVTPを基準として、無線環境を含むネットワークでも伝送遅延およびパケットロスを抑制可能なレート制御方法が望まれている。

【0009】

そこで、本発明は、無線環境を含むネットワーク上でのストリーミング伝送において、伝送遅延およびパケットロスを抑制可能な、送信レート制御方法および通信装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のある観点によれば、無線環境を含むネットワーク上でのストリーミング伝送において、直近の送信レート R_{SND}^{t-1} でデータを受信装置に送信し、データの受信レート R_{RCV}^t を含むRTCPパケットを受信装置から受信するステップと、ネットワークが輻輳状態にある場合、またはネットワークが非輻輳状態にあり直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が受信レート R_{RCV}^t より高い場合に、受信レート R_{RCV}^t の長期EWMA（指数加重移動平均）として受信達成レート R_{AR}^t を算出し、ネットワークが非輻輳状態にあり直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が受信レート R_{RCV}^t より低い場合、またはRTCPパケットのタイムアウトが生じている場合に、受信レート R_{RCV}^t の短期EWMAとして受信達成レート R_{AR}^t を算出するステップと、受信達成レート R_{AR}^t に基づいて、送信レート R_{SND}^t を設定するステップと、を含む送信レート制御方法が提供される。

【0011】

かかる方法によれば、ネットワーク状況に応じて受信レートの長期EWMAまたは短期EWMAとして算出された受信達成レートに基づいて、送信レートが設定される。これにより、無線環境を含むネットワーク上でのストリーミング伝送において、ネットワーク状況に対する送信レートの追従性を高め、伝送遅延およびパケットロスを抑制することができる。

【0012】

ここで、上記受信達成レート R_{AR}^t を算出するステップにおいて、次式で表される受信レート R_{RCV}^t の長期EWMAまたは短期EWMAとして受信達成レート R_{AR}^t を算出してもよい。

受信レート R_{RCV}^t の長期EWMAとして算出する場合：

$$R_{AR}^t = L \cdot R_{AR}^{t-1} + (1 - L) \cdot R_{RCV}^t$$

受信レート R_{RCV}^t の短期EWMAとして算出する場合：

$$R_{AR}^t = S \cdot R_{AR}^{t-1} + (1 - S) \cdot R_{RCV}^t$$

ここで、 $0 < S < L < 1$

【0013】

ここで、上記送信レート R_{SND}^t を設定するステップにおいて、送信レート R_{SND}^t を次式により設定してもよい。

ネットワークが非輻輳状態にある場合：

$$R_{SND}^t = (R_{RCV}^t \cdot RTT^t + 1) / (RTT^t + RTT)$$

$$R_{SND}^t = R_{SND}^t + (1 -) \cdot R_{AR}^t$$

さらに、 $R_{SND}^t > \text{制限レート } R_{LR}^t$ の場合に、 $R_{SND}^t = R_{LR}^t$

ネットワークが輻輳状態にある場合：

$$R_{SND}^t = R_{AR}^t$$

さらに、 $R_{SND}^t > R_{RCV}^t$ の場合に、 $R_{SND}^t = R_{RCV}^t$

$R_{SND}^{t'} = (R_{RCV}^t \cdot RTT^t + 1) / (RTT^t + RTT)$
 さらに、 $R_{SND}^{t'} < R_{SND}^t$ の場合に、 $R_{SND}^t = (R_{SND}^{t'} + R_{SND}^t) / 2$

ここで、 RTT^t および RTT^{t-1} : 最新の RTT および直近の RTT 、 RTT : RTT の変動 ($RTT^t - RTT^{t-1}$)、 R_{LR}^t : R_{SND}^t の上限を規定する制限レート、 $R_{SND}^{t'}$: 仮の送信レート、 $0 < \alpha < 1$ 、 $0 < \beta < 1$

【0014】

ここで、上記制限レート R_{LR}^t を次式により算出してもよい。

$R_{SND}^{t-1} < R_{MAX}$ の場合：

$$R_{LR}^t = R_{SND}^{t-1} + \alpha \cdot (R_{MAX} - R_{SND}^{t-1}) + \beta \cdot R_{MIN} \quad 10$$

$R_{SND}^{t-1} \geq R_{MAX}$ の場合：

$$R_{LR}^t = R_{SND}^{t-1} + \beta \cdot R_{MIN}$$

ここで、 R_{SND}^{t-1} : 直近の送信レート、 R_{MAX} : 現在の通信接続での最大送信レート、 R_{MIN} : 最小増加制限レート (定数、 $R_{MIN} > 0$)、 $0 < \alpha < 1$

