

W-CDMA での回線交換方式における SLA に基づいた トラフィックマネジメント方式の提案と評価

片山 孝之 勅使河原 可海
創価大学大学院工学研究科
katayama@exch.nsl.t.aoka.ac.jp

近年、携帯電話を用いたデータ通信ができるブラウザホーンが急激な進化を遂げ、マルチメディア通信がユーザにとって非常に身近なものになってきている。また、無線通信の広帯域化は IMT-2000 の出現などにより更なる広帯域化が進むものと思われる。NTT 技術予測研究会の「2015 年の情報通信技術」によると 2010 年には、全体のトラフィックのうち 70%~80% のトラフィックが、マルチメディアトラフィックを占めると予想している。しかし無線資源は無限ではないため、現在の回線交換網のストリーミングサービスでは、固定的に全てのユーザに帯域を割り当てる方式であるため、ユーザが本来求める画質、帯域等の面において、全てのユーザを満足の高い通信を実現することは難しい。今後は一人一人ユーザの要求に応じたサービスを提供することが望まれると考える。今回本研究では、W-CDMA 方式を利用した回線交換網におけるストリーミングサービスに着目し、ユーザが要求するパラメータを考慮し、ユーザの要求に応じた帯域割り当てを行う方式を提案し、提案方式の有効性を評価した。

A Proposal and Evaluation of Traffic Management Methods on the basis of SLA in the Circuit Switching Method of W-CDMA

Takayuki Katayama, Yoshimi Teshigawara
Graduate School of Engineering, Soka University
katayama@exch.nsl.t.soka.ac.jp

Recently browser phones which can transmit data by using cellular phone make the rapid progress, and multimedia transmission become very familiar to us. The broad band of radio transmission also make the rapid progress by appearing IMT-2000. According to "Information transmission technology in 2015" written by the NTT technology forecasting research group estimates that the multimedia traffics will occupy 70%~80% traffic in 2010. However, as radio resource is limited, it is difficult for current streaming service in circuit switching to provide the satisfactory communication service in the viewpoint of picture quality, bandwidth on users' requests because of allocating fixed channel to all users. It is considered that provisioning the elaborated high quality service corresponding to the individual users' requests is desired from now on. This paper focuses on streaming service of circuit switching using W-CDMA, considers the parameters of users' requests, proposes the channel allocating method, and evaluates the validity of the proposed system.

1. はじめに

近年、携帯電話を用いたデータ通信ができるブラウザホンが図1に示すように急激な進化を遂げている。電気通信事業者協会(TCA)の報告によると2002年9月の段階で5711万人が携帯電話のIP接続サービスに加入している[1]。また、IMT-2000方式のCDMA2000を用いたauのCDMA2000 1xサービスやW-CDMA方式を用いたNTT DoCoMoのFOMA等、第3世代携帯電話のサービスが開始され、TCAによると表1に示されるユーザが、高速無線通信サービスを利用しており、今後はますますマルチメディアトラフィックが増加していくものと思われる。しかし、現在のようなユーザに固定的なチャンネルを割り当てる方式では、今後のマルチメディアトラフィックのニーズに対応したコンテンツの作成および、ユーザが求めているサービスを実現するには難しく、全てのユーザに対してユーザの満足の高い通信を提供するには困難であると考えられる。

