

QoS サーバの品質フィードバック機能

八木 輝[†]

細川 裕司^{**}

馬場 健一^{***}

下條 真司^{***†}

[†]通信・放送機構 Genesis プロジェクト

^{**}大阪大学大学院工学研究科

^{***}大阪大学サイバーメディアセンター

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 5-1

大阪大学サイバーメディアセンター

Tel. : (06)6879-8795

Email : yagi@rd.center.osaka-u.ac.jp

あらまし IP ネットワークにおいて QoS サービスを提供する際、品質の変動性、低い信頼性を補って提供品質を保証するため、実際の品質状況に関する情報に基づいてサービスの制御を行う必要がある。そのような品質フィードバック機能について、その必要性を論じた後、備えるべき具体的な機能を整理するため、利用シナリオの分析を行って必要な計測・監視機能まで明らかにした。さらに品質フィードバック機能の動作するタイミングを調べることで 4 つの基本動作パターンを特定し、我々が試作している QoS サーバにおける品質フィードバック機能の実現法を示した。

通信品質、フィードバック、計測、ネットワーク管理、QoS サーバ

QoS Feedback Functions in a QoS Server System

Hikaru YAGI[†], Yuji HOSOKAWA^{**}, Ken-ichi BABA^{***} and Shinji Shimojo^{***†}

[†]Genesis Project, Telecommunications Advancement Organization

^{**}Graduate School of Engineering, Osaka University

^{***}Cybermedia Center, Osaka University

Cybermedia Center, Osaka University

5-1 Mihogaoka, Ibaraki-shi, Osaka 567-0047, Japan

Tel. : +81 6 6879 8795

Email : yagi@rd.center.osaka-u.ac.jp

Abstract A QoS feedback function is a set of network capabilities to monitor, analyze and react to QoS-related information. This paper studies this function, including discussion of its necessity, list of required scenarios, analysis of possible reactions, relationship among information sources and consumers, and feedback timings. As a result, we can classify the QoS feedback functions, clarify necessary information, and obtain a design of message sequences in our QoS server implementation. In addition, described analysis is considered a useful and valid framework to study the QoS feedback functions.

QoS, Feedback, Measurement, Network Management, QoS Server

1.はじめに

インターネットの多様な利用方法が急速に普及し、音声や映像などの実時間伝送も稀なことではなくなっている。より多くの人々が音声や映像の実時間伝送を利用するようになるにつれ、IP ネットワークに対する QoS の要求も強まっていくと考えられる[1]。そこで、ネットワークが利用者に QoS を提供するための仕組みが様々な所で研究開発されている[2][3][4]。我々は、末端利用者が容易に QoS を享受できるように、QoS を単独のサービスあるいは付加サービスとして提供できる QoS サービスアーキテクチャについて検討を行い、その実装である QoS サーバの試作を進めてきた[5][6]。本稿では、その QoS サーバに対して通信品質情報をフィードバックする機能の追加を検討した結果について報告する。

品質フィードバック機能とは、サービスとして QoS を提供する際に、ネットワークの通信状況や実際に実現できた QoS に関する情報を何らかの手段でモニタあるいは推定し、その情報を様々な形でサービスの提供に活用する機能のこととする。従って、様々なネットワーク管理技術や計測技術と密接に関連するものの、むしろ品質フィードバック機能はそれらの結果得られた品質関連情報の利用技術に焦点を当てたものである。

従来、Diffserv や Bandwidth Broker などの QoS 提供機構の研究においては、当然ながら QoS を制御するための方式に重点が置かれていた[7][8]。しかしながら、現実においては以下の理由から品質フィードバック機能は QoS 提供機構と不可分であると考えられる。

[1] QoS 制御の結果、実際に意図した通信品質が確保できるか否かの不確実性が高い。Diffserv の標準では各品質クラスを実現するメカニズムについては規定しておらず、ルータメーカー毎の実装に依存する部分が多い。また、Bandwidth Broker は基本的に帯域を管理するのみであり、パケット損失や通信遅延の問題も考える必要がある。また、ベストエフォートが基本とするインターネットの世界においては、Bandwidth Broker が保持するネットワーク構成情報が、障害などの原因で実際のネットワーク構成と乖離しやすいと考えられる。

