

マルチメディアセッション制御プロトコルにおける モビリティ拡張機能について

尾上裕子 安木成比古 渥美幸雄
戚乃箴 村尾高秋 串田高幸 山内長承

-) 株式会社 NTT ドコモ マルチメディア研究所
-) 日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所
-) 東邦大学理学部情報科学科

IMT-2000 などの高速移動通信網の整備が固まるにつれ、今後ますますモバイルマルチメディアサービスアプリケーションへの要求が高まることが予想される。ここで既存のストリーミング転送プロトコルでは、ワイヤレスリンクの特徴を生かした QoS セッション制御がなされていない、セッションの切断や状態不一致が生じる。このため、本稿ではモバイルネットワーク環境の特性や状態変化を上位のトランスポート・セッション制御部に通知し、一時的にセッションをサスペンド・リジューム状態に遷移させるためのモビリティ拡張機能を導入する。試作を行ったモバイル QoS システムにおいて、有効性を確認した。

Mobility Extensions for a Multimedia Session Management Protocol

Yuko Onoe Narihiko Yasuki Yukio Atsumi
Naishin Seki Takaaki Murao Takayuki Kushida Nagatsugu Yamanouchi

-) Multimedia Laboratories, NTT DoCoMo, Inc.
-) IBM Research, Tokyo Research Laboratory
-) Dept. Information Science, Toho University

While preparing for high-speed mobile communication networks, such as IMT-2000, mobile multimedia service applications are respected to be provided in near future. At this time, the existing streaming transport protocol does not provide QoS controls which are suitable for characteristics of wireless links. For this, sessions are usually terminated or status of servers and clients are inconsistent. Therefore, in this paper mobility extensions are introduced to notify characteristics and changes of status of mobile network environment to the upper transport session management entities and urge them to suspend and resume sessions temporarily. On the experimental mobile QoS systems, its usability has been recognized.

1. はじめに

近年、インターネットの普及と情報通信網の高速化・広帯域化により、VoD（ビデオ・オン・デマンド）やビデオストリーミング配信などのマルチメディアアプリケーションの利用が急増している。さらにモバイル通信においても、モバイルインターネットの普及に加え、IMT-2000 や MMAC(Multimedia Mobile Access Communication System) などの次世代移動通信技術の確立により、高速モバイルアクセスを利用したマルチメディアサービスへの要求がますます高まっている。特に IMT-2000 においては最大 384kbps の高速パケット通信速度を提供するため、IMT-2000 を通信インフラとした音楽・映像配信サービスが今後期待される[1]。本研究では、このようなストリーミングメディアを扱うモバイル QoS システムに求められる QoS 制御 [2][3]のうち、特にストリーミングセッション制御に着目して議論する。2章ではモバイル環境でのマルチメディア制御における問題点、3章では提案方式、4章では適用システムと評価、5章でまとめと今後の課題について述べる。

1.1 関連研究

モバイル用ストリーミングサービスに関する 3GPP 標準化動向[8]としては、シグナリング制御・シナリオ記述・ストリーミングメディア転送などの通信プロトコル技術と、音声・音楽・ビデオ・静止画・グラフィック・テキストなどのコーデック技術について仕様化が進行中である。特に通信プロトコルについては、連続メディアのストリーミング配信を RTP(Realtime Transport Protocol)[4]/UDP/IP 上で行い、ストリーミングセッション制御のプロトコルには RTSP(Realtime Transport Session Protocol)[5][6]を使用する。また、メディア符号化技術としては、AMR(Advanced Multi Rate CODEC)（音声）MPEG-4 AAC(Advanced Audio Coding)（音楽）MPEG-4 H263（映像）などをサポートし、RTP ペイロードフォーマットは IETF の規定に従う。一方 IETF では、現在 RTP の仕様の検討と MPEG-4 や AMR を始めとした各メディアのペイロードフォーマットの決定作業が進められている[7]。

2. モバイル環境でのマルチメディアセッション制御における問題点

本章では、セッション制御プロトコルとして RTSP、ストリーミングメディアデータ転送用トランスポートプロトコルとして RTP を用いたマルチメディアストリーミングシステムの概要とモバイル環境適用時の QoS 制御の問題点について述べる。