【0015】

また、上記送信レート制御方法では、 RTT^t が RTT_{START} 以下の状態から RTT_{START} を超える状態に変化した場合、またはパケットロスが発生した場合に、ネットワークが輻輳状態へ移行したと判定し、

RTT^t が RTT_{END} 以上の状態から RTT_{END} 未満の状態に変化し、かつ $SRTT^t / LRTT^t < \gamma$ である場合に、ネットワークが非輻輳状態へ移行したと判定し、

さらに、ネットワークが非輻輳状態へ移行したと判定した場合でも、ネットワークが輻輳状態へ移行した時点から次式で表される輻輳状態継続期間 τ 中は、ネットワークの輻輳状態が継続しているとみなすステップをさらに含んでもよい。

$$\mu \cdot (RTT_{MAX} - RTT_{MIN}) / (2 \cdot (1 - \alpha))$$

ここで、 RTT^t : 最新の RTT 、 RTT_{START} および RTT_{END} : Spike 法により定義される輻輳状態へ移行時の RTT および非輻輳状態へ移行時の RTT 、 $SRTT^t$ および $LRTT^t$: RTT の短期 EWMA および長期 EWMA、 $\gamma > 1$ 、 $0 < \alpha < 1$ 、 $\mu < 1$

【0016】

また、本発明の他の観点によれば、無線環境を含むネットワーク上でのストリーミング伝送において、直近の送信レート R_{SND}^{t-1} でデータを受信装置に送信し、データの受信レート R_{RCV}^t を含む $RTCP$ パケットを受信装置から受信する通信処理部と、ネットワークが輻輳状態にある場合、またはネットワークが非輻輳状態にあり直近の受信達成レート R_{ARR}^{t-1} が受信レート R_{RCV}^t より高い場合に、受信レート R_{RCV}^t の長期 EWMA (指数加重移動平均) として受信達成レート R_{ARR}^t を算出し、ネットワークが非輻輳状態にあり直近の受信達成レート R_{ARR}^{t-1} が受信レート R_{RCV}^t より低い場合、または $RTCP$ パケットのタイムアウトが生じている場合に、受信レート R_{RCV}^t の短期 EWMA として受信達成レート R_{ARR}^t を算出する受信達成レート算出部と、受信達成レート R_{ARR}^t に基づいて、送信レート R_{SND}^t を設定する送信レート設定部と、を備える通信装置が提供される。

【発明の効果】

【0017】

以上説明したように本発明によれば、無線環境を含むネットワーク上でのストリーミング伝送において、伝送遅延およびパケットロスを抑制可能な、送信レート制御方法および通信装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施形態に係る通信システムの構成を示す図である。

【図2】ネットワークの輻輳状態に応じた送信レート制御を示す概念図である。

【図3】送信装置の主要な機能構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施形態に係る送信レート制御方法を示すフロー図である。

【図5】Spike法による輻輳状態の判定方法を示す図である。

【図6】制限レートの設定方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0020】

[1. 通信システムの構成]

図1は、本発明の実施形態に係る通信システム1の構成を示す図である。通信システム1は、無線環境を含むパケット交換方式のネットワーク30を介してデータパケットを送受信する送信装置10および受信装置20を含む。ネットワーク30は、インターネット、イントラネット、エクストラネット、衛星回線等であり、少なくとも一部に無線環境を含む。送信装置10および受信装置20は、サーバー、パーソナルコンピュータ、PDA(Personal Digital Assistant)、携帯電話等の情報処理装置である。

【0021】

送信装置10は、映像、音声等のデータを符号化し、パケット化して所定の送信レートで受信装置20に送信する。受信装置20は、データを復号化して再生するとともに、フィードバックパケット(RTCPパケット)を送信装置10に所定の周期で送信する。RTCPパケットには、RTT(Round Trip Time)、受信レート、パケットロス率の情報が含まれる。送信装置10は、RTCPパケットに含まれる情報からネットワーク30状況を推定し、データの符号化レートを調整し、送信レートをリアルタイムに制御する。

【0022】

図2は、ネットワーク30の輻輳状態に応じた送信レート制御を示す概念図である。図2には、ネットワーク帯域、RTTおよび送信レートの時系列分布が示されている。ネットワーク30は、ネットワーク帯域の減少に応じてRTTがある程度まで増加した場合に輻輳状態に移行し、ネットワーク帯域の増加に応じてRTTがある程度まで減少した場合に非輻輳状態に移行する。そして、送信レートは、ネットワーク30が輻輳状態にある場合に、RTTの減少に応じて増加し、RTTの増加に応じて減少するように制御される。また、送信レートは、ネットワーク30が非輻輳状態にある場合に、一定時間に亘って抑制されて受信レート以下に設定され、RTTの増加に応じて減少するように制御される。