[2] 利用者は、明示的に QoS サービスを利用するのであれば、少なくともある程度の品質保証を期待する。従って、エフォートするだけでなく、程度の問題ではあるが実際に意図した QoS が実現できたかどうかの確認と、問題があった時の何らかの対策が必要である。特に[5]のように従量的要素の加味された課金方式のビジネスモデルを想定するならば、QoS サービスの対価を要求する以上、個別の品質に対するクレームにもある程度対応できることが、なおさら必要である。

以上のように、現実的、総合的な QoS 提供機構の実現においては、品質フィードバック機能は不可欠であり、その具体的な機能を整理し、実現方法を明らかにすることが必要である。2 章では以降の検討の前提とする QoS サービスアーキテクチャを述べ、3 章では要求条件として、考え得る品質関連情報の利用シナリオを列挙して分析した。4 章では 2 章で述べた QoS サーバにおける実現方法の設計を示す。

2. QoS サービスアーキテクチャ

本章では、以下の検討の前提とする QoS サービスアーキテクチャ[6]について述べる。

基本となる QoS 制御方式には Diffserv 技術の利用を想定する。アーキテクチャとしては、ネットワークドメイン全体の帯域資源を集中管理し、各ルータの Diffserv 機能を設定する Bandwidth Broker の概念に基づく。Bandwidth Broker に、(品質フィードバック機能を含む) QoS サービスの提供に必要なと考えられる機能を拡張した QoS サーバを考える。言い換えれば、QoS サーバは、Diffserv 対応のルータで構成されるネットワークドメインに組み込むことで、単独で QoS サービスを提供するために必要十分な機能を有するネットワーク要素として設計している。

ビジネスモデルとしては、ビデオ会議や VoIP のようなインタラクティブなストリーム型アプリケーションを想定し、利用者の特定および使用量の記録を行い従量制課金が可能であること、受け付け制御によりトラフィックを規制し通信品質を保つこととする。Diffserv の使い方としては、ユーザトラフィックにベストエフォート (BE) と Expedited Forwarding (EF) の 2 クラスを用い、利用者から QoS サービスを要求されたフローに対して EF クラ

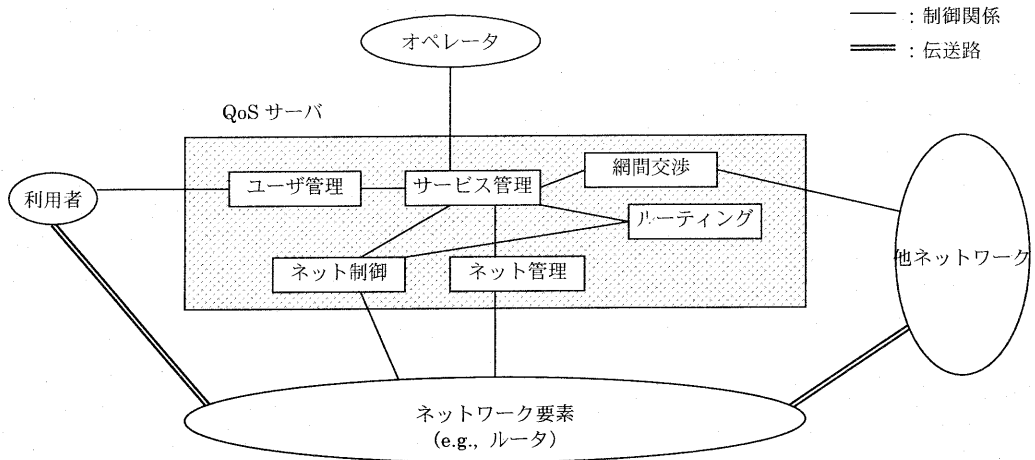


図 1 QoS サーバ機能構成モデル

スを割当て、優先制御する。

QoS サーバの内部機能構成モデルは、図 1 に示すように 6 つの機能コンポーネントから成る。各機能コンポーネントの説明を以下に示す。

- (1) ユーザ管理機能コンポーネント
利用要求を受付ける。契約情報の保持、認証、課金も行う。
- (2) サービス管理機能コンポーネント
サービス定義を管理し、プロバイダポリシーを反映してサービスロジックを実行する。QoS サーバ全体の機能コンポーネント間の調整、管理も行う。
- (3) ネットワーク制御機能コンポーネント
ルータを設定し、QoS 制御を実現する。ネットワーク構成情報や帯域資源の管理も行う。
- (4) ネットワーク管理機能コンポーネント
品質フィードバック機能を実現するための品質関連情報を収集する。
- (5) ドメイン間交渉機能コンポーネント
ネットワークをまたがって QoS サービスを提供するため、ネットワーク間で連携をとる。いわゆるフローの集約も行う。
- (6) QoS ルーティング機能コンポーネント
QoS を考慮して経路制御を行う。

