

移動通信環境におけるインターネットビデオ - リアルタイムアプリケーションを可能とするプロトコルの提案 - Internet Video and WWW Access from Mobile Terminals - Access Protocol Extension Enabling Real Time Applications -

中井 敏 久
Toshihisa Nakai

佐藤 範 之
Noriyuki Sato

要 旨

本論文では、インターネット上で提供される音声や映像などのリアルタイム系サービスとWWWアクセスなどの非リアルタイム系サービスの両方のサービスに、誤りの多い移動通信ネットワークを介してアクセス可能とするための移動網側のプロトコル構成と、システムを構成するために必要となる移動網と固定網を接続するゲートウェイの機能を提案する。提案システムは、アプリケーションが要求するQoSに従ったアクセスを可能とする。

1. ま え が き

インターネットアプリケーションの中心は依然としてWebブラウザによる情報閲覧や電子メールであることには変わりないが、エレクトロニックコマースなどの双方向通信によるトランザクションが発生するものや、インターネット電話やインターネットビデオ放送などのリアルタイムトラフィックを発生するアプリケーションの利用も近年確実に増加している。特に従来、ベストエフォート型のインターネットでは十分なサービスが提供できなかったリアルタイム系アプリケーションも、Diffserv¹⁾をはじめとする通信品質保証技術の進歩により、ネットワークとしてインターネットを利用する動きが加速している。

一方、インターネットへのアクセス回線としての移動通信網の利用は魅力的である。すでに音声トラフィックの大きな部分が移動通信端末から発生していることから、移動通信網をインターネットへのアクセス回線として利用するニーズは確実に増大するものと思われる。アクセス回線として移動通信網を利用する場合の課題は、ローミングとビット誤り対策である。本文ではビット誤り対策に注目し、アクセス端末のプロトコルとしてITU-T勧告H.324を拡張したものを利用することを提案する。H.324は回線交換網用TV電話として開発された勧告であるが、複数の論理チャネルが設定できることやリアルタイムパケットの非リアルタイムパケットへの割り込み機能をサポートしていることなどから、TCP (Transport Control Protocol)とUDP (User Datagram Protocol) という2種類の異なるQoS (Quality of Service) を提供するトランスポートプロトコルをサポートする必要のあるインターネットプロトコルのアクセスプロトコルに拡張する際に都合がよい。



中井敏久

研究開発本部 情報サービスシステムラボラトリ第二チーム



佐藤範之

研究開発本部 情報サービスシステムラボラトリ第三チーム

2. 無線端末からのインターネットアクセスの課題

無線回線と有線回線の大きな違いは雑音によるビット誤りの発生頻度である。有線回線では、ビット誤り率が 10^{-9} を下回るほど高品質であるが、無線回線ではビット誤り率が 10^{-2} 程度になる場合もある。これは、移動通信網が音声通信サービスを前提にして、加入者容量が大きくなるように設計されているからである。誤り率が改善されるような無線ネットワークの設計をすると、加入者容量や伝送路遅延を犠牲にすることになるのでネットワーク自身の品質が今後急速に改善されることは考えにくい。通常は、無線リンクと有線リンクの品質の差を吸収するために、無線リンクと有線リンクの接続点にゲートウェイを図1に示すように設置する。ゲートウェイと無線アクセス端末の間では、無線リンクの誤りに対応するため、TCP/IPの下位に位置するリンクレイヤで、フレーム長の短いフレームを構成し、そのフレーム単位の誤り再送 (ARQ) を行う場合²⁾が多い。

しかしこの方法だけでは特にリアルタイムトラフィックと非リアルタイムトラフィックが共存するシステムにおいては、次のような問題が発生する。

- (1) リアルタイム性を必要としない長いTCPパケットが一旦発生すると、そのパケットの伝送が終わるまで他のパケットを伝送できない。リアルタイム性の必要なパケットの伝送がその分遅延する。
- (2) リアルタイム性の必要なトラフィックに対しても再送による遅延がリンクレイヤで発生してしまい無駄に帯域が消費される。