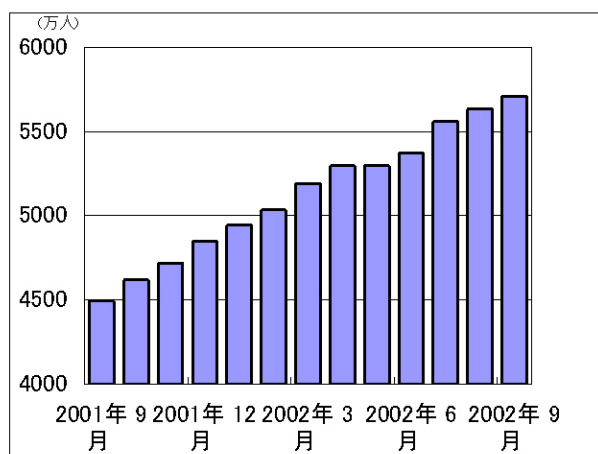


図1. 9月現在の契約者数

表1. 第3世代携帯電話の契約数

事業者	純増数(人)	累計(人)
NTTDoCoMo	2200	135700
au	510300	2652400
総計(人)	512500	2788100

今後の無線通信において求められるのはユーザ、一人一人の嗜好に基づき、ユーザが重要視するパラメータを考慮し、ユーザ個々にあったサービスを提供することが重要であると考えられる。そこで今回はユーザの要求を基地局に送信し、ユーザから受け取ったパラメータをAHP(Analytic Hierachialy Process :

創価大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Soka University

階層分析法)を用いて数値化し、ユーザ要求の数値を元にユーザにストリーミングサービスを提供する方式を提案し、従来方式と比較を行い、本研究の有効性を評価する。

2. 研究の背景と目的

NTT 技術予測研究会の予測によると、将来のモバイル環境を4W1Hの観点から以下のように考えることができる[2]。

- ・ Who ユーザの多様性、通信相手の自由性、選択性。
- ・ What 情報コンテンツの豊富さ、多様性、選択性。
- ・ When 時間の克服という側面でパーソナルな多様化がなされていく。
- ・ Where 自分や相手がどこにいても、ロケーションに応じた通信を可能な状態にする。
- ・ How いかに個人のパーソナル性にカスタマイズしたサービスを提供していくか。

本研究では4W1Hの中の”How”に着目し、ユーザのパーソナル性にカスタマイズしたサービスをどのように提供するかを考える。従来の3GPPの3G-H.324Mを用いた回線交換型のストリーミング方式だと前述したとおり、ユーザの要求に対し柔軟なチャンネルの割り当てができず固定的にチャンネルを割り当てるために、様々な画像品質を持つストリーミングサービスを提供することができない、トラフィックに応じたチャンネルの割り当てができない、発呼数が多い時に呼損が生じやすい、チャンネルの有効利用ができない、などの問題が起きてしまい前述したユーザが満足する条件を満たすことができない場合がある。そこで、今回ユーザの要求を基地局に送信する方法、ユーザから受け取った要求に基づいて割り当てるチャンネルを決定する方法を提案する。

3. トラフィックマネジメントシステム

3.1 システム構成

本研究で対象とするトラフィックマネジメントシステムでは、図2に示すように、無線エリアとそれを結ぶ無線基地局(BTS: Base Transceiver Station)、無線技術を制御する無線制御装置(RNC: Radio Network Controller)、ユーザ呼に関する情報とユーザ契約情報等を確認するMSC(Mobile service Switching Center) /VLR (Visitor Location Register)そしてマルチメディアデータを扱うユーザ端末(MT: Mobile Terminal)、基地局に設置されるトラフィック管理サーバにより構成されている。データ通信時にユーザは自分の端末により重要視するパラメータを入力し、その入力結果と共に基地局へアクセスするシステムである。

Figure 1 illustrates the system architecture for dynamic channel allocation. The components and their interactions are as follows:

- Mobile Phone:** The user's device, connected to the BTS.
- BTS (Base Transceiver Station):** Receives signals from the mobile phone and communicates with the server.
- サーバ (Server):** The central processing unit, connected to the database, RNC, and exchange machine. It contains a box for "User abc Class 帯域 APP Mail 個人値 使用チャンネル" (User abc Class Bandwidth APP Mail Personal Value Used Channel).
- データベース (Database):** Stores information, including "APP名 満足度パラメータ" (APP Name Satisfaction Parameter).
- RNC (Radio Network Controller):** Manages radio resources, connected to the server and exchange machine.
- 交換機 (Exchange Machine):** Routes calls, connected to the RNC and VLR.
- VLR (Visitor Location Register):** Tracks mobile phone locations, connected to the exchange machine.
- 帯域割り当て アルゴリズム (Bandwidth Allocation Algorithm):** A central box that receives input from the "チャンネル使用状況" (Channel Usage Status) box and outputs to the "チャンネルの割り当て" (Channel Allocation) box.
- チャンネルの割り当て (Channel Allocation):** Outputs the allocated channels to the mobile phone.
- チャンネル使用状況 (Channel Usage Status):** Provides feedback to the bandwidth allocation algorithm.

