

# 移動通信ネットワークにおける Utility Function に基づいた

## 帯域割り当て手法に関する研究

### A Study on a Bandwidth Allocation Using a Utility Function for Wireless Mobile Networks

電気電子情報通信工学専攻 三浦 聡一郎  
Soichiro MIURA

#### 1. はじめに

近年移動通信ネットワークの分野においては、3GPPで Quality of Service (QoS) について考えられ検討されている[1]. また, QoSのクラスに関してもすでに定義されており, QCI(QoS Class Identifier)と DSCP(Diffserv Code Point)間のマッピングについても検討されている. 一方 NGN(Next Generation Network)の様な固定通信ネットワークの分野においては, エンドツーエンド QoS について様々な研究がなされているが, 移動通信ネットワークを含めたエンドツーエンド QoS のアーキテクチャについての研究はあまり多くない状態である.

また, 従来全てのモバイルユーザーはオペレーターによって, 一度契約すれば基本的には一様な帯域を供給されているが, データトラフィックの増加に伴い, 近年多くのオペレーターがそれぞれの評価基準でユーザーを差別化できる仕組みを検討し始めている. この差別化の1つのアプローチとして, 料金を通常より多く支払ったモバイルユーザーが様々なサービスを優先的に受けるべきではないか, という一般概念の適用が考えられる. この差別化を実現するには, 支払われた金額によってユーザーに供給する帯域を順次変化させる必要となる. 即ち, 適応的にユーザーにリソースを割り当てる仕組みが必要である. そのために我々はマイクロ経済学の分野で用いられる, Utility Function の概念を活用する方式を検討した.

本論文では Utility Function をベースにした適応性のある新しいエンドツーエンド QoS 管理方式を提案する. 以下, 第2節において QoS について述べ, 第3節では Utility Function について説明する. 第4節では映像配信サービスについて説明し, 第5節で提案手法である Utility Function を用いた帯域制御について述べ, 第6節で実験結果を, 第7節でまとめを述べる.

#### 2. Quality of Service(QoS)

QoS とは, ユーザーに提供されるサービスの状態を表し, IP パケットの loss(損失), delay(遅延)値, 揺らぎ等で定義される.

またサービスの要求品質を満足する為にネットワークを制御し, 回線の利便性を向上させる技術として QoS 制御技術がある.

この QoS 制御技術は主に優先制御と帯域制御に分けられる. 優先制御とはサービスをクラス分けして, 重要なクラスのサービスを優先的に制御する技術である. 帯域制御はネットワークリソース(帯域)の管理, 制御を行う技術である. 本研究では QoS 制御技術のなかでもこの帯域制御に関する提案をしていく.

#### 3. Utility Function

Utility Function とは, ミクロ経済学の分野で用いられる概念であり, 本論文では最もユーザーにとって有益なリソースの割り当てに活用する. Utility Function はユーザーが個別のリソースを得るために支払ってもよい値段(満足度)としてみる事ができる[2][3]. それ故にユーザーはネットワーク側に対して,  $x$  単位のリソースがほしい場合  $y$  円/秒の金額を出してもよい, という様に示すことができる.  $x$  をリソースの量,  $U(x)$  を配分によって得られたユーザーの満足度とする. ユーザーの満足度は, 帯域幅や遅延と言ったいくつかの QoS の定量的な指標に依存するが, 今回の研究ではユーザーの満足度は割り当てられた帯域にのみ依存すると仮定する. これは他の要因を考慮に入れたときよりも一般的な解が導かれるためである.

Utility Function は以下の性質を満たしている.

1.  $x \geq 0$  の全ての場合において  $U(x) \geq 0$  であり,

マイナスは存在しない。また、ユーザーの満足度が低い場合高いリソースの割り当てを得られない。

2.  $U(x)$ は減少することのない関数である。

図.1に Utility Function のグラフの例を示した。図.1によって Utility Function の新たな性質”凸面”が観測できる。

これは、ユーザーの1単位あたりのリソースと満足度の割合が、最も高いのはユーザーがまったくリソースを得ていないときであり、いくつかのリソースを得るとその割合は次第に減少していく。このことから  $U(x)$ は全ての  $x \geq 0$  に対して上に凸である。

