

Title	ホームネットワーク環境における異種データリンク接続のQoS保証に関する研究
Author(s)	児玉, 泰伸
Citation	
Issue Date	2012-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/10409
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

ホームネットワーク環境における異種データリンク 接続の QoS 保証に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報科学専攻

児玉 泰伸

2012 年 3 月

修 士 論 文

ホームネットワーク環境における異種データリンク 接続の QoS 保証に関する研究

指導教員 丹康雄 教授

審査委員主査 丹康雄 教授

審査委員 Lim, Azman Osman 准教授

審査委員 篠田陽一 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報科学専攻

1010021 児玉 泰伸

提出年月: 2012 年 2 月

概 要

近年、有線 LAN (Local Area Network) と無線 LAN の組み合わせを始めとした複数のデータリンク技術で構成されるネットワークが家庭内で用いられ始めている。これらのデータリンク技術はそれぞれ QoS 保証が可能であるが、複数のデータリンクを組み合わせた通信で QoS の保証を引き継ぐ技術は実現されていない。また、家電機器でホームネットワークに接続して使用する機器が増加し、従来は専用回線を用いて別々に行われていた通信がインターネット接続用の一つの回線で行われ始め、ホームネットワークでの QoS の必要性が増してきている。本研究は複数種のデータリンク技術が用いられているホームネットワーク環境において、エンドツーエンドの機器間の通信の QoS (Quality of Services) 保証をデータリンク層で行うための手法を提案する。現在ホームネットワークで用いられるデータリンクの QoS 保証技術、データリンクの統括的な QoS 保証が可能な UPnP QoS を元に複数のデータリンクで構成されるネットワークで QoS 設定が適用可能な手法を提案し、実験システムを用いて提案手法の実用性の検証を行う。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究の背景	1
1.2	研究の目的	1
1.3	本論文の構成	2
第2章	ホームネットワークで用いられているデータリンク技術	3
2.1	ホームネットワークにおいて用いられている データリンク技術の種類	3
2.1.1	イーサネット	3
2.1.2	IEEE802.11a/b/g/n	3
2.1.3	同軸線通信	4
2.1.4	電話線通信	4
2.1.5	電力線通信 (PLC : Power Line Communication)	5
2.2	データリンク技術の QoS	5
2.2.1	QoS の評価尺度	5
2.2.2	QoS 制御の構成	6
2.2.3	有線 LAN で使用される QoS	11
2.2.4	無線 LAN で使用される QoS	12
2.2.5	その他のデータリンクの QoS	14
第3章	UPnP	16
3.1	UPnP の概要	16
3.1.1	UPnP ネットワークデバイスの構成	16
3.1.2	UPnP の制御の手順	17
3.1.3	UPnP で扱われるデータ	19
3.2	UPnP QoS	19
3.2.1	UPnP QoS の構成	19
3.2.2	UPnP QoS で提供される QoS	20
3.2.3	UPnP QoS のシグナリング	21
3.2.4	UPnP QoS で扱う経路情報	23
3.3	DLNA	24
3.3.1	DLNA の概要	24

3.3.2	DLNA の利用形態	25
3.3.3	UPnP - AV	26
3.3.4	現在の家庭での UPnP の使用状況	28
第 4 章	提案手法について	30
4.1	提案手法の概要	30
4.1.1	提案手法の特徴	30
4.1.2	QoS 設定手順	30
4.1.3	QoS 設定で用いるプロトコル	33
第 5 章	実験システム	34
5.1	実験システムの目的	34
5.2	現在家庭で使われているデータリンク技術の QoS の調査	34
5.2.1	販売されている製品の QoS 対応状況	34
5.2.2	有線 LAN	35
5.2.3	無線 LAN	35
5.2.4	その他のデータリンク技術	35
5.3	実験システムの構成	36
5.3.1	DMS	36
5.3.2	DMR	37
5.3.3	機器制御用 PC (DMC)	37
5.3.4	ブリッジ設定用 PC	37
5.3.5	ブリッジ	38
第 6 章	提案手法の検証実験	40
6.1	QoS 設定プログラムの性能調査	40
6.1.1	概要	40
6.1.2	実験環境	40
6.1.3	実験手法	42
6.1.4	結果	42
6.2	QoS 設定プログラムの負荷の検証	45
6.2.1	概要	45
6.2.2	実験環境	45
6.2.3	実験手法	45
6.2.4	実験結果	45
6.3	メディア再生時の QoS 設定時間の検証	49
6.3.1	概要	49
6.3.2	実験環境	49
6.3.3	実験手法	49