機能的には、いわゆる Bandwidth Broker の概念に、主にサービス運用管理面の機能強化を施しており、一部カスタマケアやネットワーク管理の機能を含むが、販売、料金回収、ネットワーク計画・配備、機器管理などのオフライン処理や QoS 固有でない

機能は含まない。

3. 要求条件の分析

3.1. 利用シナリオの例

前章で述べた前提の下で、必要な品質フィードバック機能の抽出を行うため、考えられる品質フィードバック機能の利用シナリオを以下のように列挙した。

- (a) QoS サービス提供不能の検出
- (b) QoS サービス利用中の通信品質劣化の検出
- (c) 利用者からの要求を超えるトラフィック流入の検出
- (d) 障害による接続断の検出
- (e) 顧客側システムの停止
- (f) 輻輳の発生
- (g) 異常トラフィック (e.g., DoS 攻撃) の検出

さらに QoS サービスの提供に付随して品質関連情報を利用するシナリオとして以下のようなものがある。

- (h) 利用終了時に実際に享受できた品質や利用率を通知
- (i) QoS サービスの正常な開始・終了の通知
- (j) 輻輳状況や品質利用可能性に関する問合せ対応

またその他に、利用者から見て関連する情報として、

- (k) 予約や利用実績、契約情報の確認
- (l) 品質提供不能状態解消の通知

(m) 問題箇所の特定

(n) QoS サービス受け拒否理由

等も考えられるが、これらはいずれも、他の品質関連情報が利用者に提供される際に、より親切かつ詳細にするため付随的に提供されることが望ましいものである。(k)は品質関連情報に付随して利用関連情報を提供するものであり、(l)の問題からの復旧の通知は問題の発生ならびに利用要求の拒否に付随して提供されると親切である。(m)の問題箇所は問題発生のお知らせと同時に通知されるべきであり、(n)の理由は全ての NG 通知において詳細情報として提供されることが望ましい。従って、以下では、(a)～(j)までを考察の対象とする。

3.2. シナリオの分類

上記のシナリオには、様々な種類のものが混在しているので、5W1H にならって以下の視点から分類を行う。

- ・ フィードバックするイベント
- ・ 発生箇所
- ・ 情報の重大性
- ・ 監視対象範囲
- ・ 発生時機
- ・ 情報利用者

各シナリオに対して上述の視点からまとめたものが表 1 である。情報の利用者としては、色々なケースが考えられると思われるが、この表からはシナリオが概ね 4 つ程度のグループに分類できることが読み取れる。

ア) サービスレベルでの品質劣化情報のフィードバック [(a), (b), (c)]

サービスあるいは個々のマイクロフローに着目して品質に問題が発生した事を通知するという意味において、(a)(b)(c)は同類である。QoS サ

ービス提供不能は品質劣化の究極の場合と考えられるし、ユーザ側のトラフィック超過によるパケット損失も UNI における品質劣化の一種と捉えられる。

イ) 品質に影響を及ぼすネットワーク状況のフィードバック [(d), (e), (f), (g)]

ネットワークレベルで QoS サービスの品質に影響を及ぼす問題の発生を通知するという意味において、(d)(e)(f)(g)は同類である。生存確認メッセージの交換による顧客システムのダウンの検出は UNI における障害検出であり、実現可能性の問題は別として、ネットワークで DoS 攻撃が検出できれば、それは顧客側における輻輳の一種と考えることができる。

ウ) 正常なサービス利用に伴う通知 [(h), (i)]

このグループは、サービスの利用に関して問題は発生していないが、正常な利用に関する情報を提供するものである。(h)については、正常の範囲であっても利用の結果実際に享受できた品質がどうであったか、または品質を見る際の参考情報とでも言うべき送受信トラフィックをフィードバックすることは重要である。

エ) QoS サービスに関する問合せ対応 [(j)]