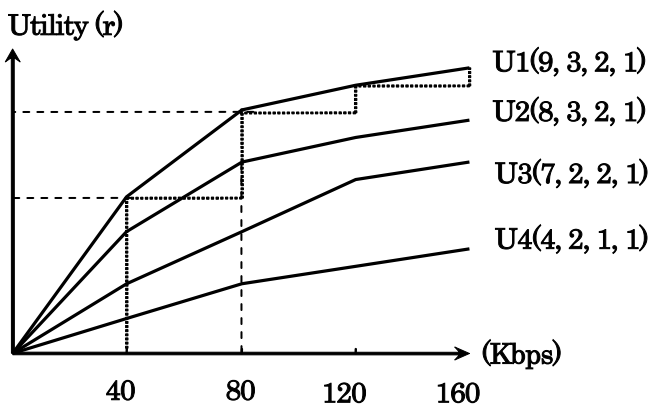


図.1: Utility Function のグラフ例

#### 4. 映像配信サービス(ストリーミング)

インターネットなどのネットワークを通じて映像や音声などのマルチメディアデータを視聴する際に、データを受信しながら同時に再生を行う方式である。

通常、ファイルはダウンロード完了後に開く動作が行われるが、動画のようなサイズの大きいファイルを再生する際にはダウンロードに非常に時間がかかってしまい、特にライブ配信では大きな支障が出る。そこで、ファイルをダウンロードしながら同時に再生をすることによりユーザーの待ち時間が大幅に短縮される。

本研究ではこのストリーミングを対象とした実験を行い、各ユーザーは映像配信サーバにセッションを行うものとする。映像配信サーバは複数のユーザーと同時に通信を行うことができる。これにより、本研究では映像配信サーバは複数のユーザーとの通信ができるだけの帯域を保有していると仮定し、ユーザーの帯域割り当てのみを考える。

#### 5. 提案手法

ここでは第3節で説明した Utility Function を導入した具体的な帯域制御について述べる[4]。

今回の研究では、ネットワークは事前に信号伝達機構より、各ユーザーの Utility Function を取得しているものと仮定する。ユーザー1がセッション要求を行った際、QoS 管理サーバは信号伝達機構よりユーザー1固有の Utility Function を取得する。そのユーザーの現在いるエリアにおいてフローが1つであるならば、ユーザー1にエリアの帯域全て又は受信可能な最大帯域を与える。そのエリアにユーザー2によって新たなフローが発生した場合、管理サーバは2つの Utility Function を比較し降順に並べ替える。並べ替えた配列の上位  $x$  個の値を取り出し、 $x$  個のうちユーザー1の値の個数とユーザー2の値の個数をそれぞれ調べる。ユーザー1の値の個数を  $y$  とおくとユーザー1に割り当てられるリソース  $F1$ 、ユーザー2のリソース  $F2$  はそれぞれ

$$F1 = \text{最大帯域} / x * y$$

$$F2 = \text{最大帯域} / x * (x - y)$$

によって求められる。

このように新たなフローが発生した時点で随時管理サーバが Utility Function を比較し、各ユーザーへリソースを割り当てていくことで各ユーザーへのリソース割り当てを差別化することができる。これはフローが消滅した場合も同様に管理サーバが再度割り当て直す仕組みになっている。

また、Utility Functionの割り当てにより帯域を使用中のユーザーが割り当てから外れた場合、最低帯域を補償するために最小単位の帯域を供給することが考えられる。

#### 6. シミュレーション実験結果

提案手法の効果を確認するために1つの基地局エリアにおける帯域割り当てのシミュレーション実験を行った。シミュレーション実験を行うにあたって必要な基地局の最大帯域や実行時間を表1に示した。また、シミュレーション実験で使用する Utility Function を Plan と言い換え、Plan の数を4つに固定したうえで各ユーザーは事前に信号伝達機構にそれぞれの Plan を登録してあるものと仮定する。各ユーザーの発呼要求は60sおきに一樣乱数で発生するように設定している。