6.3.4	実験結果	51
6.4	提案手法を用いた場合の品質改善の検証	52
6.4.1	概要	52
6.4.2	実験環境	52
6.4.3	実験手法	52
6.4.4	実験結果	52
6.5	考察	53
6.5.1	QoS 設定プログラムの性能調査に対する考察	53
6.5.2	QoS 設定プログラムの負荷の検証に対する考察	54
6.5.3	メディア再生時の QoS 設定時間の検証に対する考察	54
6.5.4	提案手法を用いた場合の品質改善の検証に対する考察	55
第 7 章	まとめと今後の課題	57
7.1	まとめ	57
7.2	今後の課題	57
第 8 章	謝辞	58
付 録 A	作成した QoS 設定プログラムについて	59

第1章 はじめに

1.1 研究の背景

近年、有線 LAN と無線 LAN の組み合わせを始めとして、電力線通信 (Power Line Communication : 以下 PLC)、同軸線、電話線、HEC (High-definition multimedia interface Ethernet Channel) など複数の異なるデータリンク技術が使われたネットワークが家庭内でも用いられるようになってきており、次世代宅内有線ネットワーク規格である G.hn の策定も進められている。また、家電機器の高性能化、高機能化に伴い、ホームネットワークに接続して使用する機器が増加し、家庭内においてもネットワークの通信量が増大してきている。しかし、ネットワークを構成するデータリンク内での QoS の保証はそれぞれのデータリンク規格ごとに決められているが、複数のデータリンクを経由した場合の通信で QoS の保証を引き継ぐ技術は実現されていない。また、IPTV (Internet Protocol TeleVision) や IP 電話など従来は専用回線を用いて別々に行われていた通信がインターネット接続用の一つの回線で行われ始め、ホームネットワークでの QoS の必要性が増してきている。これらのことから、ホームネットワークのリソースが足りなくなり、リソースの適切な割り当てが必要になると考えられる。

1.2 研究の目的

本研究では、複数のデータリンク技術が用いられているホームネットワーク環境において、機器間の通信の QoS 保証をデータリンク層で行う手法を提案する。この実現には、家庭内で用いられる各データリンク技術の QoS 保証技術とデータリンク間のブリッジング時の情報の引き継ぎ、エンドツーエンドのパス設定で使用するシグナリングが必要となる。そのため、まずそれぞれのデータリンクで用いられている QoS 保証技術の対応関係表の作成を行う。また、異種データリンクを繋ぐブリッジング技術を基にすることで、異なるデータリンクへ QoS 保証の設定情報の伝達を行う手法を作成する。更に、シグナリングは UPnP QoS (Universal Plug and Play QoS) をベースとすることで複数の異なるデータリンク間で使用可能なシグナリングアーキテクチャの作成を行う。これらにより複数種のデータリンク技術によって構成されているホームネットワークにおいてネットワーク全体での QoS 保証を行うことが可能となる。

1.3 本論文の構成

本論文は以下の構成をとる。

- 第1章
研究の背景と目的について説明し、本論文の全体の構成の説明を行う。
- 第2章
QoSの評価尺度とQoS制御手法、各データリンク技術のQoSについての説明を行う。
- 第3章
提案手法の通信で利用するUPnP、それをベースとしたDLNAについての説明を行う。
- 第4章
本論文で提案する手法についての説明を行う。
- 第5章
提案手法の評価を行うための実験システムの説明を行う。
- 第6章
提案システムの検証実験について示し、その結果についての説明を行う。
- 第7章
本論文の統括を行う。

第2章 ホームネットワークで用いられているデータリンク技術

2.1 ホームネットワークにおいて用いられているデータリンク技術の種類

現在ホームネットワークで用いられている主なデータリンク技術は以下のものである。

2.1.1 イーサネット

現在において有線 LAN として広く使われているツイストペアケーブルを利用する規格である。新築のマンションなどでは各部屋へツリー状にイーサネットケーブルが配線され、部屋のネットワークコネクタ接続口にケーブルを繋ぐだけで宅内に LAN 環境を構築されるように整備されつつある。

イーサネットは 1973 年に Xerox 社で発明され、DEC、Intel、Xerox (DIX) によって制定された同軸ケーブルの共有媒体を用いた最大通信速度が 10Mbps の CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 方式のローカルエリアネットワーク技術である。その後、IEEE802.3 として標準規格となり、通信速度が 100Mbps、1Gbps、10Gbps と向上し、CSMA/CD 方式に依らない交換型・全二重通信方式への移行、物理媒体の追加、フレーム単位での優先順位付けによる CoS (Class of Service) の提供、Tag VLAN (Virtual LAN) によるデータリンク層の多重化など、度重なる拡張が行われている。

ホームネットワークでは、通信速度が 100Mbps の 100Base-TX が使われることが多く、高速な通信が必要とされる機器で通信速度が 1Gbps の 1000Base-T が使われ始めている。

