

モバイル通信におけるユーザ・キャリア間の SLA 利益最大化方式の検討

長野 純一<sup>†</sup> 阿部 伸俊<sup>††</sup> 勅使河原 可海<sup>†</sup>

創価大学工学部<sup>†</sup>

創価大学工学研究科<sup>††</sup>

1. はじめに

モバイル通信の高速化により、モバイル通信においてストリーミング配信などのマルチメディアサービスの普及が進んでいる。これにより、ネットワークへのユーザの要求が多様化してくると考えられる。しかし、無線通信は狭帯域であり、無線品質は動的に変化しやすいため、ユーザが要求する品質を把握し、把握した品質を保証することが必要になってくる。品質保証を行う場合、キャリアが品質保証制御や基地局設備等の増強を行う必要があり、キャリアに大きな経済的な負担がかかる。本研究ではユーザとキャリア間の SLA(Service Level Agreement: サービス品質保証制度)によりユーザの要求する品質を把握し、SLA で定義された品質を保証し、キャリアの利益を最大化することを目的とする。本稿では SLA の 1 パケットの単位利益と遅延などが保証されなかった場合の賠償額の差額を SLA 利益とし、この SLA 利益の最大化を行う式の提案および検討を行った。

2. 想定する SLA

本研究は、多様なネットワーク品質を必要とするサービスがあることを想定している。ストリーミングや Web、メール等の様々なプロトコルに対応するために、パケットごとでの QoS 制御を行う。SLA の対象とする値として、1パケットの単位利益、1パケットの賠償額、保証品質値の値を想定する。本稿では、保証品質値は平均遅延のみを考えている。ユーザが要求する品質を把握するために、キャリアは複数の SLA クラスを用意し、SLA クラス毎に、単位利益、賠償額、保証品質値を設定する。

3. SLA 管理モデル

本研究で提案する SLA 管理モデルを図1に表す。基地局において無線の伝送品質や各クラスの平均遅延等の情報を取得し、基地局制御装置に送信し、基地局制御装置において SLA 利益が最大となるよう、動的にクラスの重み  $w_{i,j}$  の設定を行う。クラスの重み  $w_{i,j}$  とは基地局  $i$  において SLA クラス  $j$  のキューに割り当てられる帯域の割合を表す値である。基地局では、このクラスの重み  $w_{i,j}$  に従った WFQ(Weighted Fair Queuing)を用いてパケットを処理する。このことにより、クラスの重み  $w_{i,j}$  から単位時間あたりにいくつパケットを処理できるかが求まる。

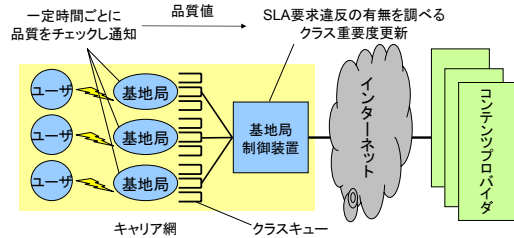


図1 SLA 管理モデル

また、負荷が大きくなり SLA 違反が起こることが予測された場合、パケット廃棄を行うことにより遅延が保証遅延以内になるよう制御する。

4. SLA 利益最大化式

SLA 利益最大化式はキャリアの SLA 利益が最大となるようなクラスの重み  $w_{i,j}$  を決定することを目的である。2章で述べたように、本研究では、1パケットごとに SLA を行っている。SLA 利益は、パケットの品質値を満たしたときに得られる単位利益の合計とパケットを廃棄したときに支払う賠償額の合計の差分として表される。これより、[1]で提案されている複数の e-コマースサイトを運営しているキャリア SLA 利益を参考にし、以下に示す SLA 利益最大化式を提案する。

$$G_{total} = \max \sum_{\text{all BS } i} \sum_{\text{all class } j} G_{i,j} \quad \dots(1)$$

$$G_{i,j} = R_j \lambda_{i,j} - P_j f(T_{i,j}, Z_j, \lambda_{i,j}) \quad \dots(2)$$

$G_{i,j}$  は式(1)の基地局  $i$  における SLA クラス  $j$  の SLA 利益であり、 $G_{total}$  は全ての  $G_{i,j}$  を足したものである。また、 $G_{i,j}$  は全ての到着パケットの要求品質を満たしたときに得られる SLA 利益  $R_j \lambda_{i,j}$  から品質保証ができなかったときの SLA 賠償額  $P_j f(T_{i,j}, Z_j, \lambda_{i,j})$  を引いた形となっている。式(2)の  $f(T_{i,j}, Z_j, \lambda_{i,j})$  は、基地局制御装置においてパケットの到着率  $\lambda_{i,j}$  とサービス率から予測する予測平均遅延  $T_{i,j}$  が SLA 遅延目標値  $Z_j$  を超えてしまい SLA 違反が発生すると予測した場合に、 $T_{i,j}$  を  $Z_j$  に抑えるために基地局で廃棄しなければならないパケット数を表す。即ち、以下の式で示される。

$$f(T_{i,j}, Z_j, \lambda_{i,j}) = \begin{cases} \lambda_{i,j} - \mu_{i,j} + \frac{1}{Z_j} & (T_{i,j} \geq Z_j) \\ 0 & (T_{i,j} < Z_j) \end{cases} \quad \dots(3)$$

$T_{i,j}$  は待ち行列理論の M/M/1 の平均システム滞在時間により求めたもので、 $Z_j$  は遅延目標値であり、 $\lambda_{i,j}$  は基地局  $i$  へのクラス  $j$  パケットの到着率である。 $T_{i,j} < Z_j$  の場合、つまり、サービスが調音調に動作している場合にはパケットを廃棄する必要はない。一方  $T_{i,j} \geq Z_j$  の場合、パケットを廃棄することによって、SLA を守る必要がある。このとき廃棄するパケット数を  $x$  とおき、 $T_{i,j}$  の