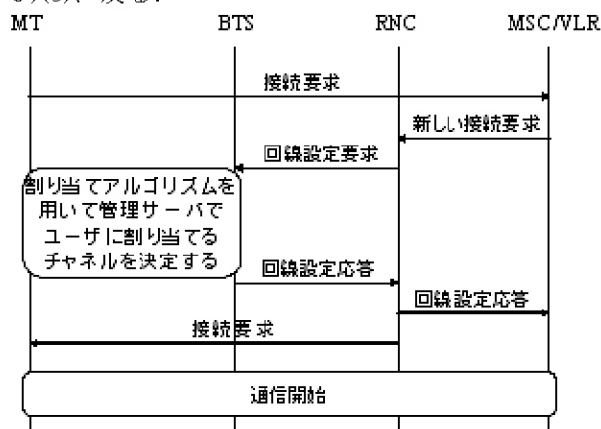
3.2 ユーザ入力

本研究においてユーザは各パラメータに関しての重要度を AHP の一対比較表を元にして、ある評価パラメータに対して、極めて重要(9point), やや重要(7point), 普通(5point), そんなに重要ではない(3point), 全然重要でない(1point)を選択する. 入力結果はユーザが決定ボタンを押した後, 基地局にアプリケーション名と共に送信される. その後ユーザから入力してもらった満足度パラメータの重要度を元に, AHP を用いて, ユーザの各パラメータのウェイトが決定する. ユーザ入力に基づいた各パラメータの決定方法の例を表 2 に示す.

	コスト	帯域	接続性	画質	評価ウェイト
コスト	1	3	5	7	0.597
帯域	0.333	1	1.667	2.333	0.199
接続性	0.2	0.6	1	1.4	0.119
画質	0.143	0.429	0.714	1	0.085

本研究で提案するトラフィックマネジメント方式では図 3、図 4 及び以下の手順で処理が行われる。

- (1) ユーザが i アプリを元にユーザが重視する満足度パラメータを入力し、その結果と共にアプリケーション名、データ量を送信する。
- (2) 要求を受けた基地局は、ユーザに割り振ることができる最大の空きチャネルを参照する。このときユーザに割り当てるチャネルが存在しなかったら、待ち時間または呼損が生じる。
- (3) a) ユーザに与えるチャネルが最大チャネルを超えていたら、最大チャネルをユーザに与える。
b) ユーザに割り与えるチャネルが、基地局の残チャネル以内であれば、ユーザの要求に見合ったチャネルを割り当てる。
- (4) ユーザに割り当てるチャネルを通知する。
- (5) データ通信を開始する。
- (6) a) 品質値が一定値以下に下がっている場合は(7)にいく。
b) 品質値が一定値以上に保たれている場合はデータ通信を続ける。
- (7) a) 各顧客に対し与えるチャネルを決定する
b) リソースを再配置する。
c) (6)に戻る。



```

sequenceDiagram
    participant MT
    participant BTS
    participant RNC
    participant MSC_VLR as MSC/VLR

    Note over MT, BTS, RNC, MSC_VLR: 通話中
    RNC->>MSC_VLR: チャネルアップデート要求
    MSC_VLR->>RNC: チャネル変更要求
    RNC->>BTS: チャネル変更要求
    BTS->>RNC: チャネル変更応答
    RNC->>MSC_VLR: チャネル変更応答
    MSC_VLR->>RNC: 割り当てチャネル再編成
    RNC->>MSC_VLR: 割り当てチャネル再編成完了
    Note over MT, BTS, RNC, MSC_VLR: 通信再開
  