2.1.2 IEEE802.11a/b/g/n

無線 LAN として現在使われている規格で、ベースとなる IEEE802.11 が 1997 年 7 月に標準化され、1999 年に同じ 2.4GHz 帯を使用し、より高速な伝送を可能にした IEEE802.11b、同年に別の周波数帯である 5GHz 帯を利用した規格の IEEE802.11a が標準化された。さらに 2003 年 6 月には 2.4GHz 帯でさらに高速な伝送が可能な IEEE802.11g が標準化され、2009 年 9 月には MIMO (Multiple Input Multiple Output) 技術を取り入れた IEEE802.11n が標準化されている。

IEEE802.11bの伝送速度は最大11Mbpsであり、IPデータ転送に適用可能である。IEEE802.11aは高速な伝送が可能なOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple) 方式を取り入れ、標準 24Mbps、オプションで最大 54Mbps の伝送が可能である。IEEE802.11g は IEEE802.11b と互換性を保ちながら標準 24Mbps、オプションで最大 54Mbps の伝送が可能である。無線方式は IEEE802.11a と同じ OFDM 方式と、IEEE802.11b と互換性を保つための DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) 方式が規定されている。IEEE802.11n では MIMO 技術により伝送速度が最大 600Mbps と最大伝送速度がそれまでの規格に比べて大きく向上している。

無線 LAN は電波が到達可能な範囲ならばどこでも通信が可能のため、セキュリティが問題になりやすい。そのため、IEEE では ESS-ID によるアクセス制御、WEP (Wired Equivalent Privacy)、WPA (Wi-Fi Protected Access) による暗号化、MAC アドレスによるフィルタリングが標準化されている。主にノート PC や携帯電話、携帯用ゲーム機などの持ち運びされることが多い機器に使用される [3]。

2.1.3 同軸線通信

テレビ用に家に配線されている同軸線でテレビで使用されていない周波数帯域を利用して通信を行う方式である。テレビ用の配線を利用するため、宅内に新たに通信用ケーブルの配線することなくホームネットワークを構成することが可能である。また、元々テレビ用の信号を伝えるケーブルを利用するため他のデータリンク技術に比べノイズ耐性が高く、高速通信が可能である。主に G.9954 準拠の規格である HomePNA (Home Phone Network Alliance) [10] と業界団体の規格である MoCA (Multimedia over Coax Alliance) [11] が用いられている

2.1.4 電話線通信

電話用に家に配線されている電話線の使用されていない周波数帯域を利用して通信を行う方式である。既存の電話の配線をほぼそのまま使用することができ、各部屋毎に電話線が配線されている欧米や、集合住宅、ホテルで広く用いられている。現在主に使用されている規格は世界標準団体の ITU-T の承認を受けた HomePNA である。

HomePNA は 1998 年に 1Mbps の伝送速度を実現する HomePNA1.0 が策定され、1999 年 12 月には伝送速度が 10Mbps の HomePNA2.0 が策定された。2003 年 6 月に策定された HomePNA3.0 では 128Mbps まで高速化され、さらにオプションにより最大 240Mbps までの伝送が可能となった。

HomePNA の伝送フレームは、イーサネットフレームを挟み込んだ構成になっているため、イーサネットと互換性があり、ユーザ側からはイーサネットのように取り扱える。

2.1.5 電力線通信 (PLC : Power Line Communication)

電力線に通信信号を乗せることで通信を行う規格である。既存の配線を利用するため既築の場合でも配線工事が不要であり、コンセントに機器を接続するだけで通信を行うことが可能になるため同軸線通信や電話線通信に比べて広く家庭内で使用することが可能である。現在では主に最大物理速度が 190Mbps の UPA、最大物理速度が 200Mbps の HomePlug AV、最大物理速度が 210Mbps の HD-PLC の 3 つの規格が主に用いられている。多くの製品でコンセントに接続するだけで通信が可能になる、機器の増設時の設定がボタンを押すだけなど、通信を行うための設定が非常に容易である。

これらのデータリンク技術は有線 LAN と無線 LAN のように一つの標準化された規格が用いられているものもあれば、同軸線通信や電力線通信など複数の通信規格が存在し、それぞれの規格間での競争が行われているものがある。競合する規格間での互換性はなく、電力線通信などの複数の規格がある場合、一つの規格に揃えなければ他の規格と通信が干渉してしまい通信ができないなどの問題が発生する。次にこれらで用いられている QoS について述べる。

