

ユニバーサルマルチメディアアクセスのためのプロトコル考察

前田優作[†], 杉田薫[‡], 岡哲史[‡], 横田将生[‡]

[†]福岡工業大学大学院 〒811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1

[‡]福岡工業大学 〒811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1

E-mail: [†]mgm08004@bene.fit.ac.jp, [‡]{sugita, oka, yokota}@fit.ac.jp

近年、インターネットや Web の普及に伴い、コンピュータ上では様々なマルチメディア情報が当たり前のよう利用されている。その利用者は子供から老人まで広がっており、利用者の能力や環境の違いからデジタルデバイドが重要な課題となっており、これらの違いを意識せずにマルチメディア情報が利用可能な社会が求められている。本研究では、デジタルデバイドの解消を目的とし、利用者の能力、情報端末の性能、ネットワーク特性の3つの違いを前提としたマルチメディア情報の提供方法と、これらを実現するためのスイッチング機能について検討してきた。本稿ではこれら3つのスイッチング機能、及び4つのモニタリング機能を用いてマルチメディア情報を提供するためのプロトコルについて考察したので報告する。

A consideration of the Protocol for Universal Multimedia Access

Yusaku Maeda, Kaoru Sugita, Tetsushi Oka, Masao Yokota

[†]Graduate School of Fukuoka Institute of Technology 3-30-1 Wajiro-Higashi, Higashi-ku, Fukuoka, 811-0295 Japan

[‡]Fukuoka Institute of Technology 3-30-1 Wajiro-Higashi, Higashi-ku, Fukuoka, 811-0295 Japan

E-mail: [†]mgm08004@bene.fit.ac.jp, [‡]{sugita, oka, yokota}@fit.ac.jp

Abstract: Recently, immense multimedia information has come to be exchanged on the Internet, where 3DCG, video, image, sound, and text are involved in various circumstances with terminal devices, networks and users different in their competences and performances. This fact may easily lead to 'digital divide' so called unless any special support is given to the weaker. We have proposed a new concept of 'universal multimedia access' which easily narrows the digital divide by providing appropriate multimedia expressions according to users' (mental and physical) abilities, computer facilities and network environments. In this paper, we present the protocol to offer multimedia information with 3 switching functions and 4 monitoring functions.

1. はじめに

近年、インターネットや Web の普及に伴い、3DCG、ビデオ、画像、音声、テキストの組み合わせによって構成される様々なマルチメディア情報が当たり前の用に利用されている。一方、その利用者は子供から老人まで広がっており、利用者の能力や情報端末の性能、ネットワーク特性といった利用者を取り巻く様々な環境の違いからデジタルデバイドが重要な問題となってきた。

一方、文化や言語の違いと共に年齢的・身体的なハンデを持つ人物の社会進出を支援するため、ユニバーサルデザイン[1]の概念を取り入れた施設や製品が社会に普及しつつある。この概念を Web に応用した、例としてユニバーサル Web[2]が挙げられる。ユニバーサル Web はユーザの能力に応じてコンテンツの表現方法を変更可能としているが、情報端末の性能とネットワーク特性の違いが考慮されておらず、コンテンツやメディアの切り替え、QoS 制御が導入されていない。QoS 制御に関する研究[3]では情報端末の性能やネットワーク特性の違いを考慮してメディアの品質を維持するための研究も報告されているが、このような研究では利用者の能力の違いは考慮されていない。本研究では対象とするユニバーサルマルチメディアアクセス (Universal Multimedia Access: UMA) に関する研究[4]も実施されているが、従来の研究ではこれらの違いが考慮されていなかった。

これまでに本研究ではデジタルデバイドの解消を目的として、利用者の能力、情報端末の性能、ネットワーク特性を考慮した新しい UMA の概念[5]とこれを実現するためのスイッチング機能[6]について検討してきた。本稿ではこれら3つのスイッチング機能と4つのモニタリング機能を用いてマルチメディア情報提供するためのプロトコルについて考察したので報告する。