また、各 Plan の登録人数は一様乱数によりほぼ均一になるよう設定している。

表 1: シミュレーション実験時の各種設定

最大帯域:150[Mbps]	Plan 数: 4
割り当て単位:1[Mbps]	Plan1:(9,8,2,1)
ユーザー数:50・100・150[人]	Plan2:(7,3,2,1)
実行時間:3600[s]	Plan3:(6,5,2,1)
連続接続時間:180[s]	Plan4:(4,2,2,1)

図2に提案手法によるユーザー数別の帯域使用率の分布を示す。ユーザー数100・150では帯域使用率は常に100%を維持していることがわかる。また、ユーザー数50についても使用率が90%を下回ることがなかった。

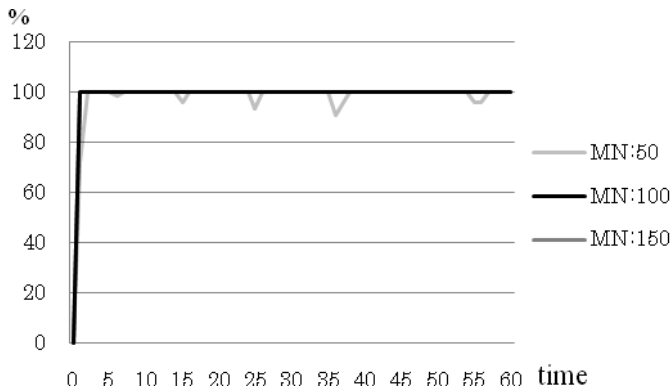


図2: 提案手法における各ユーザー帯域使用率

上記の実験結果の比較として、図3に従来手法によるユーザー数別の帯域使用率を示す。従来手法は提案手法と同様の設定で行うが、提案手法と異なり Utility Function によるユーザー毎の帯域の差別化は行わず、発呼要求のあった全てのユーザーに均等(1Mbps)に帯域を与える。また提案手法と同様帯域を使用中のユーザーが接続を切られることはないが、基地局が既に最大帯域を供給している場合、ユーザーは帯域を得ることが出来ない。

図3よりユーザー数が増加するにつれて帯域使用率も増加していることがわかる。また、提案手法と比較するとユーザー数100・150において常に使用率が100%であった提案手法に対し、既存手法では70%を上回ることがなく、ユーザー数50の場合、提案手法では使用率が90%を下回ることがなかったのに対し従来手法では25%を上回ることがなかった。

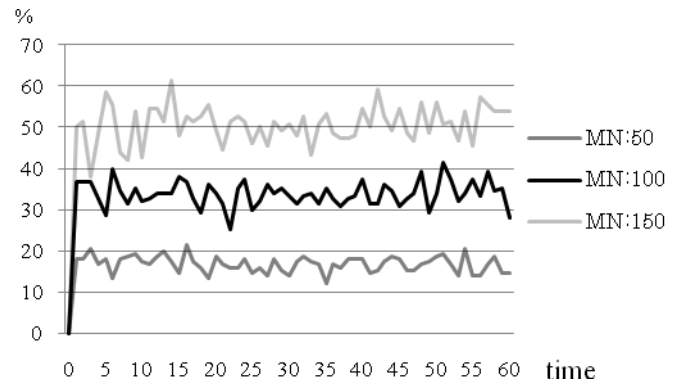


図3: 従来手法における各ユーザー帯域使用率

図4にユーザー数150における各Planの平均獲得使用帯域の分布を示す。Plan1・Plan2は共に安定した値を示し、従来手法を下回ることもなくユーザーの要求を満たしている。しかしPlan3・Plan4の値が安定しておらず、Plan4に関しては帯域を得ていない時間が多数存在した。