2.2 データリンク技術の QoS

2.2.1 QoS の評価尺度

QoS とはネットワーク上の通信サービスの品質保証を確保するための技術である。このサービス品質で評価される主な項目は以下のものである。

- 遅延時間
 - － 遅延時間とはパケットの送信時間と到着時間の差を表すものであり、Ethernet などの伝送系における伝送遅延とルータやブリッジなどにおける中継処理遅延の合計で表される。実際の評価尺度としては個々の通信フレームの遅延時間ではなく最大遅延時間が用いられる。
- ジッタ
 - － ジッタは遅延時間の揺らぎを表す尺度であり、パケットの転送遅延時間の標準偏差で表される。IP 電話やテレビ会議など一定時間間隔でデータのやり取りを行う場合にジッタの大きさが品質に大きな影響を与える。
- ロス率
 - － 単位時間内に送信したパケットの個数に対して、何らかの理由で受信側に到達しなかったパケットの個数の割合である。無線 LAN などの無線通信での伝送

障害やルータが輻輳状態になった場合のバッファオーバーフローが主な要因である。

- 帯域幅

- ー 帯域幅は単位時間あたりに転送可能なフレームの合計データ長であり、秒あたりのビット数（bps：bit per second）で表される。通常、帯域幅は時間とともに動的に変化するため、一定時間あたりの平均レートと瞬間最大値のピークレートの組み合わせで表される。

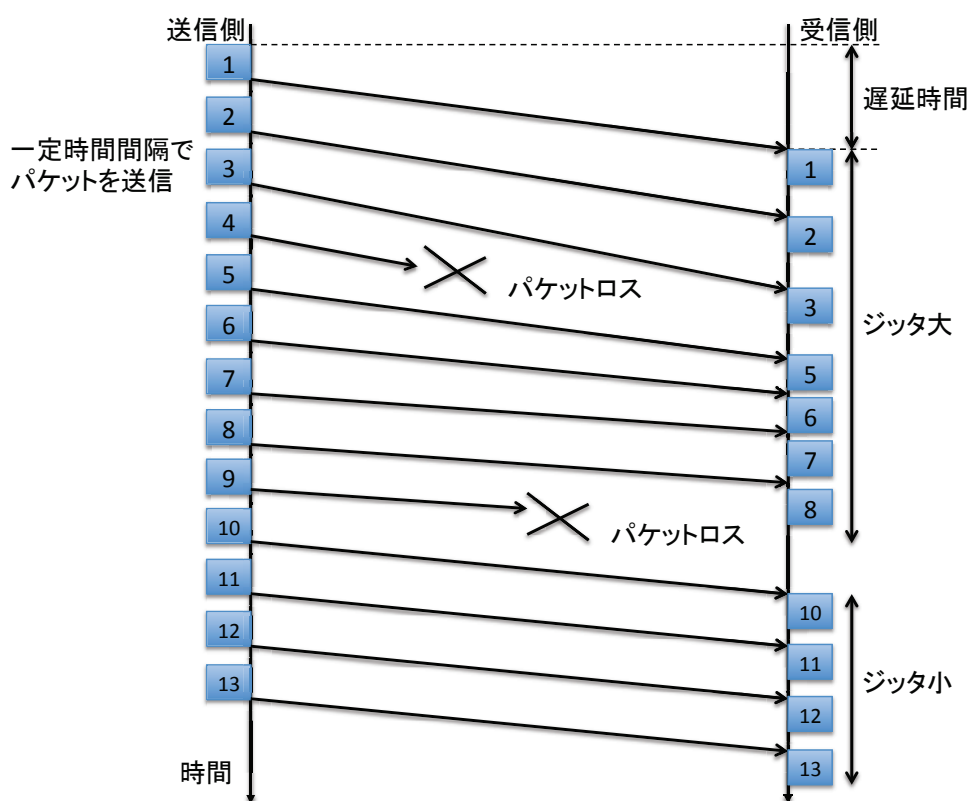


図 2.1: QoS の評価項目

2.2.2 QoS 制御の構成

QoS は主にルータに実装され、論理的には図 2.2 に示すようにクラシファイヤ、トラフィック調整、中継転送処理、キュー制御から構成される。中継転送処理はルータ本来の経路制御を実現する機能であり、IP パケットの宛先アドレスと経路制御テーブルに基づいて適切なインターフェースに転送を行う。