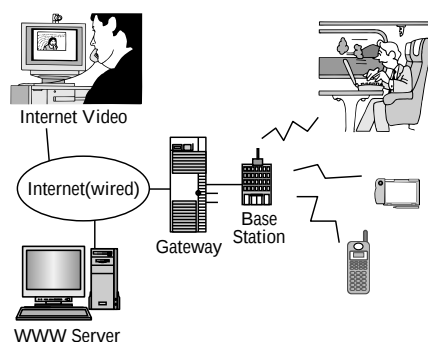


図1 無線リンクからのインターネットアクセス
Fig. 1 Internet access from wireless link

- (3) TCPの輻輳制御は輻輳によるパケットロスを前提に設計されているので、再送のあるリンクが含まれる場合には効率が極端に劣化する。

リアルタイムアプリケーションがITU-T勧告H.323に準拠したインターネット電話やインターネットTV電話に限定される場合は、課題(1)(2)はH.324/H.323プロトコル変換ゲートウェイを開発すれば解決するが、インターネット上のすべてのアプリケーションに移動通信端末からシームレスにアクセスするためにはそれだけでは不十分である。

3. プロトコルの提案

本文では、前章で述べた課題を解決するために、IPパケットの下位層にTCPパケットとUDPパケットを分離し、TCPパケットのみをフラグメント化しARQを行うプロトコルを設けることを提案する。提案する方式は、ITU-T勧告H.223を元に実装することが可能である。図2に提案するゲートウェイ・無線アクセス端末間のプロトコル構成を示す。ゲートウェイは有線回線側から入力されたパケットがTCPパケットであるかUDPパケットであるかの判定を行いそれぞれを別々の論理チャンネルで伝送する。

3.1 リアルタイムパケットの優先伝送

H.223は、内部がアダプテーションレイヤと多重化レイヤの2階層に別れており、この構造をうまく利用すると、ある論理チャンネルのパケットを伝送中に、その論理チャンネルのパケットの伝送を一旦中断し、他の論理チャンネルのパケットを伝送した後、中断したパケットの伝送を再開するように動作させることが可能となる。これは元々TV電話の音声信号の遅延を小さくするために設けられたものであるが、H.223のこの機能を利用すると、TCP用論理チャンネルでパケット伝送中に、その伝送を一旦停止し、リアルタイム性が必要なUDP用論理チャンネルのパケットを割り込ませ、その伝送が終了した後、一旦停止させたTCP用論理チャンネルのパケットの転送を再開することが可能になる。UDPパケットはゲートウェイで遅延することなく無線アクセス端末に伝送されることになる。また、UDPパケットの伝送にはリンクレイヤの再送がないため、低遅延を要求するアプリケーションにおける無駄なパケットの伝送が行われなくなり帯域の有効利用が図れる。

Non-Real time AP (WWW browsing etc.)	Real time AP (Internet Video etc.)
HTTP etc.	RTP etc.
TCP	UDP
IP	
SAR	NULL
LAPM	
H.223	
Wireless Modem	

HTTP: Hyper Text Transport Protocol
RTP: Transport Protocol for Real Time Apps
SAR: Segmentation And Reassembly
LAPM: Link Access Protocol for Modem

図2 ゲートウェイ・無線アクセス端末間プロトコル
Fig. 2 Protocol between gateway and wireless terminal

3.2 TCPパケットのセグメント化ARQ

提案するプロトコルは、TCP/IPプロトコルスタックの下位層にTCPパケットのフラグメント化再送プロトコルを設けた構成になっている。TCP用の論理チャネルの上位にだけLAPM層を挿入することにより、確実に伝送が必要なTCPパケットにのみ再送が発生する。また、TCPパケットをARQのために短いフレームにフラグメント化するSAR機能も備えている。TCPプロトコルはそれ自身がエンド・エンドでの再送による誤りのないデータ伝送を保証するが、ビット誤り率の悪い回線が途中に含まれる場合には、パケット長が長すぎるため効率が極端に劣化する。ランダム誤り回線における選択再送型ARQのスループット η は

$$\eta = (1 - Er)^n$$

となることが知られている⁶⁾。ここで Er は平均誤り率、 n はパケット長である。それぞれの誤り率におけるパケット長とスループットの関係を図3に示す。TCPパケットの最大パケット長が1500バイトであることを考えると、誤り率の悪い回線においてはセグメント化が必須であることがわかる。

3.3 TV電話との共存

H.223はIMT-2000用TV電話端末の候補として検討が進められているH.324端末の構成要素であり、本文で提案するプロトコルを利用すると、ネイティブなプロトコルを持つTV電話端末に容易にインターネットアクセス機能を付加することが可能になる。TV電話端末にインターネットアクセス機能を付加した場合のプロトコル構成を図4に示す。勧告規定としては、現在のH.324ファミリー勧告のH.245のコードポイントとしてUDP