【0023】

図3は、送信装置10の主要な機能構成を示すブロック図である。送信装置10は、通信制御部11、通信処理部13および記憶部15を含む。通信制御部11は、後述する送信レートの制御方法を実施するために、ハードウェアおよび/またはソフトウェアにより実現される。

【0024】

通信制御部11は、RTCPパケットに含まれる情報に基づいて、ネットワーク30の輻輳状態の判定、送信レートの設定等を行う。通信制御部11は、輻輳状態判定部、受信達成レート算出部、制限レート算出部、送信レート設定部等として機能する。通信処理部13は、映像、音声等のデータを符号化した上でパケット化し、ネットワーク30を介して所定の送信レートで受信装置20に送信するとともに、RTCPパケットを所定の周期で受信装置20から受信する。記憶部15は、RTCPパケットに含まれる情報、制御方法を実施するために用いるパラメータ、および制御方法の結果等を記憶している。

【0025】

[2. 送信レートの制御方法]

図4は、本発明の実施形態に係る送信レートの制御方法を示すフロー図である。送信装

10

20

30

40

50

置 10 は、R T C P パケットを受信し (ステップ S 11)、R T C P パケットに含まれる情報を用いてネットワーク 30 の輻輳状態を判定する (S 13)。ネットワーク 30 が輻輳状態にある場合に、送信装置 10 は、受信達成レート R_{AR} 、制限レート R_{LR} 等のパラメータを算出し (S 15)、輻輳状態の送信レート R_{SND} を設定するとともに (S 17)、輻輳状態継続期間 を設定する (S 19)。一方、ネットワーク 30 が非輻輳状態にある場合に、送信装置 10 は、パラメータを算出し (S 21)、非輻輳状態の送信レート R_{SND} を設定する (S 23)。以下では、各処理の詳細について説明する。

【0026】

[2-1. R T C P パケットの受信]

通信処理部 13 は、パケットを受信装置 20 に送信するとともに、R T C P パケットを受信装置 20 から所定の周期で受信する。R T C P パケットには、R T T、受信レート、パケットロス率の情報が含まれる。通信制御部 11 は、R T C P パケットに含まれる情報のうち所定の情報を記憶部 15 に格納する。R T C P パケットの周期は、通信システム 1 の利用環境に応じて適切に設定される。周期が短いほど、通信制御部 11 によるレート制御の精度が向上するが、ネットワーク帯域や処理リソースが消費されてしまう。

【0027】

[2-2. 輻輳状態の判定]

通信制御部 11 は、R T C P パケットに含まれる情報に基づいて、R T T の変動およびパケットロスの発生を検出することで、ネットワーク 30 の輻輳状態を判定する。

【0028】

輻輳状態の判定では、L D A (L o s s D i s c r i m i n a t i o n A l g o r i t h m) の一種である S p i k e 法、および S h o r t R T T / L o n g R T T (S R T T / L R T T) 法が利用される。

【0029】

S p i k e 法は、R T T の最新値 $R T T^t$ 、現在の通信接続での R T T の最大値 $R T T_{MAX}$ および最小値 $R T T_{MIN}$ に基づいて、ネットワーク 30 の輻輳状態を判定する方法である。図 5 に示すように、S p i k e 法では、輻輳状態への移行点 $R T T_{START}$ および非輻輳状態への移行点 $R T T_{END}$ が次式により定義される。

【0030】

$$R T T_{START} = START \cdot (R T T_{MAX} - R T T_{MIN}) + R T T_{MIN} \quad (式 1)$$

$$R T T_{END} = END \cdot (R T T_{MAX} - R T T_{MIN}) + R T T_{MIN} \quad (式 2)$$

ここで、 $R T T_{START}$: 輻輳状態への移行点

$R T T_{END}$: 非輻輳状態への移行点

$R T T^t$: R T T の最新値

$R T T_{MAX}$: 現在の通信接続での R T T の最大値

$R T T_{MIN}$: 現在の通信接続での R T T の最小値

START、END : パラメータ

($END < START$ 、例えば、 $END = 0.3$ 、 $START = 0.5$)

5)

【0031】

S p i k e 法では、 $R T T^t$ が $R T T_{START}$ 以下の状態から $R T T_{START}$ を超える状態に変化した時点で、ネットワーク 30 が輻輳状態に移行したと判定され、 $R T T^t$ が $R T T_{END}$ 以上の状態から $R T T_{END}$ 未満の状態に変化した時点で、ネットワーク 30 が非輻輳状態に移行した (輻輳状態が解除された) と判定される。