A Study of a Profit Maximizing Method on Service Level Agreements between a Career and Users in Mobile Communications

Junichi Nagano<sup>†</sup>, Nobutoshi Abe<sup>††</sup>, Yoshimi Teshigawara<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Engineering, Soka University

<sup>††</sup> Graduate School of Engineering, Soka University

式に導入し以下の式を立てた.

$$Z_j = \frac{1}{\mu_j - (\lambda_j - \tau)} \quad \dots(4)$$

この式の右辺はパケットを  $x$  廃棄したときの遅延値を表し、式(4)を満たすパケット廃棄数を式(3)の  $T_{i,j} \geq Z_j$  の場合の式とした. 基地局  $i$  における SLA クラス  $j$  パケットのサービス率  $\mu_{i,j}$  を

$$\mu_{i,j} = \frac{C_i w_{i,j}}{S_{i,j}} \quad \dots(5)$$

により求める.  $\mu_{i,j}$  は基地局容量  $C_i$  と平均パケット長  $S_{i,j}$  とクラスの重み  $w_{i,j}$  より求まる.  $\mu_{i,j}$  は、1秒間あたりに送出できるパケット数を表している.

同じ基地局のクラスの重み  $w_{i,j}$  には制約式

$$\sum_j w_{i,j} = 1 \quad \dots(6)$$

があり、この制約式の元、SLA 利益が最大になるようなクラスの重みの決定を行う.

## 5. SLA 利益最大化式の検討

式に様々なパラメータを与えることにより、提案式の検討を行った. それぞれの基地局での SLA 利益は独立しており、単純化のために1つの基地局  $i$  における提案式の検討を行った.

### 5.1. 検討手順と評価環境

まず、クラスの重みをパラメータとして、SLA 利益を最大とするクラスの重みを考察する. 次に全体のパケット到着率が変化するとき、最小保証遅延を要求するクラスにどのように優先的に帯域を割り当てる事が出来るかを検討する. 評価環境として、SLA クラスを3つの場合とし、その環境を表1に示す.

表1 評価環境

SLA 単位利益	$R_1$	4
	$R_2$	2
	$R_3$	1
SLA 賠償額	$P_1$	8
	$P_2$	4
	$P_3$	2
SLA 保証遅延(sec)	$Z_1$	0.1
	$Z_2$	0.4
	$Z_3$	1
サーバ容量(bps)	$C_i$	8M
クラスパケット平均長(byte/packet)	$S_{i,1}$	1500
	$S_{i,2}$	
	$S_{i,3}$	

この環境ではクラス1, クラス2, クラス3の順番に SLA 単位利益が大きくなっており、その分賠償額も大きくなっている. また、品質目標値も同様の順番で厳しくなっている.

### 5.2. 検討結果

クラスの重みの変化に対する SLA 利益の変化を図2に示す. 図2は各クラスのパケット到着率が全て250のときの SLA 利益を示している. それぞれのクラスのクラスの重みが  $w_1=w_2=0.375$ ,  $w_3=0.25$  のときに SLA 利益が最大になっている. 図2にはクラス2の重みが表示されていないが、制約条件より  $w_2=1-w_1-w_3$  で求め

られる. 図2より SLA 利益は、SLA 単位利益と SLA 賠償額が多いクラス1の重み  $w_1$  の変化により大きく変化するが、SLA 単位利益と SLA 賠償額が少ないクラス3の重み  $w_3$  にはあまり反応していないことが分かる.

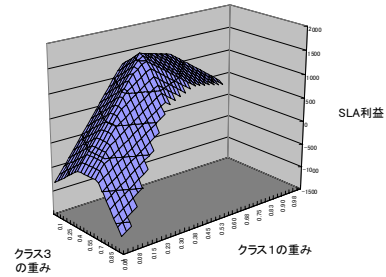


図2 クラスの重みと SLA 利益の関係

次に、パケット到着率が変化したときの各クラスの重みの変化を図3に示す.

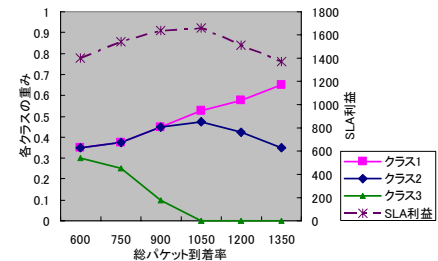


図3 総パケット到着率と各クラスの重み

図3より到着率が増えるにつれてクラス1の重みは増加し、クラス3パケットの重みは減少し続けているのが分かる. また、クラス2の重みは到着率が少ない間は増加しているが、到着率1050の時点より減少している. SLA利益最大となるパケット到着率1050以下ではクラス1, 2が優先されそれを越えるとクラス1のみが優先され、SLA利益の多いクラスに優先的に帯域を割り当てられている.

## 6. まとめと今後の課題

本稿では単位利益と賠償額の差額を SLA 利益とし SLA 利益最大化を行うための式を提案し、提案式の検討を行った. 本方式により基地局容量や、各クラスのパケット到着率に合わせ、キャリアの SLA 利益を最大にするクラスの重みを決定することが出来る. また、最大 SLA 利益が最も高くなるような基地局容量や各クラスのパケット到着率を算出できる.

今後は、本提案式に基地局容量のコストを導入し、到着率の増加に対して基地局の増設を提案できるシステムを検討していきたい.

## 参考文献

- [1] Z. Liu, M. S. Squillante, and J. L. Wolf, "On Maximizing Service-Level-Agreement Profits," Proc. 3rd ACM Conf. Electronic Commerce, ACM Press, 2001, pp. 213-223.