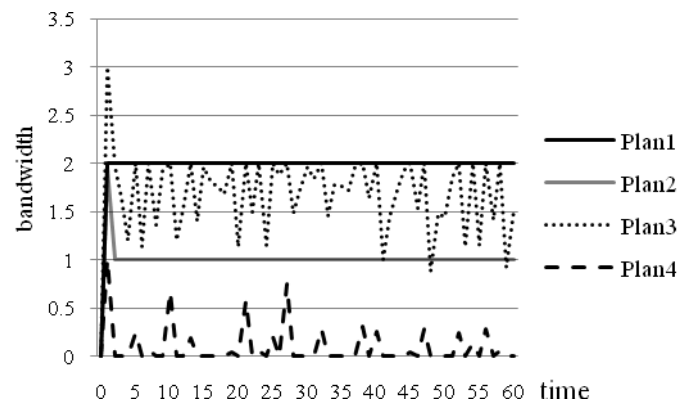


図4: Plan 数均一での各 Plan 平均使用帯域

図4の実験ではユーザーの登録している Plan 数の比率を均等に設定したのに対し、図5では信号伝達機構に登録される各ユーザーの Plan の比率を変化させ、Plan1・Plan2・Plan3・Plan4に登録したユーザーの比率をそれぞれ10%・20%・10%・60%になるよう設定し、各 Plan の平均使用帯域を示す。Plan4の分布を比較すると、ほとんど0.5よりも低い分布をとっていた図4に対し、図5はほぼ全て0.5よりも高い分布をとった。また、表2にシミュレーション実験を通して各 Plan の帯域獲得数0の回数を示す。Plan3は2回から0回へ、Plan4は59回から8回へ共に回数が減少し改善がみられた。

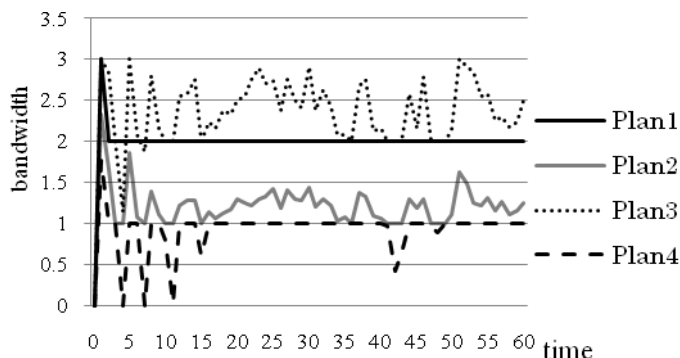


図5： Plan 数調整時での各 Plan 平均使用帯域

表2： 各 Plan における帯域非獲得回数

	Plan3	Plan4
各 Plan 数比率均一	2[回]	59[回]
各 Plan 数比率変化	0[回]	8[回]

## 7. まとめ

本文では、近年の高速・大容量化に伴い新しい QoS 管理方式として、Utility Function を用いた帯域割り当て手法を提案した。また、その手法の効果を、シミュレーションを行うことで示した。

シミュレーション実験結果から従来手法に比べて提案手法は未使用の帯域が少なく、人数が少ないエリアであればあるほどオペレーターにとって有用であることを示せた。

しかしユーザーの視点からみると、時として従来手法よりも帯域を得られないことがわかった。これは各 Plan の人数を均一に設定したために Utility の大きな Plan1・Plan3 が大量の帯域を獲得したことによるものと考えられる。実際にユーザーを Plan 別に分ける場合、帯域を多く要求するユーザーの人数は、全体の中では少数のはずである。そのため、各 Plan の比率を変化させることで改善を試みた。図5で示したように Plan 数の比率の変化により図4と比較して改善が見られたが、図5の Plan 比率が最適解であるとは言えない。

今後は Plan 毎の比率の上限を求めることが課題である。また、各 Plan の Utility Function と金額との関連付けを考案することも課題である。

## 7. 謝辞

本研究を進めるに当たり、様々な御指導を頂いた築山修治教授に深く御礼を申し上げます。また、共同研究において、貴重な助言を与えて頂いた、東京情報大学の金武完教授、国立情報学研究所の阿部俊二教授、華為技術日本株式会社の宇野新太郎さんに深く御礼を申し上げます。そして、築山研究室のメンバーに感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 3GPP “Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN),Over description;Stage2”, 3GPP TS 36.300, 2007.
- [2] 矢守 恭子,田中 良明,“ユーザーの効用から見た通信品質制御とその評価”, 電気情報通信学会誌, Vol.91, No.2, pp.98-101, 2008.
- [3] F Gotoh, O Gonsa, “An Approach for Seamless Integration of QoS and Mobility in B3G IP Networks”, IEICE technical report, MoMuC2004-44, pp.25-29, 2004.
- [4] S Uno, K Sik Kim, M Wan Kim, “QoS Mechanism with Utility Functions for Wireless Mobile Networks”, ICACT2009, 2009 Feb