```

– 101 –

3.4 ユーザ割り当てチャンネルの決定

ユーザへ割り当てるチャンネルの決定方法として、ユーザの要求するチャンネルと価値工学を応用したQdm(Quality Deployment for Market Pricing)方式を利用した、アルゴリズムを提案する。チャンネル割り当て手順を以下に示す。なお、今回 AHP パラメータの平均値を A 値とする。Qdm 方式に関しては、4 章で後述する。

- (1) ユーザが通信要求を出す
- (2) ユーザのサービス名及び、重要視する評価パラメータを参照する。
- (3) (a)チャンネルに空きがある場合 要求するストリーミングサービスに必要なチャンネルを割り当てる。
(b)チャンネルに空きがない場合 (4)に行く。
- (4) 現在通信を行っているユーザ及びサービスレベルを基地局データベースに参照する。
- (5) 現在通信しているユーザの各パラメータの AHP の評価ウェイトを参照し、通信要求を出しているユーザの評価ウェイトと比較する。
- (6) 接続性に関する評価ウェイトを比較して、
(a)通信要求を題しているユーザのウェイトが A 値より大きい場合(7)に行く
(b)そうでない場合は、ユーザは待ち状態になる。
- (7) Qdm 方式を用いてユーザの品質値を求める。
- (8) Qdm が最も高い地点でのチャンネルを割り当てる。

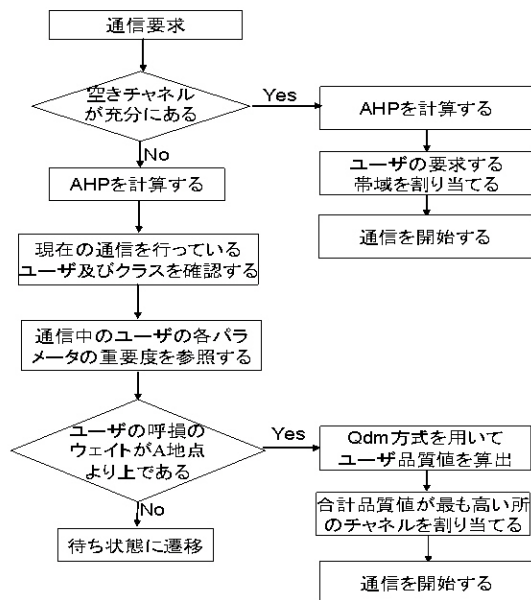


図 5. チャンネル割り当てアルゴリズムの手順

4. 評価パラメータについて

ユーザがマルチメディアデータのやり取りを行うときに満足する条件を考えると、ユーザが利用するサービスにより要求が異なることや、ユーザ個々に

よっても個人差が生じてくることなどから同じ評価関数で定義することは難しい。そこで、今回はモバイル環境においてのユーザ要求条件（いつでもどこでも通信可能、マルチメディア情報が扱えること）及び SLA の考えをもとに、ユーザが満足する条件を以前の研究[4]に、画像品質の概念を新たに加えて、次のように定義する。

- (1) レスポンスタイムが十分に早いこと
- (2) 十分なチャンネルが与えられていること
- (3) 呼損が生じないこと
- (4) コストが安いこと
- (5) 画像の品質が自分好みに選択できること
- (6) ハンドオーバーなどでの通信品質が保証されていること

本研究では、単一の基地局とユーザ間のトラフィックマネジメントを想定しているため(2)~(5)をユーザの評価パラメータの対象とし(2)帯域、(3)接続性、(4)コストとして評価を行う。本研究では、ユーザが利用したサービスに対して支払うコストを、利用時間+帯域の優先度に対する課金+接続優先度に対する課金のように設定をする。また、今回はチャンネルの割り当てに着目をして、比較・評価を行っている。ので、(5)の画像品質の選択に関しては、現在多くの研究が行われており[5][6]、本研究においては評価の対象とはしないものとする。