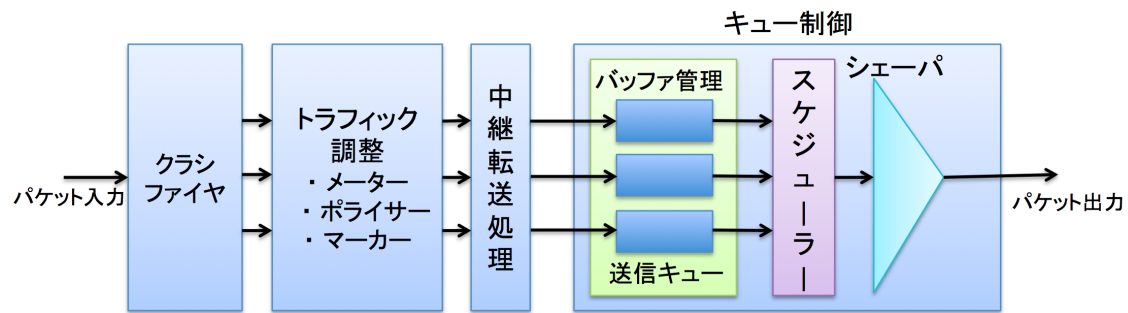


図 2.2: QoS 制御機能の構成

クラシファイヤ

ルータなどの中継装置には同時に複数のユーザーやアプリケーションからのパケットが混ざり合って入力されてくるため、ある特定の特定のユーザーやアプリケーションが送受信するデータについての QoS 制御を行いたい場合、連続的に入力されるパケットの流れからそのデータを特定する必要がある。クラシファイヤは IP パケットのヘッダ部分を参照し、送信元アドレス、宛先アドレス、プロトコル番号をチェックし、その IP パケットを受信しているアプリケーションの種類とユーザーアドレスを判別する。クラシファイヤによって分類された IP パケットの流れをフローと呼び、中継装置ではこのフローに対して QoS 制御機能が適用される。

トラフィック調整

クラシファイヤで分類されたフローをメーターにてパケットの流量を監視し、帯域があらかじめ設定された範囲を超えた場合は、ポリサーで超過分のパケットを廃棄する。この処理をポリシングという。また、必要があれば QoS 制御で必要な情報を IP ヘッダなどの QoS 情報フィールドに値をセットする。この機能は過剰なトラフィックがネットワークに流入することを防止する。

キュー制御

● バッファ管理

ルータなどの中継装置の入力インターフェースから出力インターフェースの能力以上にパケットが流入した場合、送信キューにパケットがたまり始める。そして、さらにトラフィックの増加し、送信キューのサイズを超えた場合、パケットのオーバーフローが発生する。このような送信キューの状態変化に対して送信キューに入力されるパケット、送信キュー内のパケットの廃棄方法を制御するのがバッファ管理である。このバッファ管理には、キューの最後尾から溢れたパケットを廃棄する Tail

Discard 方式（後部廃棄方式）、キューが溢れる以前に積極的にパケットを廃棄する RED（Random Early Detection）方式、Deterministic Discard 方式（決定論的廃棄方式）がある。

－ Tail Discard 方式

キューが満杯の状態の時に、キューに入力されるパケットを廃棄する方式で、最も単純な方式である。この方式はパケットの送信元、宛先、パケットの内容に依存せず廃棄を行うので、バースト転送中にキューが満杯になるとそのパケットのみが廃棄されるので、公平性に問題がある。

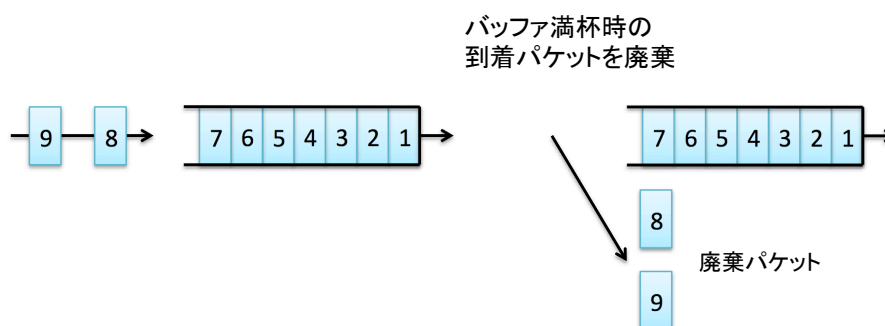


図 2.3: Tail Discard 方式

－ RED 方式

キューが満杯になる以前から、到達するパケットの中からキューの平均長に応じた確率で廃棄されるパケットを選ぶ方式で、アクティブキュー管理方式とも呼ばれる。そのため、廃棄されるパケットがランダムに選択されるため、公平性が保たれる。ただし、UDP のようなフロー制御を持たないプロトコルに従って送受信されているパケットには有効的ではない。