【0032】

S R T T / L R T T 法は、R T T の短期 E W M A (指数加重移動平均) である S R T T および長期 E W M A である L R T T に基づいて、R T T の変動状況を判定する方法である。

。

10

20

30

40

50

【0033】

SRTT/LRTT法では、RTTの短期EWMAと長期EWMAの比であるSRTT/LRTTが (> 1 : 例えば $= 1.4$) 以上の場合に、RTTが増加傾向にあると判定され、SRTT/LRTTが 未満の場合に、RTTが減少傾向にあると判定される。

【0034】

通信制御部11は、現在の通信接続でのRTTを統計処理してRTTの最大値および最小値 RTT_{MAX} 、 RTT_{MIN} を求め、所定のパラメータ $START$ 、 END を用いて、輻輳状態および非輻輳状態への移行点 RTT_{START} 、 RTT_{END} を算出する。そして、通信制御部11は、最新のRTPパケットに含まれる RTT^t を RTT_{START} 、 RTT_{END} と比較することで、ネットワーク30の輻輳状態を一次的に判定する。

10

【0035】

通信制御部11は、現在の通信接続でのRTTを統計処理して、短期EWMAおよび長期EWMAである $SRTT^t$ および $LRTT^t$ を求め、所定のパラメータと比較することで、RTTの変動状況を判定する。また、通信制御部11は、最新のRTPパケットに含まれるパケットロス率に基づいて、パケットロスの発生を判定する。

【0036】

そして、通信制御部11は、最新の RTT^t が RTT_{START} 以下の状態から RTT_{START} を超える状態に変化した場合、またはパケットロスが発生した場合に、ネットワーク30が輻輳状態へ移行したと判定する。この場合に、通信制御部11は、輻輳状態継続期間 T を次式により算出し、輻輳状態への移行時点を示す時間情報とともに記憶部15に格納する。

20

【0037】

$$\mu \cdot (RTT_{MAX} - RTT_{MIN}) / (2 \cdot (1 - \mu)) \dots (式3)$$

ここで、 T : 輻輳状態継続期間

RTT_{MAX} : 現在の通信接続でのRTTの最大値

RTT_{MIN} : 現在の通信接続でのRTTの最小値

μ 、 α : パラメータ

($\mu < 1$ 、 $0 < \alpha < 1$ 、例えば、 $\mu = 0.8$ 、 $\alpha = 0.96$)

30

【0038】

一方、通信制御部11は、 RTT^t が RTT_{END} 以上の状態から RTT_{END} 未満の状態に変化し、かつ $SRTT^t/LRTT^t < \alpha$ である場合に、ネットワーク30が非輻輳状態へ移行した(輻輳状態が解除された)と判定する。そして、通信制御部11は、輻輳状態への移行時点から経過した期間 T を、輻輳状態継続期間 T_c と比較し、 $T > T_c$ の場合には非輻輳状態へ移行したと判定し、 $T \leq T_c$ の場合には輻輳状態が継続していると判定する。

【0039】

VTPでは、Spike法を用いて、 RTT^t と RTT_{START} の比較結果に応じて、輻輳状態への移行を判定し、 RTT^t と RTT_{END} の比較結果に応じて、非輻輳状態への移行を判定している。一方、本実施形態では、RTTの現在状況とともにパケットロスの発生状況も考慮しているので、RTTの現在状況から輻輳状態への移行を適切に判定できない場合でも、パケットロスの発生状況から確実に判定することができる。また、RTTの現在状況とともにRTTの変動状況も考慮しているので、RTTの現在状況のみから非輻輳状態への移行を適切に判定できない場合でも、RTTの変動状況から非輻輳状態への移行を確実に判定することができる。

40

【0040】

VTPでは、ネットワーク30が輻輳状態に移行すると、TCPと同程度のレート低下が生じるように、次式により設定される輻輳状態継続期間 T_c に亘って、送信レートを一定量減少させる。

50

$$\mu \cdot R T T_{M A X} / (2 \cdot (1 - \mu)) \dots (式 3')$$

【0041】

ここで、式3'では、 μ が $R T T_{M A X}$ に比例するように算出される。よって、 $R T T_{M A X}$ が大きいと、 $R T T$ の変動が小さい場合でも、 μ が大きく算出されてしまうので、非輻輳状態への移行を遅れて判定してしまうという問題がある。このため、本実施形態では、式3に示すように、 μ が $R T T$ の変動($R T T_{M A X} - R T T_{M I N}$)に比例するように算出される。よって、 $R T T_{M A X}$ が大きくても、 μ が $R T T$ の変動に応じて算出されるので、非輻輳状態への移行を適切に判定することができる。