4.1 品質評価方法

今回ユーザの品質の概念を数値化するために、AHP を用いたと前述したが、ユーザの品質の総合値を算出するために、今回 AHP と価値工学の分野を取り入れた Qdm 方式を利用してユーザの総品質を数値化する方法を用いる。Qdm 方式とは、「品質価格」の評価法で、製品価値と送出的ための理論と実践的方法論のための理論と、実践的方法論を 7 項目に体系的に要約し、相対的品質格差指数と呼ぶ新しい製品設計指標を導出し、これをまとめた技法である。以下に Qdm 方式を用いたユーザ品質値の算出手順を述べる[7]。

1. 各評価パラメータの評価ウェイト W_j を AHP を用いて算出する
2. 各評価パラメータの品質値 F_j を理想値 f_j を算出する
3. 式 $Q = F \cdot f = \sum \{ (F_j \times f_j) \times w_j \}$ を用いて現在の評価値 Q_r 及び、理想評価値 Q_i を算出する。
4. Q_r / Q_i をして理想値を算出する

表 3 に Qdm 方式を用いた品質値の算出の例を示す。なお今回は評価ウェイトを、とてもよい(5point)まあまあ(4point)、普通(3point)、悪い(2point)、最も悪い(1point)として算出するものとする。

表 3. Qdm 方式による品質値算出の例

	現在の品質	理想の品質	評価ウェイト
帯域	5	5	42
接続性	5	5	32
コスト	4	5	23
画質	3	5	3
表価値	4.71	5	100
品質	0.942	1	

5. シミュレーション

5.1 シミュレーション環境

本研究で提案するアルゴリズムの有効性を評価するためにシミュレーションを用いて、従来の固定的にチャンネルを割り振る方式と比較評価を行う。なお、呼の発生頻度はポアソン分布に従い、メッセージ長は一様分布に従っているものとする。表 4 にアプリケーション別の発生頻度と、トラフィック量を示す。Mail のデータ量に関しては 1 通当たり平均 3Kbyte のデータを 1 通 ~ 10 通、メールサーバから受け取る環境を想定している。WWW のデータ量に関しては、1 ページ当たり平均 16Kbyte のデータを 1 ページ~3 ページ参照する環境を想定している。ストリーミング配信でのデータ量に関しては、解像度 SQCIF(128×96)、8bit、圧縮率 20 倍程度、フレームレート 15fps~30fps の 10 秒程度の動画像とし、最大データは約 200Kbyte の動画像までを想定している。これらのデータ量は、モバイル環境を想定しているため有線環境と比べて比較的少なく設定している。また発生頻度に関しては、現在では Mail を中心としたアクセスが中心であると考えられるが、将来的には WWW 中心のアクセスになる可能性もあることも踏まえて Mail を 60%、WWW を 40% とする。WWW(テキスト)とストリーミング配信のデータ量、発生頻度に関しては[8]及び、郵政研究所[9]によるデータをもとに設定した。

表 4. アプリケーションのトラフィック量と発生頻度

APP名	最高トラフィック	最低トラフィック	発生割合
Mail	30 Kbyte	3 Kbyte	60%
WWW	48 Kbyte	16 Kbyte	22%
動画	200byte	50 Kbyte	18%

5.2 IMT-2000 環境でのシミュレーション

本研究でのシミュレーションでは、現在の NTT DoCoMo の FOMA で現在試験サービス中の 64kbps の固定の 3 G-H.324M 方式を利用した V-LIVE のようなストリーミングサービスと、提案した帯域制御アルゴリズムとを比較する。なお本研究では以下のシステムを想定している[10]。ただし今回は単一基地局における比較を行ったので、基地局より先の有線部分は十分に帯域が確保できるものとし、今回は

比較の対象にはしないものとする。

- (1) 基地局帯域幅 : 1024kbps
- (2) 1 ユーザあたりの帯域幅 : 32kbps~128kbps
- (3) 送信アプリケーション : Mail, WWW, ストリーミングの 3 種類
- (4) 1 秒あたりの発呼数 : 1.05~4.05