2. ユニバーサルマルチメディアアクセス

デジタルデバイドで問題となっている利用者の能力、情報端末の性能、ネットワーク特性の3つの違いは次のように分類できる。

- (1). 利用者の能力
言語能力, 視覚, 聴覚, コンピュータの熟練度, 身体能力, 文化
- (2). 情報端末の性能
処理能力, 表示サイズ, 音質, 残存電力
- (3). ネットワーク特性
帯域幅, 転送モード

本研究で提案する UMA はこれら環境情報 (利用者の能力, 情報端末の性能, ネットワーク特性) を考慮して、マルチメディア情報を提供するための概念であり、図1に示すように3つのスイッチング機能 (ユー

ザインタフェーススイッチング、メディアスイッチング、QoS 制御) を切り替えて実行することで利用者に
 応じたマルチメディア情報を提供する。

3. スイッチング機能

図 2 は UMA のスイッチング機能の役割を表したも
 のであり、各スイッチング機能は次の役割を果たす。

- ・UIS (User Interface Switching)
 利用者の能力や情報端末の性能に適したユーザ
 インタフェース (User Interface: UI) の提供
- ・MS (Media Switching)
 利用者の能力、情報端末の性能、ネットワ
 ーク特性に適したメディアの提供
- ・QoS 制御 (Quality of Service Control)
 利用者の能力、情報端末の性能、ネットワ
 ーク特性に適したメディア品質の提供

マルチメディア情報の提供開始時には上から順にス
 イッチング機能が適用され、マルチメディア情報の提
 供中には CPU モニター、ネットワークモニター、パワ
 ーモニター、イベントモニターからの通知に従って、
 メディア品質、メディアの種類、UI が選択される。

3. 1. ユーザインタフェーススイッチング

UIS は、利用者の能力と情報端末の性能に基づいて
 操作方法と表示方法を変更する機能である。この機能
 は表 1、表 2 により、以下の UI に関する設定をする。

- ・言語能力
 文章表現
- ・コンピュータの熟練度
 UI の種類
 注釈の有無
- ・情報端末の表示サイズ
 メディアサイズ、文字サイズ
 メディア数、文字数

また、身体能力の違いによって操作方法と表示方法
 の変更も提供する。

表 1. 利用者の能力とマルチメディア表現

	パラメータ	高い	普通	低い	なし
言語能力	文章表現	高度な文章表現	簡単な文章表現	音声、動画	なし
	注釈	なし	なし	必要時	常時
視覚	メディア	テキスト	○	○	×
		画像	○	○	×
		音声	○	○	○
		動画	○	○	×
	QoS	レート	○	○	×
		サイズ	○	○	○
		テキスト	○	○	○
		画像	○	○	○
	メディア	音声	○	○	×
		動画	○	○	○
聴覚	QoS	レート	○	○	×
		サイズ	○	○	×
コンピ ュー タの 熟練度	ユーザインタフェース	GUI	GUI	GUI	GUI
	注釈	なし	なし	必要時	常時



図 1. ユニバーサルマルチメディアアクセスの概念図

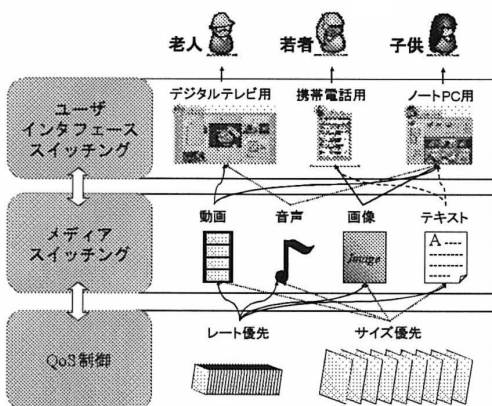


図 2. UMA のスイッチング機能

表 2. 情報端末の性能とマルチメディア表現

	パラメータ	高い	普通	低い	なし
処理能力	メディア	テキスト	○	○	×
		画像	○	○	×
		音声	○	○	×
		動画	○	○	×
	QoS	レート	○	○	×
		サイズ	○	○	×
		テキスト	○	○	×
		画像	○	○	×
	メディア	音声	○	○	×
		動画	○	○	×
表示サイズ	メディア	テキスト	○	○	○
		画像	○	○	×
		音声	○	○	○
		動画	○	○	×
	QoS	レート	○	○	○
		サイズ	○	○	○
		テキスト	○	○	○
		画像	○	○	○
	メディア	音声	○	○	×
		動画	○	○	○
音質	QoS	レート	○	○	○
		サイズ	○	○	○
		テキスト	○	○	×
		画像	○	○	×
	メディア	音声	○	○	×
		動画	○	○	×
		レート	○	○	×
		サイズ	○	○	×
残存電力	QoS	テキスト	○	○	×
		画像	○	○	×
		音声	○	○	×
		動画	○	○	×