【0042】

なお、本実施形態に係る送信レートの制御方法は、ネットワーク30が輻輳状態になると、VTPのように送信レート $R_{S N D}$ を一定量減少させるものではなく、送信レート $R_{S N D}$ を受信レート $R_{R C V}$ 未満に減少させたり、 $R T T$ の増加に応じて減少させたりするものである。このため、 μ がVTPの μ より小さく設定されても問題ない。

10

【0043】

[2-3.各種パラメータの算出]

通信制御部11は、最新の送信レート $R_{S N D}^t$ を設定するために、RTPパケットに含まれる情報に基づいて、受信達成レート $R_{A R}^t$ および制限レート $R_{L R}^t$ を算出する。

【0044】

(受信達成レート $R_{A R}$)

20

最新の受信達成レート $R_{A R}^t$ は、ネットワーク状況に応じて、受信レート $R_{R C V}$ の長期EWMAまたは短期EWMAとして算出される。ここで、受信達成レート $R_{A R}^t$ は、受信装置20がパケットを実際に受信したレートであり、送信装置10がボトルネックに送出することのできたレートを意味している。

【0045】

ネットワーク30が輻輳状態にある場合、またはネットワーク30が非輻輳状態にあり直近の受信達成レート $R_{A R}^{t-1}$ が受信レート $R_{R C V}^t$ より高い場合に、式4により受信レート $R_{R C V}$ の長期EWMAとして最新の受信達成レート $R_{A R}^t$ が算出される。一方、ネットワーク30が非輻輳状態にあり直近の受信達成レート $R_{A R}^{t-1}$ が受信レート $R_{R C V}^t$ より低い場合、またはRTPパケットのタイムアウトが生じている場合に、式5により受信レート $R_{R C V}$ の短期EWMAとして最新の受信達成レート $R_{A R}^t$ が算出される。

30

【0046】

長期EWMAとして算出する場合：

$$R_{A R}^t = L \cdot R_{A R}^{t-1} + (1 - L) \cdot R_{R C V}^t \dots (式 4)$$

短期EWMAとして算出する場合：

$$R_{A R}^t = S \cdot R_{A R}^{t-1} + (1 - S) \cdot R_{R C V}^t \dots (式 5)$$

ここで、 $R_{A R}^t$ ：最新の受信達成レート

$R_{A R}^{t-1}$ ：直近の受信達成レート

$R_{R C V}^t$ ：最新の受信レート

S 、 L ：パラメータ ($0 < S < L < 1$)

40

【0047】

通信制御部11は、直近の受信達成レート $R_{A R}^{t-1}$ 、最新の受信レート $R_{R C V}^t$ 、および所定のパラメータ S 、 L を用いて、最新の受信達成レート $R_{A R}^t$ を算出して記憶部15に格納する。

【0048】

ネットワーク30が輻輳状態にある場合には、送信レート $R_{S N D}^t$ が受信達成レート $R_{A R}^t$ より低く抑制されるが、非輻輳状態に移行した直後は、輻輳状態に移行する前のレートまで送信レート $R_{S N D}^t$ を素早く増加させることが望ましい。また、送信レート $R_{S N D}^t$ は、受信達成レート $R_{A R}^t$ の増加に応じて増加する。このため、輻輳状態で

50

は受信達成レート R_{AR}^t が送信レート R_{SND}^t (= 受信レート R_{RCV}^t) に合わせて減少しないようにすることが望ましいので、最新の受信達成レート R_{AR}^t を長期 E W M A として算出する。

【 0 0 4 9 】

また、ネットワーク 3 0 が非輻轉状態にあり直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が受信レート R_{RCV}^t より高い場合には、R T T が大きくなりパケットロスが発生しない一時的なレート低下が発生していると判断される。このため、一時的なレート低下に応じて受信達成レート R_{AR}^t が大きく変動しないようにすることが望ましいので、最新の受信達成レート R_{AR}^t を長期 E W M A として算出する。

【 0 0 5 0 】

ネットワーク 3 0 が非輻轉状態にあり直近の受信達成レート R_{AR}^{t-1} が受信レート R_{RCV}^t より低い場合には、レート制御された送信レート R_{SND}^{t-1} に受信レート R_{RCV}^t が追従し、受信レート R_{RCV}^t が過去の受信レート R_{RCV} より高くなっている。また、ネットワーク状況が良好であり、過去の受信レート R_{RCV} に影響されずに送信レート R_{SND}^t を増加させることが望ましいので、最新の受信達成レート R_{AR}^t を短期 E W M A として算出する。