2.1 マルチメディアストリーミングシステム

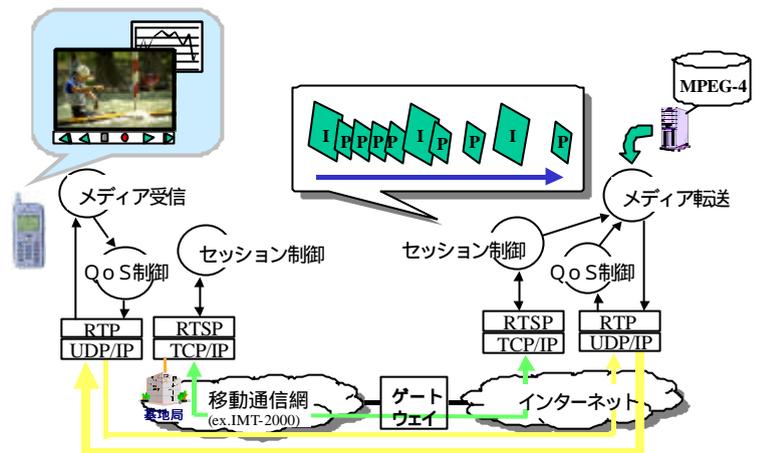


図1：マルチメディアストリーミングシステム全体図

本研究が対象とするマルチメディアストリーミングを伝送するサーバ・クライアントシステム（図1）は、主にRTSPにより映像・音声などのマルチメディアセッションの確立や再生、停止などを行うセッション制御と、RTPにより同期を行いながらマルチメディアデータを転送するデータ転送の2つの機能を持つ。このとき、マルチメディアのリアルタイム性を保証するためにネットワークの負荷・輻輳などの動的変動に応じたQoS制御を提供する。例えば輻輳などの要因により使用可能なネットワーク帯域が低下すると、時間的解像度や空間的解像度などのQoSを緩衝的に低下させる。

2.2 モバイル環境におけるセッション制御の問題点

特にモバイルネットワーク環境においては、無線端末の移動に伴う基地局ハンドオーバーやフェージングなどの要因により、電界強度が劣化する。また、無線区間の品質劣化に対処するための再送処理により、エンドツーエンドの遅延時間に大きな揺らぎが発生する。さらに、圏

外流出や無線リンク、ベアラ切り替え、伝送符号化方式変換なども頻繁に起こりうる。このように有線に比べて無線リンクは、回線品質の変動規模が大きいことを特徴とする。このような無線ネットワーク環境において、既存のセッション制御を適用してマルチメディアシステムを動作させた場合、ストリーミングセッションの切断やスループット低下、システムにおける状態不一致などの様々な問題が発生する。従って、ワイヤレスリンクの特徴を踏まえた上で、モバイルマルチメディアシステムを構築する必要がある。

3. 提案方式

セッション制御プロトコルとして、メディアストリームの制御プロトコルの一つであり、広く用いられている RTSP を使用し、その上でモビリティ拡張を行う。この RTSP は、元来メディアサーバ・クライアント間でネットワークを経由した遠隔制御を実現するもので、メディアサーバのストレージを利用した映像コンテンツのリアルタイム再生、録画、停止に使用される。さらに今回は、無線リンクの状態を加味したセッション制御を行うためのモビリティ拡張を行った(mRTSP)。これは、既存のセッション制御がクライアントアプリケーションからの指示に従って動作するのに対し、モビリティ拡張ではモバイルネットワーク環境の変動に応じてマルチメディアセッションを制御させる。さらに、従来の RTSP と互換性を維持しても動作可能とする。特に今回は、RTSP にワイヤレスリンク用パラメータを追加し、圏外・在圏フラグにより内部的振る舞いを変えて動作する方法をとった。詳細を次章で説明する。

3.1 制御主体構成

図 2 に、セッションマネージャ、QoS マネージャ、データリンクの関連図を示す。セッションマネージャは、今回拡張を行ったモビリティ対応のセッション制御メカニズム(mRTSP)の制御主体となる。セッションマネージャは、アプリケーションからの指示に従い、セッションの状態管理と遷移を司る。さらに、モビリティ拡張として QoS マネージャからのセッション制御指示に従い、セッション状態制御を行う。QoS マネージャは、データリンクとのインタフェースを通して、圏外/在圏、ベアラ切り替えなどの情報を受け取り、セッションマネージャ