(j)は、問合せに対する情報の提供という意味で機能的に他のものと異なっている。

従って、トップダウンからの要求条件としては以上の 4 種の品質フィードバック機能を備えるべきである。

3.3. 品質フィードバックへの対処

フィードバックされた情報の活用の仕方、あるいはその情報に対するリアクションとして以下のものを考える。

- ・ ユーザへの通知
- ・ オペレータへの通知

表 1 利用シナリオの分析

| | イベント | 発生箇所 | 重大性 | 監視対象 | 発生時機 | 主要利用者 |
|-----|----------|--------|-----|------|------|-----------|
| (a) | 利用不能 | ネットワーク | 致命的 | サービス | エラー | ユーザ |
| (b) | 品質劣化 | ネットワーク | 異常 | サービス | エラー | ユーザ、オペレータ |
| (c) | 送出量過大 | UNI | 警告 | サービス | エラー | ユーザ |
| (d) | ネットワーク障害 | ネットワーク | 致命的 | ネット | エラー | オペレータ |
| (e) | 顧客無応答 | UNI | 致命的 | ユーザ | エラー | オペレータ |
| (f) | 輻輳 | ネットワーク | 異常 | ネット | エラー | オペレータ |
| (g) | 異常トラフィック | ネットワーク | 警告 | ネット | エラー | オペレータ、ユーザ |
| (h) | 品質・利用実績 | ネットワーク | 情報 | サービス | 利用 | ユーザ |
| (i) | 開始・終了 | サーバ | 正常 | サービス | 利用 | ユーザ |
| (j) | 利用可能性 | サーバ | 情報 | サービス | 問合せ | ユーザ |

表 2 各シナリオに対して可能なアクションの例

| シナリオ | 通知 | | 記録 | | 迂回 | 規制 | 中止 | 待機 |
|----------|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| | 利用者 | 運用者 | 課金 | 網地図 | | | | |
| 利用不能 | ○ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 品質劣化 | ○ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | × | ○ |
| 送出量過大 | ○ | × | ○ | × | × | NA | × | ○ |
| ネットワーク障害 | × | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ |
| 顧客無応答 | NA | × | ○ | × | × | × | ○ | ○ |
| 輻輳 | × | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ |
| 異常トラフィック | ○ | △ | × | △ | × | ○ | × | ○ |
| 品質・利用実績 | ○ | △ | ○ | △ | × | × | × | × |
| 開始・終了 | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × |
| 利用可能性 | ○ | × | × | × | ○ | × | × | ○ |

- ・ 利用履歴、課金システムに記録
- ・ 利用可能な網資源地図へ反映
- ・ 迂回などの代替処置
- ・ 他トラフィックのブロックやオーバーフローを低優先順位でマーキングするなどの規制
- ・ サービスの停止、設定の解除
- ・ 暫く復旧を待つ

3.1. で列举した利用シナリオに対してどのような対処を行うかは多様な選択肢があり、設計の問題であるが、各シナリオに対して可能なアクションの一例を表 2 に示す。表中の○は可能性が高いことを、×は可能性が無いことを、△は可能性が低いと考えられることを表わす。「顧客無応答」時の「利用者への通知」は、通知の手段が無いため NA としているが、可能ならば他の手段を使ってでもその旨を伝えることが望ましい。「送出量過大」時の「規制」は、Diffserv では ingress で shaping するのが通例なので、特にリアクションとして規制を行わないという意味である。

表から、「通知」や「記録」の相手は、情報の監視対象がマイクロフロー単位なのかネットワーク全体なのかに密接に関連していることが分かる。「迂回」や「規制」は、対処の必要な問題が生じており、かつ対処が可能である場合に○となっている。「実績」や「開始・終了」は、情報の重大性が正常範囲なので対処が必要無く、「中止」も情報の重大性が致命的である場合に実施され得る。

3.4. フィードバック情報源の関連と動作ロジック

表 2 を見ると、ネットワーク障害が発生しても利用者に直接、通知が送られることは無いが、実際には影響を受けるマイクロフローの利用者が特定できればアラームを送るべきである。また、利用可能

性の判断もネットワーク障害情報が記録された網資源地図を参照して行う必要がある。このように各シナリオの動作は連鎖しており、元になる情報は同じ場合がある。そのような場合を検討すると以下のようになる。