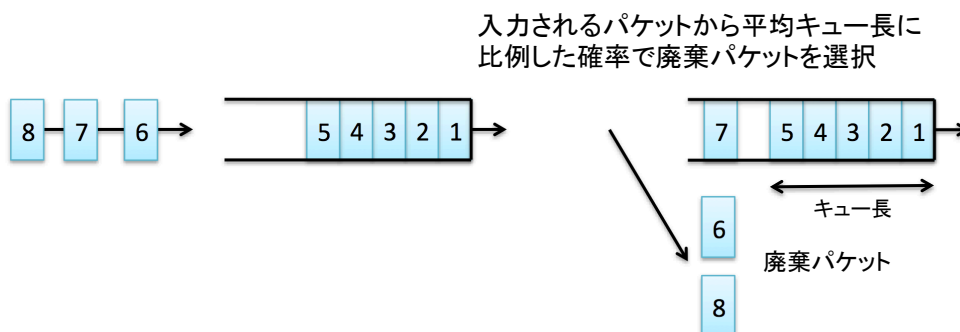


図 2.4: RED 方式

– Deterministic Discard 方式

フローに対して廃棄優先度を与え、優先度に応じてキューが溢れる以前にパケットを廃棄していく方式である。送信キューの途中に廃棄優先度に対応した廃棄しきい値を設け、キュー長がある廃棄しきい値を超えた場合、対応する廃棄優先度以上のパケットを受信した場合にパケットを廃棄する。RED 方式と異なり廃棄するパケットが一意に決まるため、決定論的廃棄方式と呼ばれる。

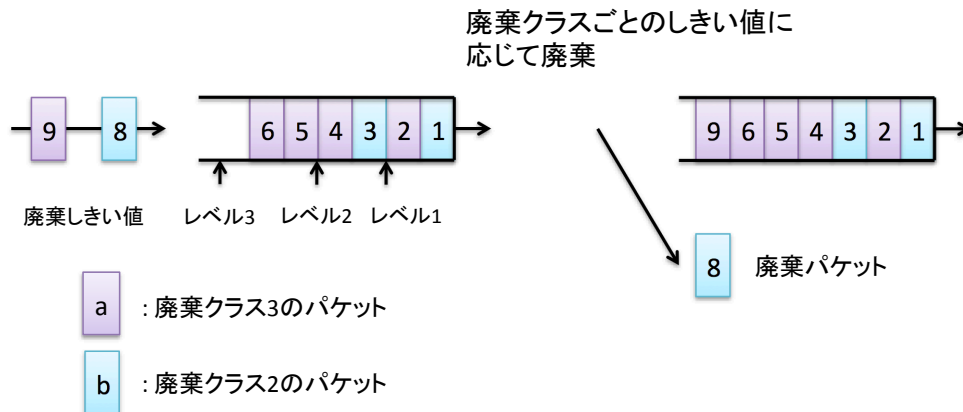


図 2.5: Deterministic Discard 方式

● スケジューラー

クラシファイヤで分類されたフローに対して、出力インターフェースに対する送出サービスをどのように割り当てるかをスケジューリング制御を行う。すなわち、複数の送信キューに対して送信サービスの優先順位や出力インターフェースに対する送出パケット数やバイト数を制御する。代表的な制御方式に優先転送方式 (Priority Queuing) と帯域保証型転送方式がある。

– 優先転送方式

優先度に対応して送信キューを設け、優先度の高い順にキュー内のパケットを送出する。最も優先度の高いフローが出力回線の全帯域を利用でき、遅延時間も短くすることができる。一方、低優先度のキューについては上位優先度のキューの合間にパケットが送出されるため、高優先度のパケットのトラフィック流入が連続した場合、低優先度のキューに対するサービスが行われず、オーバーフローする可能性がある。

– 帯域保証型転送方式

複数の送信キューそれぞれに対して最低帯域を保証する方式で、代表的なものにラウンドロビン (Round Robin) 方式、WFQ (Weight Fair Queuing) 方式が上げられる。

* ラウンドロビン方式

複数の送信キューに対して、均等にパケット送出サービスを行う方式である。スケジューラは順番に送信キューの状態をチェックし、もしパケットがあればあらかじめ決められたパケット数分の送信サービスを行い、次の送信キューのサービスを行う。この制御方式は単純で実装も容易だが、フローごとにサービスの差別化を行うことができない。そのため、送信キュー毎に重み付けを指定できるようにし、送出パケット数を重みに従って変化させる方式の重み付きラウンドロビン方式（WRR : Weighted Round Robin）方式が用いられる。この方式はパケット単位で各送信キューのデータ送信量を制御するため、データ長が一律でない IP ネットワークでは各送信キューに割り当てられる帯域を均等、あるいは重みに比例されることができず、キューの次の送信サービスが回ってくる時間も変動する。

* WFQ 方式

ラウンドロビン方式がパケット単位でキュー毎の送出データ量を制御するのに対して、WFQ 方式では送出データ量をバイト数でカウントしてデータ量を制御する。このため、出力回線の帯域を重み付けに比例して送信キューを割り当てることができ、次の送信サービスが回ってくる時間が見積もれるため、ルータでの遅延時間の制御が可能である。