3. 2. メディアスイッチング

MS は利用者の能力、情報端末の性能、ネットワーク特性に基づいてメディアの種類を変更する機能である。この機能は、表 1、表 2 の論理積によって提供可能なメディアの種類と設定可能な QoS パラメータの絞り込みを実行後、UIS で設定されたメディアの最大数よりも少なくなるように表 3 によるメディアの優先順位に従ってメディアの選択を行う。情報端末の CPU 負荷やネットワーク負荷の増加により、MS だけではマルチメディア情報の提供が困難な場合には UIS に移行し、UI の種類とメディア数の変更が実行され、情報端末の CPU 負荷やネットワーク負荷の増加の軽減をはかる。

3. 3. QoS 制御

QoS 制御は利用者の能力、情報端末の性能、ネットワーク特性に基づいてメディア品質を維持する機能である。この機能は MS で設定された QoS パラメータに従ってメディアのサイズやレートを制御する。この制御では各 QoS パラメータに対して次の品質を優先的に維持される。

- ・ QoS パラメータがサイズの場合
 - (1). 動画－フレームサイズ
 - (2). 音声－量子化ビット数とチャンネル数
 - (3). 画像－画像サイズ
 - (4). テキスト－全テキスト表示
- ・ QoS パラメータがレートの場合
 - (1). 動画－フレームレート
 - (2). 音声－サンプリングレート
 - (3). 画像－表示タイミング
 - (4). テキスト－表示タイミング

表 3. ネットワーク環境とメディアの優先順位

	ナローバンド	ブロードバンド
テキスト	1	4
画像	2	3
音声	3	2
動画	x	1

このように各 QoS パラメータの品質値に従ってメディア品質を決定するが、4 つのモニタリング機能 (CPU モニター、ネットワークモニター、パワーモニター、イベントモニター) から負荷の報告や変更通知がきた場合にはメディア品質を更新し、負荷の軽減を試みる。一方 QoS 制御によりメディア品質が維持できない場合には前述の MS に移行し、メディアの種類が変更され、負荷の軽減をはかる。さらに QoS 制御は利用者からの要求に従って QoS パラメータの設定も可能である。

4. UMA のためのプロトコル

UMA を実現するためには従来のマルチメディア転送プロトコルである RTP/RTCP だけでは利用者の能力や要望、メディアの特性、コンテンツの重要度といった要素を活かすためのメディアの組み合わせや、輻輳制御、再送制御を行うのに十分ではない。このため本研究では UMA を実現するために TCP/UDP, RTP/RTCP 上で動作する転送制御プロトコルとして以下の 4 つを設定した。各レイヤーと UMA システムを構成する機能との関係を図 3 に示す。UMA はこれら転送制御プロトコルに従って各スイッチング機能、及びモニタリング機能が動作することでユーザへ最適なコンテンツを提供する。