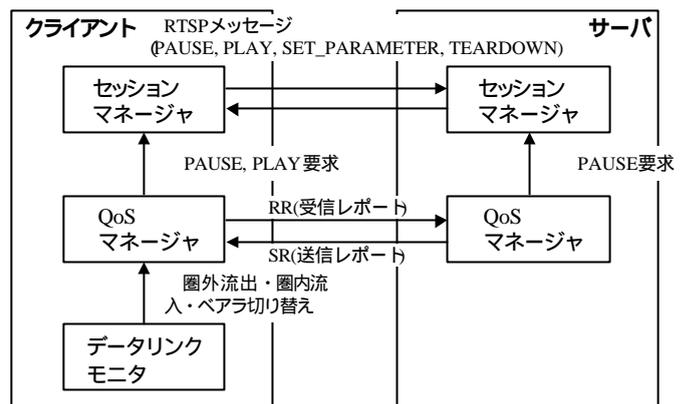


図 2：セッション制御主体構成図

に対して PAUSE/PLAY 要求を行う。また、サーバ側の QoS マネージャは、クライアントから定期的に通じられる RTCP のタイムアウトからセッション中断を判断し、クライアントと独立にセッションマネージャに対して PAUSE 要求を行う。さらにこの場合、圏外・在圏フラグを切り替えると同時に、セッションマネージャは通常と異なる以下の二つのタイマを使用する。

(1) アクティビティタイマ

ワイヤレスリンク上のクライアントからの受信レポートが途切れてからストリーミングセッションを切断するまでのタイマ。ワイヤレス環境に特徴的な圏外・在圏に対応するため、通常のタイマ値より大きく設定し、優先的に使用される。在圏フラグと併用し、圏外時に大きな値を設定することにより、長時間の圏外に対応可能。

(2) 自動再生タイマ

在圏流入時、圏外時間がタイマ値を超過していたら(長時間の圏外)ユーザに再生続行意思を問う。実際には、在圏に流入したら在圏フラグをオンにし、時間内(短時間の圏外)の場合のみクライアントからサーバに再生メッセージを自動的に送信する。このタイマ制御により、トンネルのような短い圏外時は圏内流入後自動再生し、ある程度長時間に渡る場合には流入後ユーザの再生意思をあらためて確認する。

3.2 モビリティ拡張 RTSP のメソッドと状態遷移

mRTSP 間で交換されるメソッド一覧を表 1 に示す。圏外流出やベアラ切り替え時は、QoS マネージャからのセッション一時停止指示に従い、流出前ならクライアントからサーバに PAUSE を送信し、サーバ側でセッション

を一時保持して転送を停止する。圏内流入時やベアラ切り替え後は、クライアントからサーバに SET_PARAMETER および PLAY が送信され、サーバ側でセッション状態を回復して転送を再開する。

表 1：mRTSP/RTSP メソッド一覧

OPTIONS	有効なメソッドを取得
SETUP	セッション確立
ANNOUNCE	メディアオブジェクトの記述を変更
DESCRIBE	メディアオブジェクトの記述を取得
PLAY	再生開始・位置変更 (圏内流入時のセッション再開)
RECORD	記録開始
REDIRECT	新規のサーバに変更
PAUSE	転送一時停止、状態保持 (圏外流出時のセッション中断)
SET_PARAMETER	デバイスや符号化の制御 (圏外・在圏フラグの制御)
TEARDOWN	状態削除

次に、図 3 にこのときのサーバ・クライアント側の mRTSP 状態遷移を示す。mRTSP は既存の RTSP と同様の状態遷移を取るが、状態を遷移させるためのトリガとなる QoS マネージャからの要求やタイマ制御が異なる。既存の RTSP では、アプリケーションからの要求に応じてクライアントからサーバへ PLAY/PAUSE の制御パケットを転送し、PLAYING/RECORDING と READY 間で状態を遷移させる。一方、mRTSP では QoS マネージャからの PAUSE 要求を受け取ったら、在圏フラグをオフにして PLAYING/RECORDING から READY に状態を遷移させる。さらに電波状況により、クライアントからサーバに PAUSE 要求を送信する。この場合も同様に、サーバ側では READY 状態に入る。同時に、サーバ側では QoS マネージャから PAUSE 要求を受け、在圏フラグをオフにする。在圏フラグがオフの場合には、READY から TEARDOWN するタイマ(デフォルト 1 分)よりも圏外用のタイムアウト値(アクティビティタイマ)が優先される。クライアント側では QoS マネージャから PLAY 要求を受け取ると在圏フラグをオンにし、SET_PARAMETER をサーバ側に送信し、本メッセージを受信したサーバは在圏フラグをオンにする。さらに、クライアントアプリケーションから PLAY 要求が来たら、サーバ側に PLAY メッセージを送信し、通信を再開する。