【 0 0 5 1 】

また、R T C P パケットのタイムアウトが生じている場合には、R T C P パケットを一定時間内に受信できず、ネットワーク 3 0 が極めて輻轉している状態にあると判断される。よって、送信レート R_{SND}^t を素早く減少させるとともに、受信達成レート R_{AR} を抑制するために、最新の受信達成レート R_{AR}^t を短期 E W M A として算出する。

【 0 0 5 2 】

V T P では、最新の受信達成レート R_{AR}^t を受信レート R_{RCV} の E W M A として一律に算出している。一方、本実施形態では、ネットワーク状況に応じて受信レート R_{RCV} の長期 E W M A または短期 E W M A として算出された最新の受信達成レート R_{AR}^t に基づいて、最新の送信レート R_{SND}^t が設定される。これにより、無線環境を含むネットワーク 3 0 上でリアルタイムのストリーミング伝送を行う場合でも、ネットワーク状況に対する送信レート R_{SND}^t の追従性を高め、伝送遅延およびパケットロスを抑制することができる。

【 0 0 5 3 】

(制限レート R_{LR}^t)

制限レート R_{LR}^t は、直近の送信レート R_{SND}^{t-1} と現在の通信接続での最大送信レート R_{MAX} の大小関係に応じて 2 通りに算出される。ここで、制限レート R_{LR}^t は、最新の送信レート R_{SND}^t の上限値を規定するために、次式により算出される。

【 0 0 5 4 】

$R_{SND}^{t-1} < R_{MAX}$ の場合：

$$R_{LR}^t = R_{SND}^{t-1} + L_R \cdot (R_{MAX} - R_{SND}^{t-1}) + R_{MIN} \cdot \dots \text{ (式 6)}$$

$R_{SND}^{t-1} \geq R_{MAX}$ の場合：

$$R_{LR}^t = R_{SND}^{t-1} + R_{MIN} \cdot \dots \text{ (式 7)}$$

ここで、 R_{LR}^t : 制限レート

R_{SND}^{t-1} : 直近の送信レート

R_{MAX} : 現在の通信接続での最大送信レート

R_{MIN} : 最小増加制限レート (定数、 $R_{MIN} \geq 0$)

L_R : パラメータ ($0 < L_R < 1$)

【 0 0 5 5 】

通信制御部 1 1 は、現在の通信接続での送信レート R_{SND} を統計処理して最大送信レート R_{MAX} を求め、所定のパラメータ R_{MIN} を用いて、制限レート R_{LR}^t を算出して記憶部 1 5 に格納する。ここで、パラメータ R_{MIN} は、許容可能なレートの増加を意味する。

10

20

30

40

50

【0056】

図6に示すように、制限レート R_{LR}^t により最新の送信レート R_{SND}^t を規定することで、直近の送信レート R_{SND}^{t-1} が低い場合には、最大送信レート R_{MAX} まで最新の送信レート R_{SND}^t を素早く増加させ、直近の送信レート R_{SND}^{t-1} が高い場合には、ゆっくりと増加させることができる。

【0057】

[2-4.送信レートの設定]

通信制御部11は、先に算出された受信達成レート R_{AR}^t および制限レート R_{LR}^t を用いて、ネットワーク30の輻輳状態に応じて、最新の送信レート R_{SND}^t を設定する。最新の送信レート R_{SND}^t は、次式で表される。

10

【0058】

ネットワーク30が非輻輳状態にある場合：

$R_{SND}^t = (R_{RCV}^t \cdot RTT^t + 1) / (RTT^t + RTT) \dots$ (式8)

$R_{SND}^t = R_{SND}^t + (1 - \dots) \cdot R_{AR}^t \dots$ (式9)

さらに、 $R_{SND}^t > R_{LR}^t$ の場合に、

$R_{SND}^t = R_{LR}^t \dots$ (式10)

ネットワーク30が輻輳状態にある場合：

$R_{SND}^t = R_{AR}^t \dots$ (式11)

さらに、 $R_{SND}^t > R_{RCV}^t$ の場合に、

$R_{SND}^t = R_{RCV}^t \dots$ (式12)

$R_{SND}^{t'} = (R_{RCV}^t \cdot RTT^t + 1) / (RTT^t + RTT) \dots$ (式13)