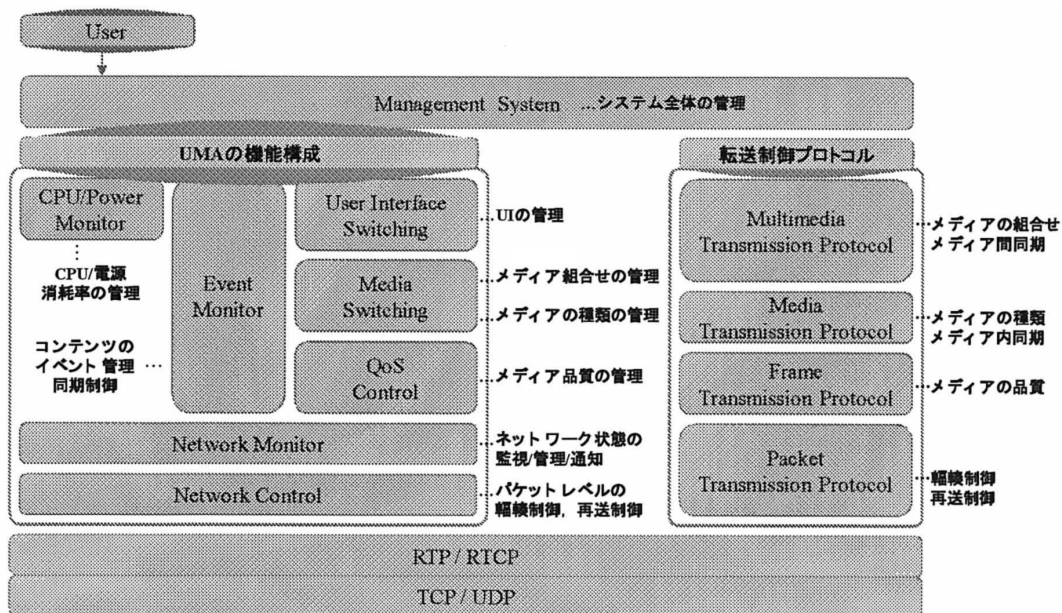


図 3. UMA システムと転送制御プロトコルスタック

4-1. Multimedia Transmission Protocol

Multimedia Transmission Protocol では、利用者や情報端末、ネットワークに適したメディアの組み合わせの制御と、そのメディア間同期を行う。UMA のシステムでは UIS で設定される UI の型やメディアサイズ、メディアの最大数、端末の特性や処理能力、残存電力、ネットワーク特性から最適なメディアの組み合わせが考慮される。またこのときサーバ側では、これら環境情報に加えてコンテンツ制作者の意図するコンテンツの重要度や、利用者の目的に対する意味的なコンテンツの重要度も考慮され、最終的にメディアの組み合わせが決定される。これらは提供される内容ごとにメディアグループが形成され、その意味的な重要度の観点から提供される複数のメディアグループを組み合わせでマルチメディアコンテンツとして提供される。

このようなグループ間、メディア間同期の原理を図4に示す。1つのメディアグループは意味的に繋がり深い内容で組み合わせられており、それぞれ同期制御のため1つのマスターメディアと、複数のスレーブメディアから構成される。マスターメディアはそのグループの主たるメディア（例えば動画-音声-字幕のグループなら動画）に設定され、残りのスレーブメディアはこのマスターメディアを基準にメディア間同期制御を行う。またそれぞれのグループには固有の同期制御の頻度が設定され、それらグループ間の同期には共通時間 NTP を用いて制御する。この同期制御の頻度はそのグループの重要度や、メディアの組み合わせ特性、端末の処理性能によって設定される。これにより複数のメディア間での組み合わせや、その追加、変更、削除といった管理が行い易く設定されている。またメディアの特性や重要度に応じて、メディアの転送順序などもここで設定される。UMA のシステムでは UIS と MS がメディアの組み合わせに相当し、メディア間、グループ間同期はイベントモニターで制御される。

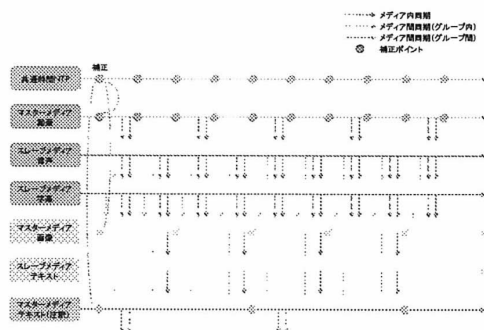


図4. マルチメディア同期制御方式

4-2. Media Transmission Protocol

Media Transmission Protocol では、それぞれ決定されたメディアのフォーマット変換とメディア内同期の制御を行う。ここではそのメディアの所属するメディアグループのコンテンツの重要度と、メディアの特性によって同期間隔が設定され、図4に示すメディア内同期の原理により、RTP タイムスタンプを用いて適切な時間軸でメディアを再生する。UMA のシステムでは MS がフォーマット変換の制御に相当し、メディア内同期はイベントモニターで制御される。