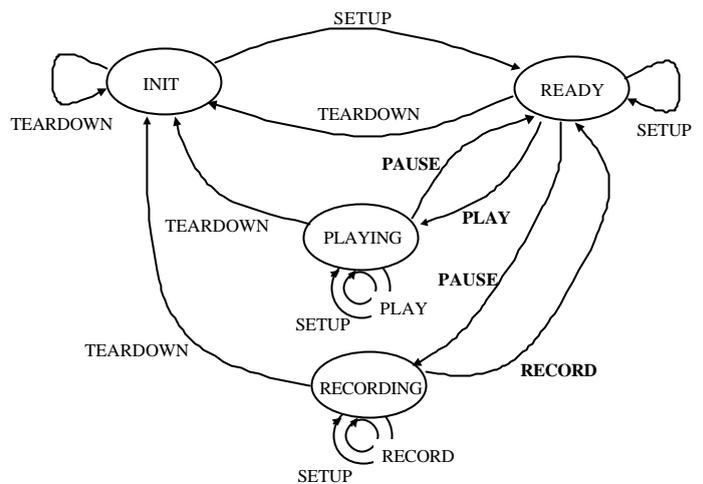


図 3：mRTSP/RTSP 状態遷移図

3.3 制御処理

本章では、クライアントとなる移動端末が圏外に流出、圏内流入またはベアラ切り替えを行ったときの mRTSP の処理の流れを説明する。移動端末の圏外流出形態により、3つの処理観点が考えられる。

観点 1：圏外流出状況

SNR 値などにより電波状況悪化を検出、またはあらかじめベアラ切り替えを認識し、圏外対処の処理を行う場合と、予測できずサーバ・クライアント個別に停止状態に遷移する場合がある。

観点 2：圏外流出時間

アクティビティタイマの導入により、圏外流出時にサーバは通常より長くセッションを維持することになる。さらに自動再生タイマを設け、短時間の圏外流出時は圏内流入後自動再生を行うが、一定時間を超過した場合にはユーザの再生続行意思を問い合わせる。

観点 3：圏外流出要因

トンネルや基地局ハンドオーバーなどのような同一ベアラにおける圏外流出と、異種ベアラ間の切り替え時とは、圏内流入後のセッション制御が多少異なる。後者の場合は、接続後にサーバ側に無線品質の変更を通知することにより、シームレスな切り替えが期待できる。

以下、各観点での処理の流れを説明する。

(1) 圏外流出状況

移動端末がトンネルに入る(図 4)など、突然圏外に出

る場合には、クライアントからサーバへ通知する前に通信不可能な状態になる。このときクライアント側は、図5に示すようにデータリンクモニタから圏外流出通知を受け取ると、QoS マネージャからセッションマネージャへ PAUSE 要求を送信し、セッションマネージャは状態を READY へ移し在圏フラグ(In_Range)をオフにする。一方サーバ側の QoS マネージャは、RTCP の RR の受信途切れにより通信断を検出し、QoS マネージャからセッションマネージャへ PAUSE 要求が送信され、セッションマネージャはセッション状態を READY に移すと同時に在圏フラグをオフにする。このようにして圏外流出をあらかじめ予測できなかった場合には、サーバ・クライアント独立に停止状態に遷移し、ストリーミング転送を中断する。

一方、ある程度圏外流出を予測できた場合には、クライアントからサーバへ PAUSE メッセージが送信される。同時に圏外流出後にサーバ側では QoS マネージャからセッションマネージャへ PAUSE 要求が送信されるため、在圏フラグがオフとなりアクティビティタイムが有効化される。