● シェーパ

ネットワークの輻輳の原因の一つとしてバースト転送があげられる。これは大容量ファイルの転送などで一時に大量のデータが連続的にネットワークに送出される場合に発生する。そこで、送信キューのパケットを一定のレートで回線に送出することにより、ネットワークに流入するトラフィックを平均的にならす技術がシェーピングである。シェーピングには一定時間間隔でパケットを送出するリーキーバケット方式（Leaky bucket）とある程度のバースト転送を行いながらレートを制御するトークンバケット方式（Token bucket）がある。トークンバケット方式は方式が単純で実装も容易だが、送信キューのパケット量が少ない場合でも一定時間をおいて送出しなければならず、帯域の利用効率が低い欠点がある。リーキーバケット方式はユーザーに指定されたしきい値以内であればバースト転送が許され、より高い利用効率が可能となる。

QoS の分類

QoS は以下の 2 種類に分けられる

- 優先度制御型（Prioritized QoS）

- データの種類に応じて優先順位付けを行い、IP 電話などの遅延時間やジッタが通信品質に大きく影響する通信の優先度を上げ、Web ブラウジングなどそれらの影響が小さい通信の優先度を下げることによって優先度が高い通信の遅延時間を小さくすることができる。一方、低い優先度の通信は高い優先度の通信の合間に行われるため高い優先度の通信が連続した場合、低い優先度の通信がオーバーフローする可能性がある。
- 特性値制御型 (Parameterized QoS)
 - 事前に帯域幅や遅延時間などの保証に必要なリソースを確保し、その範囲内ならば確実に品質の保証をすることができる。

2.2.3 有線 LAN で使用される QoS

有線 LAN のデータリンクで使用されている QoS は IEEE802.1p である。IEEE802.1p のフレームは MAC ヘッダ内に優先度情報が含まれている。フレーム構成を図 2.6 に示す。スイッチやルータはこのタグの User Priority 情報からこの情報に対応したサービスクラスのキューにデータを入れ、キューの優先度に応じてパケットを送出する。IEEE802.1p の優先度は表 2.1 に示すようにベストエフォートを提供するクラスの Best Effort、優先的な Best Effort 型のクラスの Excellent Effort、最小帯域幅を保証するクラスの Controlled Load、最大遅延時間を保証するクラスの Delay の 4 種類が存在する。これを大きく分けると一定の通信品質の保証が必要とされるクラス (Delay、Controlled Load) と保証を必要とせず単純に通信を行う機会を与えるクラス (Best Effort、Excellent Effort) の 2 つに大きく分類される [6]。

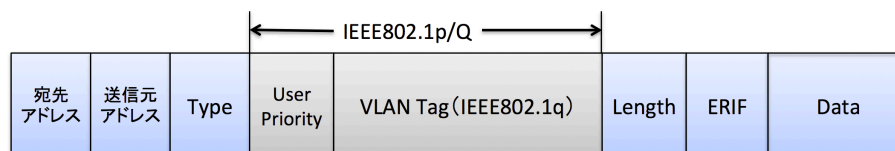


図 2.6: IEEE802.1p のフレーム構成

表 2.1: IEEE802.1p の優先度情報

User Priority	Traffic Type	
1	Background	
2	Spare	spare
0(default)	Best Effort	Best Effort
3	Excellent Effort	Best Effort to most important customer
4	Controlled Load	Bandwidth Reservation
5	Video	100msec latency and jitter
6	Voice	10msec latency and jitter
7	Network Control	

2.2.4 無線 LAN で使用される QoS

無線 LAN で使用される QoS は IEEE802.11e によって提供されている。この IEEE802.11e では無線 LAN での QoS のサポートや MAC 層でのオーバーヘッドの緩和のためにアクセスポイントを経由しない局間の直接通信を実現する DLP (Direct Link Protocol)、複数のパケットに対する ACK 情報を一括返却するための Block ACK、上位層同士でクロック情報を共有するための仕様などをオプション仕様として定義している [5]。

IEEE802.11e でサポートされる QoS は EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)、HCCA (HCF Controlled Channel Access) と呼ばれる 2 種類のチャンネルアクセス方式である。EDCA は従来のチャンネルアクセス方式である DCF (Distributed Coordination Function) と同様の分散制御型の方式であり、HCCA は従来のチャンネルアクセス方式の PCF (Point Coordination Function) と同様の中央制御型方式である。

EDCA

EDCA は、従来の 802.11 の MAC 層で定義されていた分散制御型チャンネルアクセス方式 DCF に対してデータの種類ごとにチャンネルアクセス頻度に対する優先順位付けができるように拡張が行われたものである。MAC 層に入ってきた各データは、その優先順位に関連した User Priority (UP) と呼ばれる 3 ビットの情報を持っている。その UP 値に応じて 4 つの AC (Access Category) にマッピングされる。このマッピングを表 2.2 に示す。