4-3. Frame Transmission Protocol

Frame Transmission Protocol では、利用者や情報端末、ネットワークに適したメディアの品質制御を行う。図5に動画ストリーミング再生時における輻輳制御、フロー制御、QoS 制御の仕組みを示す。データの送信中に遅延が拡大してネットワークモニターで設定されている下限閾値をオーバーした場合に、QoS 制御を開始し、QoS パラメータの優先度に従ってフレームレ

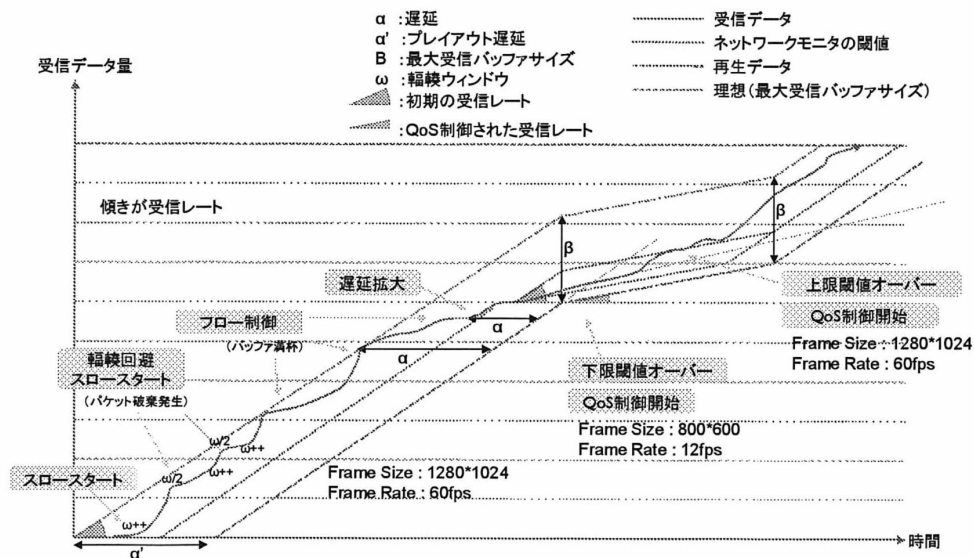


図5. ストリーミング再生の輻輳制御、フロー制御、QoS 制御の仕組み

トとサイズを落とすことで受信データと再生データが重ならないように制御されている。同様にネットワークモニターに設定された上限閾値をオーバーし、ネットワークの揺らぎが収まり一時的な輻輳回避状態が緩和されネットワークが安定化した場合には、元の受信品質に戻している。このようにUMAのシステムではQoS制御がフレームの制御に相当し、モニタリング機能からの通知に応じて、QoSパラメータやメディアの重要度・特性から品質の制御を行う。

4-4. Packet Transmission Protocol

Packet Transmission Protocolでは、ネットワーク状態に応じて輻輳制御や再送制御を行う。図5に示す通り、輻輳制御にはスロースタートと輻輳回避を用いる。輻輳回避にはRTTやパケット廃棄率が使われ、転送開始時にはスロースタートから徐々にウィンドウサイズが増加し、輻輳を検知した時にウィンドウサイズを半分にして閾値として設定している。その後スロースタートと輻輳回避を繰り返すことでネットワークを安定化させる。同様にフロー制御では受信バッファのオーバーフローが発生しないように、ネットワークモニターの下限閾値を超えないように受信レートが制御される。このパケット転送制御で対応できない場合には前述のフレーム転送プロトコルに基づいてQoS制御を行う。

また再送制御には提供するメディアの特性や利用者の目的、用途などを考慮しながら行う。表4はこれらの特性に対する遅延や破棄の一般的な許容度を表しており、1は必ず再送要求を行い、5は再送要求を行わないように設定される。このようにUMAシステムではネットワークモニターの一部であるネットワークコントロールでパケットのフロー、輻輳、再送制御を行う。

表4. メディア特性に対する遅延や廃棄の許容度

目的や用途	メディア	遅延	廃棄
単方向通信	テキスト	4	1
	画像	3	3
	動画	3	3
	音声	3	2
双方向TV電話	動画、画像	2	3
	音声	1	2
素早く	テキスト	1	1
	動、画、音	1	5
確実に etc...	動画、画像、音声、テキスト	5	1