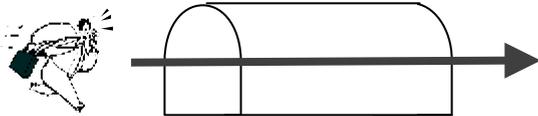


図4：圏外流出ケース

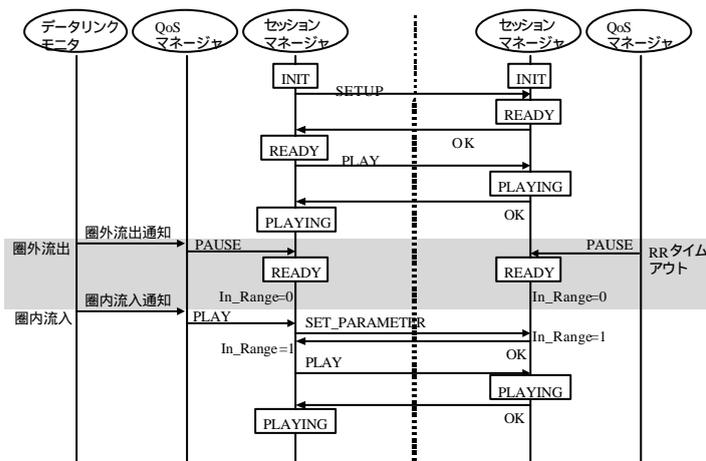


図5：圏外流出時（短時間）のシーケンス

(2) 圏外流出時間

圏内流入時は、クライアント側では QoS マネージャはデータリンクモニタから在圏通知を受け取りセッションマネージャへ PLAY 要求を送信する。セッションマネージャは在圏フラグをオンにすると同時にサーバへ SET_PARAMETER メッセージを送信し、サーバ側では在圏フラグをオンにして OK を応答する。さらに圏外流出が短時間のため自動再生タイムのタイムアウト以前に在圏となった場合には、続いてクライアントが PLAY メッセージを送信し、OK を受信したら PLAYING 状態に移る。その後、ストリーミングメディア転送を続行する。一方、在圏流入後自動再生タイムがタイムアウトしていたら、在圏フラグはオンにしてもクライアントは直ちに再生要求を送信せず、GUI を表示するなどユーザの再生意思への問い合わせを行う。また、長時間圏外流出した後アクティビティタイムがタイムアウトした場合には、たとえ在圏フラグがオンでもサーバ・クライアントが独立に READY から TEARDOWN へ遷移し、コネクションを切断する。

(3) 圏外流出要因

方式の異なる無線リンクを適時切り替えながら同一ストリーミングを受信するケースが想定される(図6)。例えば、外出先では IMT-2000 を使用し、帰社後社内では無線 LAN に切り替え、同一のメディアストリーミングを無線リンクに応じた品質で再生する。この場合は、クライアント側でデータリンクモニタが QoS マネージャにベアラ切り替えを通知すると、QoS マネージャはセッションマネージャに PAUSE 要求を送信する(図7)。クライアント側のセッションマネージャはサーバ側に RTSP の PAUSE メッセージを送信し、両端で READY 状態に遷移する。その後、クライアント側の QoS マネージャはデータリンクモニタからベアラ切り替え終了と同時に切り替え先のベアラの通信品質の情報を受け取ると、セッションマネージャに PLAY 要求を送信する。クライアント側のセッションマネージャからサーバ側へ RTSP の SET_PARAMETER および PLAY メッセージが送信され、ベアラ切り替え後メディアストリーミング転送が再開される。