- ・ 利用不能の判断は、事前には利用可能性を調べて行う。また、通信中には、ネットワークの障害状況から利用状況の情報を用いて影響を受けるマイクロフローを特定する。さらにマイクロフローレベルでの監視が可能であればその結果も用いる。
- ・ 利用可能性の問い合わせには、網資源地図で該当ルートの可用性を調べ、同時に利用/予約状況を調べて行う。
- ・ 品質劣化の情報も通信中の利用不能と同様に、ネットワークの輻輳状況から利用状況の情報を用いて影響を受けるマイクロフローを特定する。さらにマイクロフローレベルでの監視が可能であればその結果も用いる。
- ・ QoS サービス開始・終了の通知は、サービスの予約状況とネットワークの設定結果を基に行う。
- ・ 品質・利用実績は、マイクロフローの監視結果を基に、送出量過大や顧客無応答が無かったかを調べて終了通知と共に行う。

以上の結果をまとめたのが図 2 である。図 2 では更に品質フィードバック機能を実現するために必要な基本的なネットワークの情報源を特定している。

4. 実現方式

次に、2 章で述べた QoS サーバの機能構成モデルにおいて、3 章で抽出した 4 つの品質フィードバ

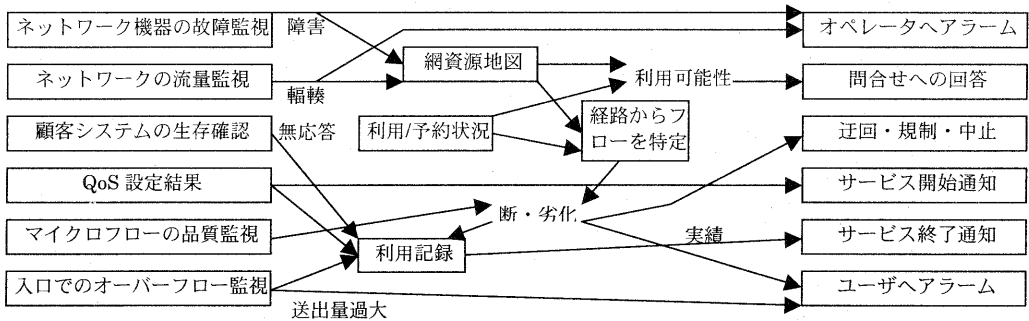


図 2 QoS フィードバック情報相互関連図

ク機能を実現する方法を考える。

4.1. 基本的な構成と情報の流れ

基本的に、ネットワークで発生した様々な品質関連情報を様々な形で活用するためのアーキテクチャとしては、一般的なネットワーク管理におけるオペレーションシステムのように一箇所に情報を集めてそこから各種指示を出すモデルが適用できる。[2][3]等は外部のネットワーク管理システムと連携して QoS 管理を行うモデルとなっているが、2章で述べたように我々の QoS サービスアーキテクチャでは、QoS サーバを単独で QoS サービスを提供するために必要十分な機能を有するネットワーク要素として設計しているため、内部にローカルな集中管理機能を備えることによってその方針を守ることができる。また、そうすることによって、既存のネットワーク管理システムの制約を受けない、独自の品質関連情報の収集やリアクションが可能になる。

図 3 に示すように、QoS サーバの機能構成モデルの中では、全体の調整とサービス論理やプロバイダ

ポリシー等の最終判断を司るサービス管理機能コンポーネントが、その集中管理機能として適切と考えられる。当然ながらサービス管理機能コンポーネントが外部のネットワーク管理システムと連携し、ネットワーク管理システムの下で追加的に品質フィードバック機能を果たす構成も、あるいは一部、ネットワーク管理システムを利用しながら品質フィードバック機能を実現する構成も、その変形として考えられる。

基本的な情報の流れとしては、利用者側、自ドメイン内、または隣接する他のドメインから問題の発生がサービス管理機能コンポーネントに報告され、利用者、ネットワークオペレータ、自ドメイン・他ドメインのネットワーク機器の必要な所あるいは全てに対して、適切な通知や指示が行われる。ただし、QoS ルーティング機能コンポーネントは品質フィードバック機能を実現するための基本的な情報の流れに直接的に関与しないため図中では省略している。