さらに、 $R_{SND}^{t'} < R_{SND}^t$ の場合に、

$R_{SND}^t = (R_{SND}^{t'} + R_{SND}^t) / 2 \dots$ (式14)

ここで、 R_{SND}^t ：最新の送信レート

R_{RCV}^t ：最新の受信レート

RTT^t ：最新のRTT

RTT^{t-1} ：直近のRTT

RTT ：RTTの変動(= $RTT^t - RTT^{t-1}$)

R_{AR}^t ：最新の受信達成レート

R_{LR}^t ：制限レート

$R_{SND}^{t'}$ ：仮の送信レート

、：パラメータ

($0 < \dots < 1$ 、 $0 < \dots < 1$ 、例えば、 $\dots = 0.7$)

20

30

【0059】

通信制御部11は、RTTを統計処理して RTT を求め、所定のパラメータ、を用いて、最新の送信レート R_{SND}^t を設定して記憶部15に格納する。

【0060】

ネットワーク30が非輻輳状態にある場合に、通信制御部11は、最新の送信レート R_{SND}^t を式8により設定する。式8によって、RTTが増加傾向にある場合に送信レート R_{SND}^t が減少し、RTTが減少傾向にある場合に送信レート R_{SND}^t が増加する。そして、通信制御部11は、送信レート R_{SND}^t を式9により再設定し、再設定された送信レート R_{SND}^t が制限レート R_{LR}^t を超える場合に、式10により最新の送信レート R_{SND}^t を上限值(制限レート R_{LR}^t)に規定する。

40

【0061】

一方、ネットワーク30が輻輳状態にある場合に、通信制御部11は、式11により最新の送信レート R_{SND}^t を、輻輳状態に移行する前の受信達成レート R_{AR} から一定量減少させたレートに設定する。そして、通信制御部11は、設定された送信レート R_{SND}^t が最新の受信レート R_{RCV}^t を超える場合に、式12により最新の送信レート R_{SND}^t

50

R_{ND}^t を最新の受信レート R_{RCV}^t に設定する。さらに、通信制御部 11 は、式 13 により仮の送信レート $R_{SND}^{t'}$ を算出し、仮の送信レート $R_{SND}^{t'}$ が式 11 または式 12 により設定された送信レート R_{SND}^t を超える場合に、式 14 により最新の送信レート R_{SND}^t を再設定する。

【0062】

式 8、12 では、最新の受信レート R_{RCV}^t を用いて、最新の送信レート R_{SND}^t を設定している。一方、VTP では、最新の受信レート R_{RCV}^t の代わりに直近の送信レート R_{SND}^{t-1} を用いて、最新の送信レート R_{SND}^t を設定している。このため、本実施形態では、受信レート R_{RCV}^t の減少に、送信レート R_{SND}^t を素早く追従させることで、パケットロスの発生や RTT の増加を回避することができる。

10

【0063】

また、通信制御部 11 は、通信処理部 13 が RTP パケットを受信装置 20 から所定の周期内（例えば 4 周期）に受信できない場合に、送信レート R_{SND}^t を指数関数的に減少させる。

【0064】

[3.まとめ]

以上説明したように本実施形態に係る送信レート制御方法によれば、ネットワーク状況に応じて受信レート R_{RCV} の長期 EWMA または短期 EWMA として算出された最新の受信達成レート R_{AR} に基づいて、最新の送信レート R_{SND} が設定される。これにより、無線環境を含むネットワーク 30 上でのストリーミング伝送において、ネットワーク状況に対する送信レート R_{SND} の追従性を高め、伝送遅延およびパケットロスを抑制することができる。

20

【0065】

また、本実施形態に係る送信レート制御方法によれば、トランスポート層より下位の情報を利用せずに、受信装置 20 から送信装置 10 にエンドツーエンドでフィードバックを行うことで、ハードウェアに対する依存性の少ない送信レート制御を実現することができる。