また、シミュレーション結果をグラフ化するために、各ユーザの重要視する満足度パラメータによってユーザの要求レベルを表 5 のように 6 つに振り分けを行う。

表 5. 重要視項目と要求レベルの関係

要求レベル	最重視項目	重視項目
レベル 1	帯域	接続性
レベル 2	帯域	コスト
レベル 3	接続性	帯域
レベル 4	接続性	コスト
レベル 5	コスト	帯域
レベル 6	コスト	接続性

5.3 シミュレーション結果

図 6 に全体の呼損率の比較を、従来方式と本研究で提案した方式において行った結果を示す。図 6 より従来方式よりも提案方式のほうがユーザの接続性に対する重要度を基に帯域割り当てを行っており、接続性を重要視するユーザを、優先的に帯域を割り当てるために、発呼数が多い状態でも呼損率が従来方式では 54%程度が呼損しているのに対し、提案方式では 2%程度の呼損で抑えることができた。一方、図 7 は各レベルでの平均呼損率の比較を示す。図 7 より接続性重視のユーザの SLA レベルを考慮して優先的に帯域を割り当てるので、接続性の SLA レベルが低いユーザに関しては、発呼数が大きい状況では、SLA レベルが低いレベル 2、レベル 5 は高い呼損率となり、事実上接続性を重要視するユーザのみが接続性を保証される。次にユーザが獲得した平均獲得帯域を見てみる。図 8 にレベル別の平均獲得帯域の比較を示す。図 8 より帯域に関して重要度を置くユーザに従来方式と違い、高い優先度を持たすことにより、ユーザが要求する品質に対応した帯域割り当てを行うことができる。一方、120×96×8[bit]の画像で、フレーム数が 30[fps]のストリーミングサービス要求があった場合のレベル別の平均獲得帯域を図 9 に示す。図 9 に示すように発呼数が非常に大きい時にユーザが高い品質の帯域を求める場合でも、優先的に帯域を割り当てることができるので、ユーザ要求にあった帯域割り当てを行うことができる。ただ、帯域の SLA レベルが低いユーザは発呼数が大きくなると、求める帯域を獲得することが難しくなり、フレーム数を落とした画像を配信する必要性があり画像品質が低下する。