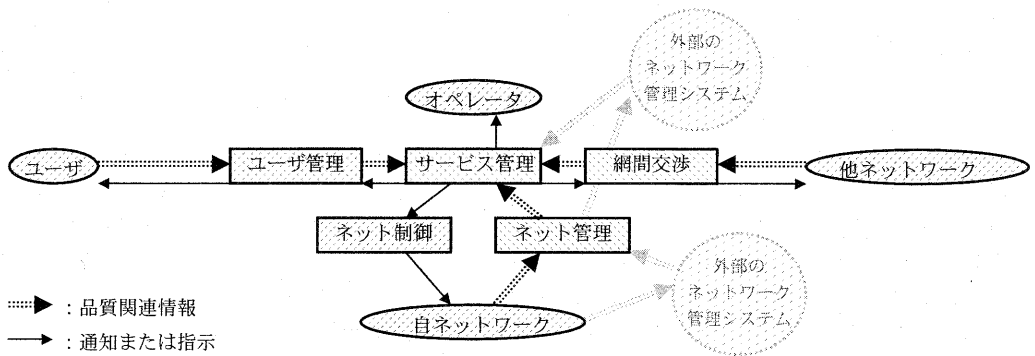


図 3 基本的な情報の流れ

4.2.動作シーケンス

3.2.で整理した4種の品質フィードバック機能に対して、その動作のタイミングを詳細に見ると、以下ようになる。

ア) 品質劣化情報

- [A] サービス利用中に品質劣化の発生を通知
- [B] 事前に品質提供不能を通知
- [C] 利用終了時に品質劣化があった事を通知

イ) ネットワーク状況

- [D] ネットワークの故障や輻輳の発生を通知
- [E] ネットワークの故障や輻輳の解消を通知

ウ) 正常なサービス利用に伴う通知

- [F] 利用終了時に、品質上の結果を通知
- [G] 予約時など、サービスの開始を通知

エ) 問合せ対応

- [H] 問合せに対して返答

上記の[A]、[D]、[E]は i) 該当イベント発生時に処理される。[B]、[G]は ii) QoS サービス開始時に、[C]、[F]は iii) QoS サービス終了時に、[H]は iv) 問合せ時に処理される。それぞれのタイミングについて機能コンポーネント間のメッセージ手順は図4のようになると考えられ、各機能はこれらの手順の組合せで実現される。

5.まとめ

本稿では、品質フィードバック機能として備えるべき具体的な機能を明らかにするため、具体的な利用シナリオを列挙し、フィードバックに対するリアクション、情報源と情報利用者の相互関係を分析した。その結果、それらの機能を実現するために必要な計測・監視機能にまでブレイクダウンすることができた。また、フィードバックのタイミングを検討することで品質フィードバック機能が4パターンの手順の組合せで実現できることを明らかにし、我々が試作しているQoSサーバにおける実現方法の設計を示した。

分析の基とした利用シナリオが網羅的であるかどうかという懸念はあるが、新たな品質フィードバック機能の要求が見つかった際にも有効な分析の視点あるいは枠組みを与えているのではないかと考えている。

また、回線交換網におけるネットワークの運用管理に関しては多くの研究が存在するが、インターネットは時々刻々とトラフィック状況が変化するため、異なる検討を要する。2章で挙げた利用シナリオの中でも、ネットワーク障害などの2、3の例外

を除いては、品質劣化や送出量過大なインターネット特有の問題であるか、輻輳や端末の信頼性などインターネットにおいて意味が変わっているものが多い。

現在、本稿で述べた検討を基に品質フィードバック機能の一部をプロトタイプとして実装している[6][9]。しかし、マイクロフロー単位での品質の計測はコストがかかるため、部分的に推測する手法の検討を行っており、また別の機会に報告したいと考えている。

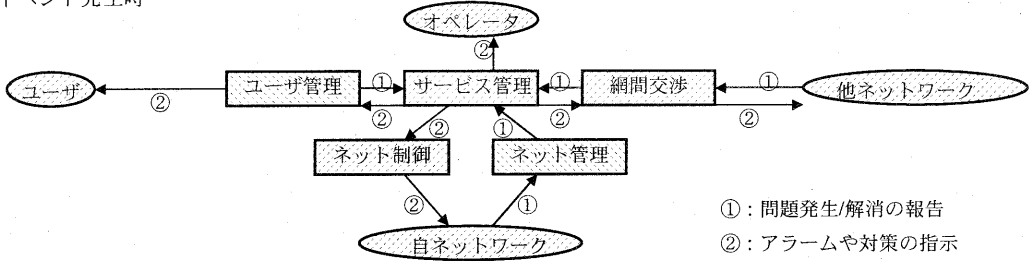
今後は、RFC2021(RMON MIB)など、既存のネットワーク管理関連の検討と比較し、過不足等を調査する予定である。

謝辞 本検討に際し、貴重なご助言を頂いた新日鉄ソリューションズ(株)NGIグループの諸氏、並びにその機会を与えて頂いた(株)KDDI研究所の浅見徹所長に感謝する。