5. UMAの通信手順とメッセージ

UMAのシステムで交わされるプロトコルメッセージの種類と意味を表5に示す。これらのメッセージにより各スイッチング機能と、モニタリング機能、マネジメントシステム間で情報が交わされ、サーバはユーザへ最適なコンテンツを提供する。以下にこのメッセージ処理の流れを見るため、コンテンツ提供開始時とイベント発生時のイベントシーケンス図を示す。

5-1. コンテンツ提供開始時の処理

コンテンツの開始時の処理フローと、そのシーケンス図を図6、7に示す。

表5. プロトコルメッセージタイプ

メッセージタイプ	意味	情報の種類	
		User Computer Network	利用情報 端末情報 ネットワーク情報
Report	入力		端末情報 ネットワーク情報
Request	要求	Content Action Change_** Kill	コンテンツデータ 動作実行 変更要求 動作終了
Accept	受諾		Request(Change)に対する受諾
Refuse	拒絶		Request(Change)に対する拒絶
Notice	通知	Change_** Over_**	利用者からの変更要望 閾値を超えた
Display	表示	Content Reply	コンテンツの表示 Notice(Change)に対する応答
Info	情報		

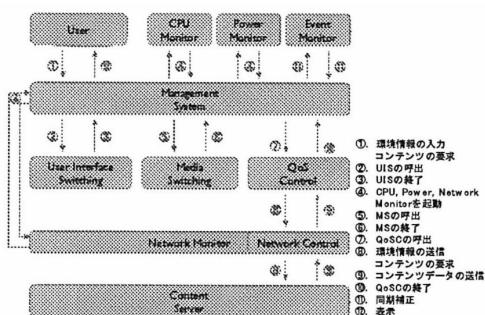


図6. コンテンツ提供開始時の処理フロー

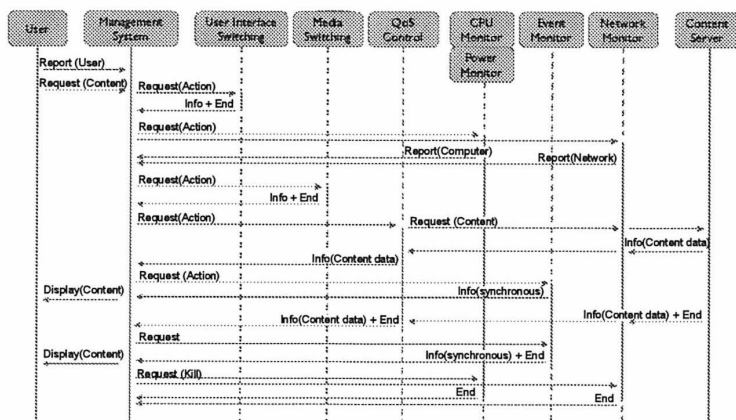


図7. コンテンツ提供開始時のイベントシーケンス図

提供開始時にはまず、環境情報が Report()により入力され、Request(Action)により UIS とモニタリング機能が実行される。同様に MS, QoSC が実行され、サーバからコンテンツが提供されるとネットワークモニターと QoSC を通じて、Request()によりイベントモニターで同期制御が行われている。

5-2. イベント発生時の処理

イベント発生時の処理フローを図8に、そのイベントシーケンスを図9に示す。これには利用者からの直接的なパラメータ変更要求 Request(Change_**)や、もっと綺麗にといった通知 Notice(Change_**)、または各モニタリング機能からの閾値オーバーの通知 Notice(Over)などがある。これらの通知や具体的な変更要求に対して、マネジメントシステムは各スイッチング機能に Request(Change_**)によって変更要求を行っている。このとき、そのスイッチング機能で処理可能であれば Accept()を返し、不可能であれば Refuse()を返すことでマネジメントシステムは処理の管理を行う。