【0066】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

30

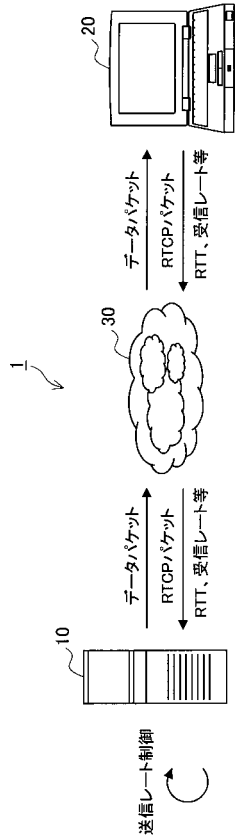
【符号の説明】

【0067】

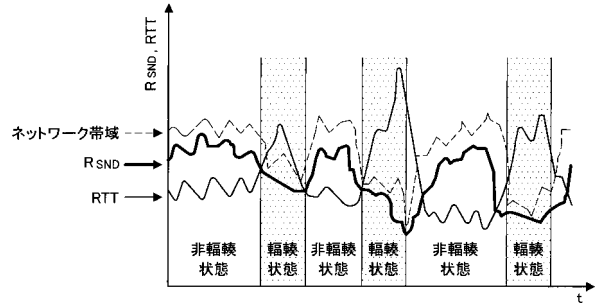
- 1 通信システム
- 10 送信装置
- 20 受信装置
- 30 ネットワーク
- 11 通信制御部
- 13 通信処理部
- 15 記憶部

40

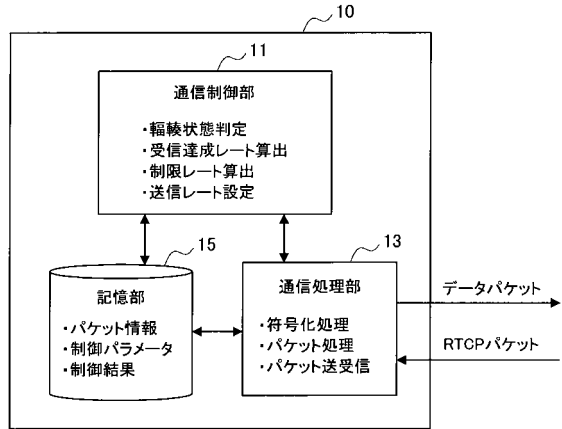
【図1】



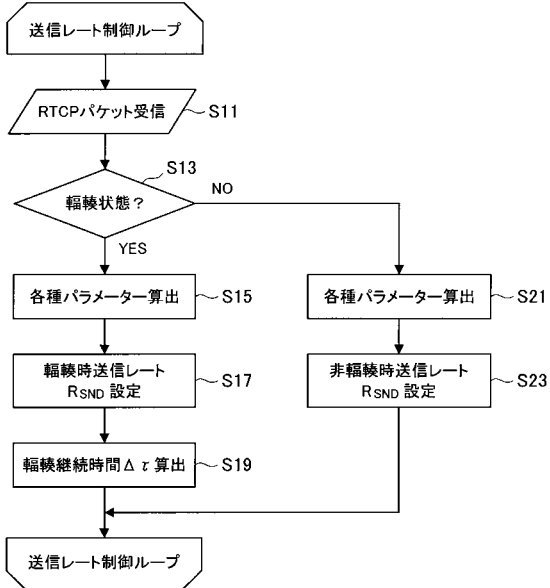
【図2】



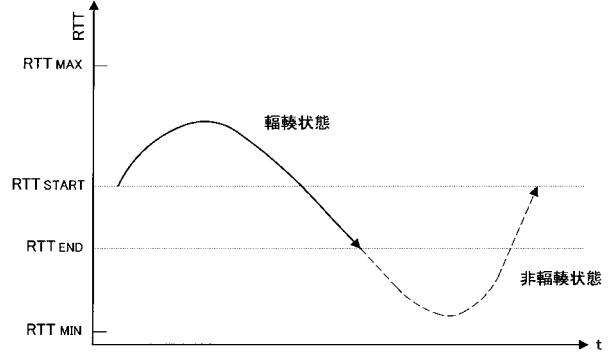
【図3】



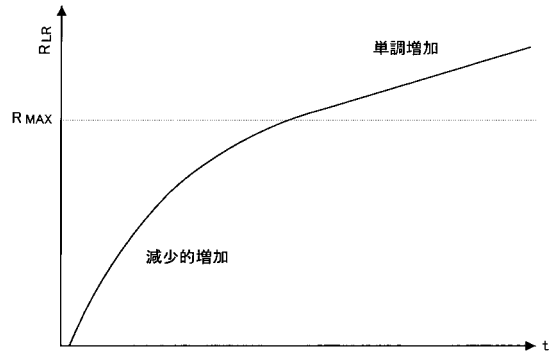
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 及川 智也
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 石井 則之

(56)参考文献 特開平11-341064(JP,A)
特開2006-42334(JP,A)
Guang Yang et al, Adaptive video streaming in presence of wireless errors, Proc of the
IPIF/IEEE MMNS Conference; SpringerVerlag SanDiego California 2004, 2004年 8月
10日, URL, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.58.9918&rep=rep1&type=pdf>

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24-26
H04W 4/00-99/00
H04L 12/931
H04L 29/08