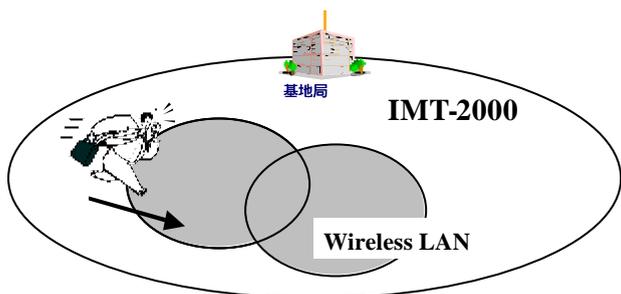


図 6 : ペアラ切り替えケース

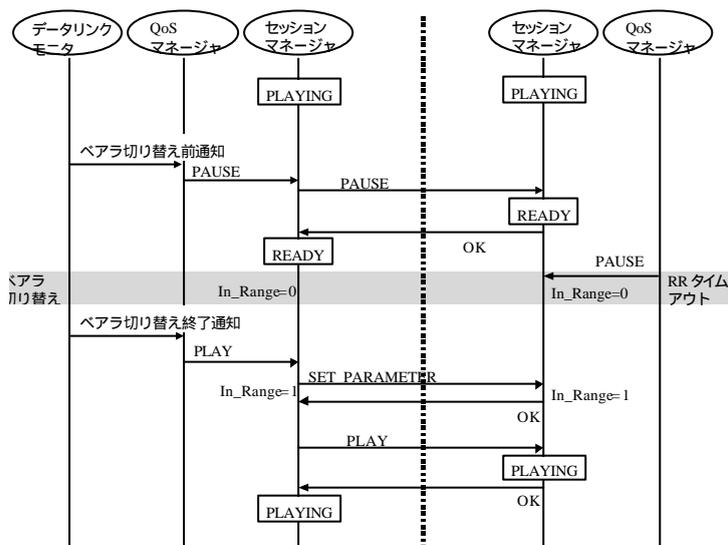


図 7 : ペアラ切り替え (IMT-2000/無線 LAN) 時のシーケンス

4. 適用システムと評価

現在試作開発中のモバイル QoS システム[1][2][3]に対し、提案中の mRTSP を適用し動作確認を行った。

4.1. 適用システム

本システムでは、ネットワークの状況に適応したエンドツーエンド型の QoS 制御を提供する。特に、ワイヤレスリンクに特徴的な、無線区間の帯域幅とエラー率の変動に追従した制御を行う。さらに、ユーザが時間的解像度・空間的解像度などの QoS 制御の仕方をポリシーとして選択できる。例えばワイヤレスネットワーク通信状況悪化時には、ユーザの QoS ポリシに応じてフレームレートの低

下や画像の DCT 係数の削減などの処理を行うことにより、転送レートを低下させパケットロス回避する。このような制御を実現するためにクライアントでは、受信した転送データを常にモニタリングし、ネットワークの状況を RTCP の RR (受信レポート) としてエンドツーエンド型でサーバに回答する。

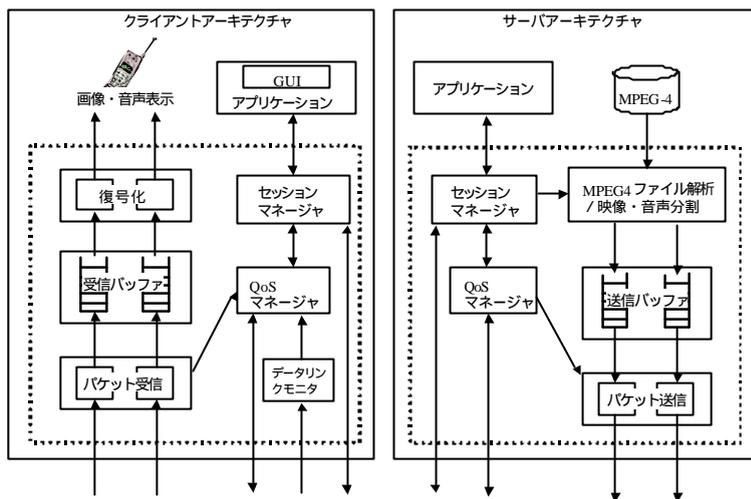


図 8 : モバイル QoS システム構成図

本 QoS システム (図 8) は Windows98/2000 上で動作し、システム構成においては、対象が MPEG4 データ転送ストリームとその制御用コネクションとの 2 系統の通信を司る。MPEG-4 ストリームの構成をサーバ・クライアント間で RTSP を用いて交換後、ストリーミングを開始する。サーバ側では MPEG-4 のコンテンツファイルを読み込み、映像と音声データを別々の RTP セッションとしてネットワークに送信する。クライアント側では RTP パケットを受信すると受信バッファに格納する。また、定期的に受信バッファからデータを取り出し、復号化して表示する。再生中、停止やユーザポリシー切り替えなどのセッション制御はユーザインタフェースを介してセッションマネージャ間でやりとりされる。一方、MPEG-4 ストリーミングと平行して、QoS マネージャは受信パケットの RTP ヘッダをモニタリングし、受信状況を RR (Receiver Report) としてサーバ側へ回答する。サーバは、RR のパケットロス率などの値から、クライアントの受信レートを算出し、結果によりポリシーに応じた QoS 制御を行う。