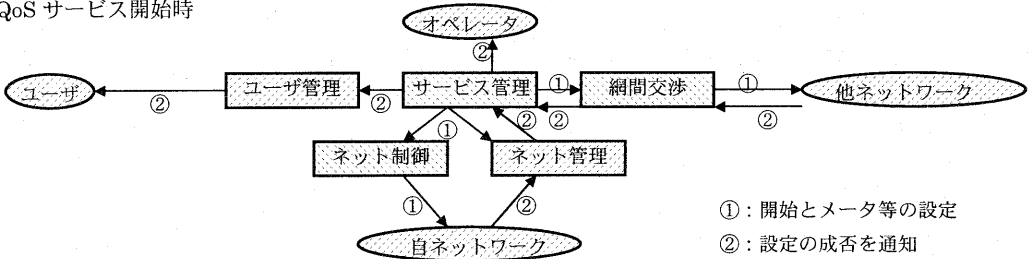
参考文献

- [1] B. E. Carpenter: “通信インフラストラクチャを目指したIPネットワーク”, 信学会誌, Vol.83, No.4, pp.257-262 (2000-04).
- [2] <http://qbone.internet2.edu/bb/bboutline2.html>
- [3] 長尾, 中井, 磯山, 齋藤, 吉田: “IP-QoS サーバシステム”, NEC 技報, Vol. 53, No. 11, pp.28-31 (2000-11).
- [4] <http://www.moon-bear.net>
- [5] 八木, 木谷, 馬場, 下條: “QoSをサポートしたIPネットワークにおける課金方式の検討”, 信学技報, IN2000-123 (2000-11).
- [6] H. Yagi, M. Hashmani, M. Kitani, K. Baba and S. Shimojo: “Network Functionalities Necessary for QoS Service Provisioning,” *Pre-Proceedings of IWS2001, Part III*, pp.165-170, Tokyo Japan (2001-02).
- [7] K. Nichols, et al.: “Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers”, IETF RFC2474 (1998-12).
- [8] S. Blake, et al.: “An Architecture for Differentiated Services,” IETF RFC2475 (1998-12).
- [9] M. Hashmani and M. Yoshida: “ENICOM’s Bandwidth Broker,” *Symposium on Applications and the Internet 2001 (Saint ’01)*, San Diego USA (2001-01).

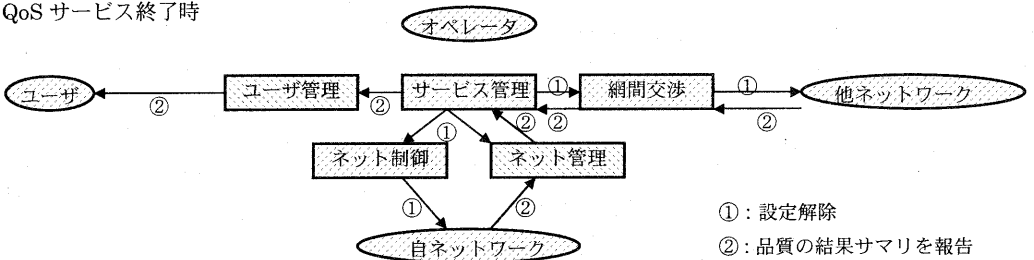
i) イベント発生時



ii) QoS サービス開始時



iii) QoS サービス終了時



iv) 問合せ時

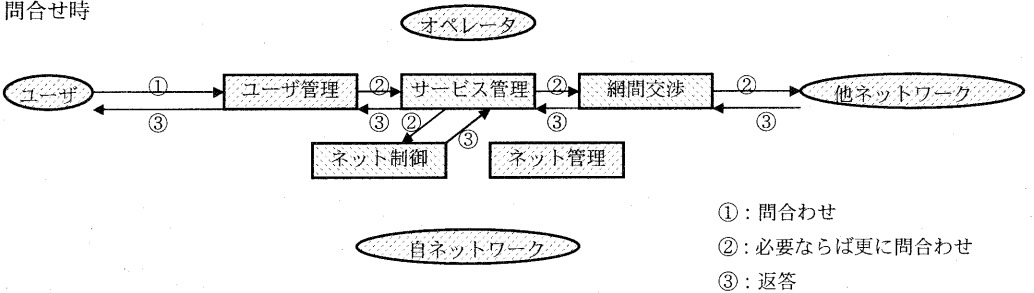


図 4 基本的な情報の流れ