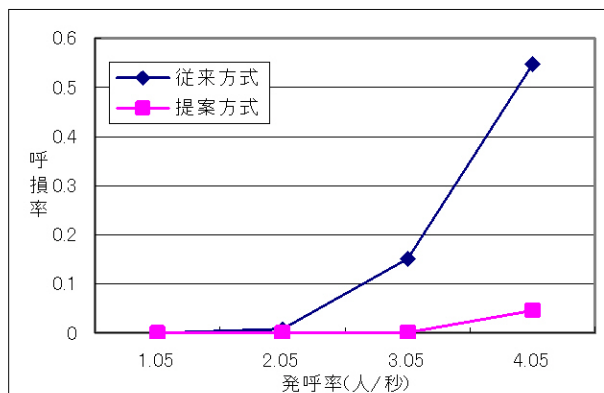


図 6. 総呼損率の比較

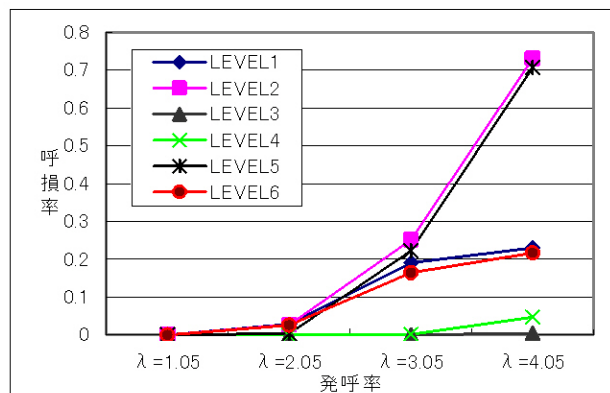


図 7. レベル別呼損率の比較

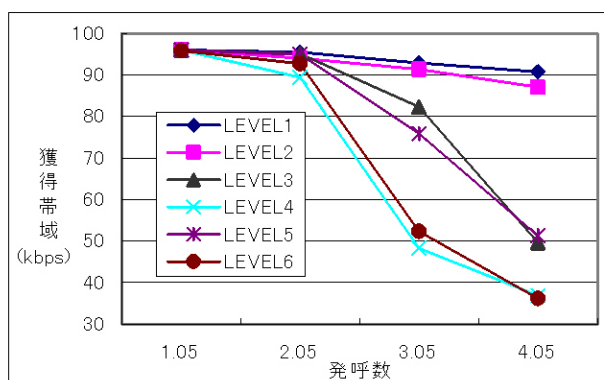


図 8. レベル別平均獲得帯域

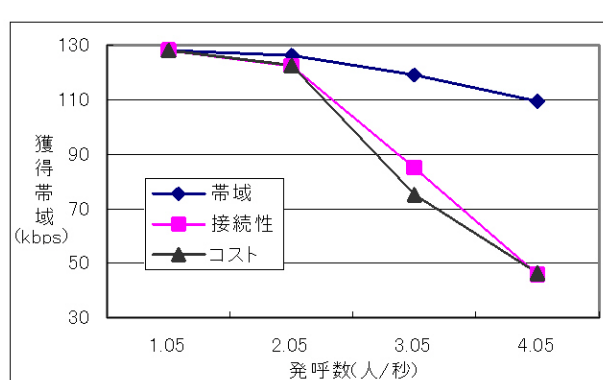


図 9. パラメータ別平均獲得帯域

6. 今後の課題

(1)パケット交換方式での比較・評価

本研究では主に回線交換方式との比較で評価を行っているが、今後は All-IP 化を考慮した場合に HSDPA(High-Speed Downlink Packet Access)を想定した環境で、本研究において用いたトラフィックマネジメント方式を基にした方式を適用した場合の有効性を比較・検討する必要がある。

(2)ストリーミング配信に関して

本研究では今回、回線交換網でのストリーミング配信におけるチャンネルに着目し、動的にチャンネルを割り当てたが、今後はチャンネルの変更に、瞬時に対応し最適なコンテンツを配信するシステムも今後考慮していく必要がある。

7. まとめ

本稿では、モバイル環境におけるユーザの優先度を考慮したトラフィックマネジメント方式の提案と評価を行い、本研究の有効性を示した。本提案方式は、高品質の通信を行いたい場合や、発呼数が多い状況で優先的に接続したい場合、通信費を安く抑えて通信を行いたいなどのユーザが混在する状況において有効であると考えられる。

<参考文献>

- [1] 社団法人電気通信事業者協会: 携帯電話/IP 接続サービス/PHS/無線呼び出し契約数(平成 14 年 9 月末現在) <http://www.tca.or.jp/>
- [2] 立川敬二: 『2015 年の技術通信技術』, NTT 技術予測研究会, 2001.
- [3] AHP とは: <http://ymk.sys.eng.shizuoka.ac.jp/AHP/ahp.html>
- [4] 片山孝之, 勅使河原可海: モバイル環境におけるユーザの優先度を考慮したトラフィックマネジメント方式の提案と評価, DICO'2002 シンポジウム, pp495-498, 2002.
- [5] Packet Video <http://www.packetvideo.co.jp>
- [6] モバイルマルチメディア研究所: <http://www.trl.ibm.com/projects/mmqos/>
- [7] 持本志行: 『価値生産の方法』, 白桃書房, 1998
- [8] J.D.パワー アジア・パシフィック, 2001 年移動体通信顧客満足度調査 <http://www.jdpower.co.jp/>, 2001.8.
- [9] 外薮博文: 日本のインターネット(WWW)の現状, 郵政省研究所月報, pp79-86, 1998.
- [10] 立川敬二監修: 『W-CDMA 移動通信方式』, 丸善, 2001.