4.2. 方式評価

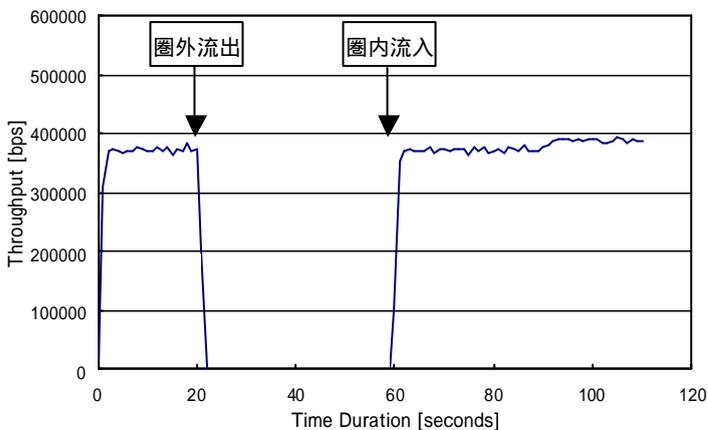


図9：圏外・在圏試験時のスループット時間変化

トンネル内にクライアントが移動したという設定で、意図的に短時間ワイヤレスリンクを切断する。このときサーバ側ではストリーミング配信を一旦停止し、トンネルから出て電波状況が復帰すると、トンネルに入る前の続きから自動再生される。機能試験では、セッション開始後 20 秒目で無線 LAN カードのアンテナ部を手で覆い、電波の受信レベルを擬似的に低下させた。その結果、図 9 に示されるようにサーバ・クライアント独自にセッション停止を判断し状態遷移を行ったため、スループットが一時的にゼロになった。その後、60 秒付近で無線リンクを復帰させると、無線 LAN カードのインターフェースからセッションマネージャにその旨が通知され、再生メッセージがサーバに転送されたセッションが続行されたことが確認できた。

5. まとめと今後の課題

IMT-2000 などの高速移動通信網の整備が固まるにつれ、今後ますますモバイルマルチメディアサービスアプリケーションへの要求が高まることが予想される。ここで、IETF などのインターネットプロトコルの標準化委員会で仕様の検討がなされている RTSP や RTP では、ワイヤレスリンクの特徴を生かした QoS セッション制御がなされていず、その結果既存方式では、移動端末とサーバ間でストリーミングセッションの切断や状態不一致が生じる。このため、本稿ではモビリティの特性を加味したセッション制御プロトコルを提案した。具体的には、モバイルネットワーク環境に特徴的な在圏 / 圏外の情報や

ベアラ切り替えなどの状態変化を上位のトランスポート・セッション制御部に通知し、一時的にセッションサスペンド・リジューム状態に遷移させるためのモビリティ拡張機能を導入する。試作を行ったモバイル QoS システムにおいて、有効性を確認した。今後は、実際の IMT-2000 網上での実証実験を進めていく。

謝辞

本プロジェクトにおいて、一緒に検討を進めてくださった元日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所の富田アルベルト氏に心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 安木他：モバイルストリーミングのための QoS 制御フレームワーク . DICOMO2001, June, 2001
- [2] 串田他：モバイルマルチメディア QoS の構成方式 . DICOMO2001, June, 2001
- [3] 山内他：再送を伴う無線区間を持つインターネットでの動画転送時のバッファ制御 . マルチメディア通信と分散処理 103-7, June, 2001
- [4] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC1998, IETF, January 1996.
- [5] H. Schulzrinne, A. Rao, and R. Lanphier. Real Time Streaming Protocol, RFC2326, IETF, April 1998.
- [6] M. Handley and V. Jacobson. SDP: Session Description Protocol. RFC2327, IETF, April 1998.
- [7] Y. Kikuchi, T. Nomura, S. Fukunaga, Y. Matsui, H. Kimata. RTP Payload Format for MPEG-4 Audio/Visual Streams. RFC3016, IETF, November 2000.
- [8] Transparent end-to-end packet switched streaming service (PSS); Protocol and codecs. 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Service and System Aspects, 3GPP TS 26.234 V1.5.1, March 2001.