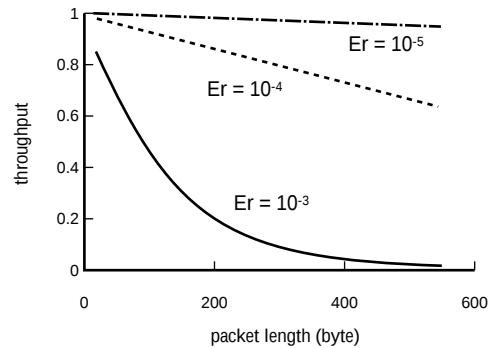


図3 選択再送ARQの性能
Fig. 3 Selective ARQ performance

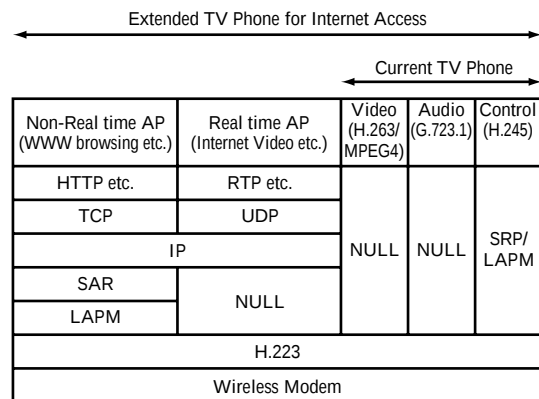


図4 無線TV電話プロトコルの拡張
Fig. 4 Wireless TV phone extension

用チャネルおよびTCP用チャネルのエントリを付加するだけで十分対応できる。

3.4 ヘッダ圧縮の適用

狭帯域通信路において冗長となるヘッダの圧縮は有効であることはいうまでもないが、無線回線のような誤りの多い回線においては、冗長が少なくなれば、当該パケットが誤りなく通過する確率が高くなる効果もあり、さらにスループットを向上させる。

IETFにおいて標準化が進んでいるヘッダ圧縮技術^{3), 4)}を用いる場合には、リンクレイヤが11種類のパケットを識別できる必要がある。原理的にはこれらのパケットの識別はH.223の論理チャネル番号で可能であり、提案するプロトコルでサポートできる。ただし、現在のH.223で規定されているMux Code (MC) は4ビットであり、このフィールドが不足するかもしれない。

インターネット側のアプリケーションがH.323に準拠している場合には、H.245をゲートウェイが一旦終端

し、無線アクセス回線との間でオーディオやビデオ信号用の論理チャネルを新たに設定することにより、等価的なヘッダ圧縮が可能である。この場合、RTP/UDP/IPヘッダがH.223のAL (Adaptation Layer) ヘッダに置き換えられ圧縮されていると考えることができる。

3.5 TCP再送の改善

途中に無線リンクが含まれる場合にTCPのスループットが極端に低下することはよく知られており、その対策も種々提案されている⁵⁾。それらの手法をこのゲートウェイのTCPパケット処理部に適用することにより、無線環境におけるTCPパケットのスループットの向上も期待できる。

4. あ と が き

移動通信用TV電話として開発されたH.324端末のプロトコルを拡張し、効率的に無線端末からインターネットアクセスを行う端末システムを構築する方法を提案した。H.324は、多重部の誤り耐性を強化したH.223/Annex A,B,C,Dをオプションで備えることができることからさらに特性の向上が期待できる。リアルタイム性を確保する手法としては他にマルチリンクPPP

をマルチクラスに拡張する方法も検討されており、それらのアプローチとの効率や誤り耐性の比較検討が今後の課題である。

5. 参 考 文 献

- (1) S. Blake *et al.*: An Architecture for Differentiated Services, RFC 2475, IETF, Dec. 1998
- (2) D.N. Knisely *et al.*: Evolution of Wireless Data Services: IS-95 to cdma2000, IEEE Com. Mag, pp. 140-149, Oct. 1998
- (3) M. Degermark *et al.*: IP Header Compression, RFC 2507, IETF, Feb. 1999
- (4) S. Casner *et al.*: Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial Links, RFC 2508, IETF, Feb. 1999
- (5) H. Balakrishnan *et al.*: A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links, IEEE/ACM Trans. on Networking, vol. 5, No. 6, pp. 756-769, Dec. 1997
- (6) SHU LIN *et al.*: Error Control Coding, pp. 458 - 462, Prentice Hall, 1983