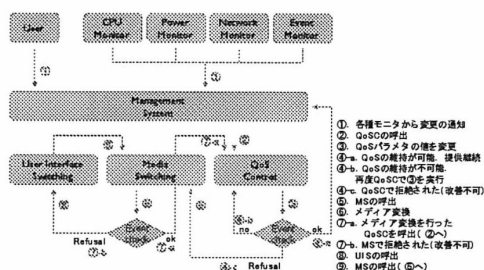


図8. イベント発生時の処理フロー

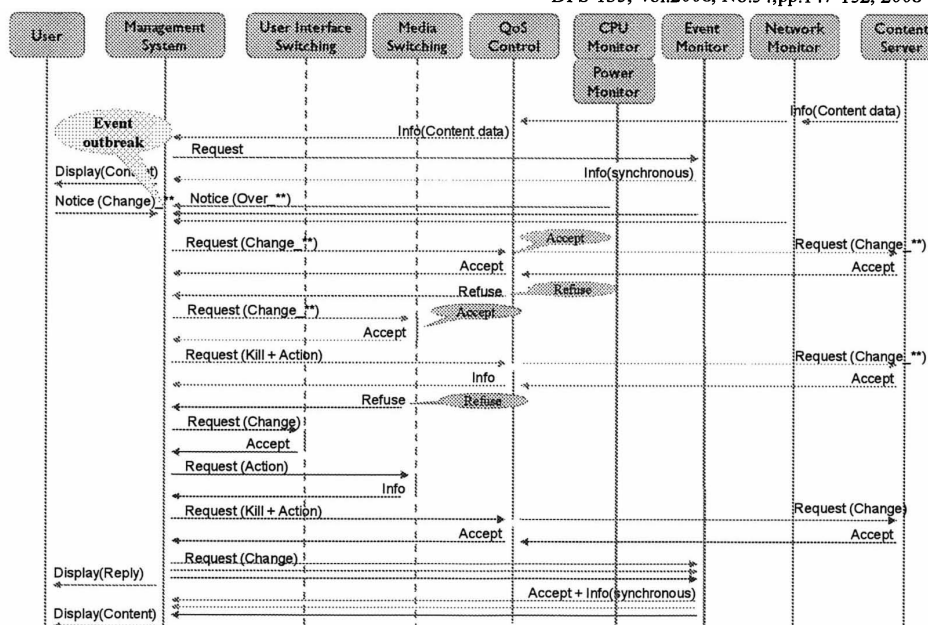


図9. イベント発生時のシーケンス図

6. まとめ

本研究で提案する UMA はユーザインタフェーススイッチング、メディアスイッチング、QoS 制御によって、利用者の能力、情報端末の性能、ネットワーク特性に適したマルチメディア情報を提供する。このとき Multimedia, Media, Frame, Packet レベルの転送制御プロトコルがあり、それぞれネットワークの輻輳制御や再送制御、同期制御などを行っていく。

今後の課題としては各スイッチング機能の実現方法の検討、QoS パラメータを適用するルールの明確化、マルチメディア情報を提供するための記述言語の検討、システムの実装・評価が挙げられる。

7. 参考文献

- [1] R. L. Mace, G. J. Hardie, and J. P. Place, Accessible Environments: Toward Universal Design. AUED, 1996
- [2] 山崎和彦, 笹島学, “ユニバーサル Web の実現(2),” デザイン学研究, No.49, pp.392-393, 2002.
- [3] K. Kawachiya and H. Tokuda, “Dynamic QoS Control Based on the QoS-Ticket Model,” Proc. 3th IEEE International Conf. on Multimedia Computing and Systems (ICMCS '96), pp.368-377, 1996.
- [4] F. Pereira and I. Burnett, “Universal Multimedia Experience for tomorrow,” IEEE Signal Processing Magazine, IEEE, Vol.20, No. 2, pp.63-73, 2003.
- [5] M. Yusaku, K. Sugita, T. Oka, and M. Yokota, “Proposal of a New Concept of Universal Multimedia Access,” Proc. 13th International symposium on ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS (AROB 13th '08), OS7-6, Jan. 2008.
- [6] 前田優作, 杉田薫, 岡哲資, 横田将生, “ユニバーサルマルチメディアアクセスを実現するためのスイッチング機能”, 情報処理学会研究会報告 DPS-135, Vol.2008, No.54, pp.147-152, 2008