メディアビジーを検出により、他局が送信中であると推定される期間、もしくは他局によりメディアの占有が宣言された期間は AC は動作を停止する。メディアがアイドル状態になり、かつ、他局に占有が宣言されていない期間に入ると、送信データを持つ AC は送信権獲得のために一斉に活動を開始する。各 AC はまず AIFS (Arbitration Interframe

表 2.2: EDCA のパラメータ

UP と AC のマッピング		
UP	AC	データの種別
1, 2	AC_BK	Background
0	AC_BE	Best Effort
3, 4, 5	AC_VI	Video
6, 7	AC_VO	Voice

Space) と呼ばれる期間だけ待機し、バックオフカウンタと呼ばれるカウンタのカウンタダウンを行う。このカウンタダウンは a Slot Time と呼ばれる物理層毎に定義される時間に対して 1 回だけ行われる。カウンタダウンの最中にメディアビジーを検出、またはメディア時間の占有を宣言するフレームを受信した場合、他の AC が先にメディアにアクセスし始めたことを意味するので、AC はその時点でのカウンタの値を保持したまま動作停止状態に戻る。各 AC は上記動作を繰り返し、バックオフカウンタ値が 0 になったタイミングでデータ送信を行うことができる。

HCCA

HCCA は従来から定義されている PCF に対して、QoS サポートができるように改良が行われたものである。従来の PCF は AP が他局と競合せずに効率的に通信が行えるように各局に対してポーリングを行う形式のメディアアクセス方式であったが、リアルタイムデータの通信はどの局からどの程度データ量が発生するのかという情報をアクセスポイントが事前に知り得なく、各データストリームが持つ伝送遅延要求を満足するポーリングを行うことが困難であるなどの理由により困難であった。これに対して HCCA では QoS サポート実現のために以下の点が異なっている。

- 各局の各ストリームに対して、ポーリングして欲しい時間量やタイミングなどに関する要求が、TSPEC (Traffic Specification) という形式でアクセスポイントに事前に通知が行われる。この情報を元にアクセスポイントは各局に対するポーリングのタイミングや時間量のスケジューリングを行うことが可能となった。主な TSPEC パラメータを表 2.3 に示す。
- アクセスポイントはチャンネルのアイドル時間を発見するといつでもチャンネルアクセス権を獲得し、自らデータ送信を行ったり、他局にポーリングを行ったりすることが可能となった。これにより HCCA は EDCA よりも常に優先的にチャンネルアクセス権を獲得し、各データストリームの種々の伝送遅延要求を満足するポーリングを行うことができる。

表 2.3: 無線 LAN の主な TSPEC パラメータ

Mean Data Rate	このストリームの平均データレート
Nominal MSDU Size	このストリームの通常のフレームサイズ
Minimum PHY Rate	このストリームのトラフィックが送信される 最小物理レート
Surplus Bandwidth Allowance	再送などを考慮した、このストリームに確保して 欲しい帯域の標準帯域に対する比率
Minimum Service Interval	サービス（ポーリング）開始時刻間の最小間隔
Maximum Service Interval	サービス（ポーリング）開始時刻間の最大間隔
Delay Bound	このストリームのフレーム転送に対する 最大許容遅延時間
Short Inactivity Interval	このストリームのフレームが流れていなかった 場合に、HC がこのストリーム用へのポーリングを 一時停止するまでの時間
Inactivity Interval	このストリームのフレームが流れていなかった 場合に、HC がこのストリーム用に確保していた 帯域を解放するまでの時間

2.2.5 その他のデータリンクの QoS

ホームネットワークで使用される有線 LAN と無線 LAN 以外のデータリンク技術は表 2.4 に示すように多くのデータリンクが優先度制御型、特性値制御型の両方の QoS に対応している。しかしその設定手順やデータリンクでの機器の制御方法、表 2.4 に示した優先度は規格ごとに異なる場合が多く、特性値制御型の QoS で用いるパラメータにおいても表 2.5 に示すように対応する項目がない問題があり、同じ制御型の QoS を用いる場合でもそれぞれのデータリンク内での QoS 保証は可能だが、複数のデータリンクを経由した通信で共通設定の QoS 保証を行うことができない。

表 2.4: データリンクの QoS 対応状況

規格	対応する QoS	優先度
UPA	優先度制御型、特性値制御型	0 ~ 7
Home Plug AV	優先度制御型、特性値制御型	CA0, CA1, CA2, CA3
MoCA	優先度制御型、特性値制御型	Low, Medium, High
HomePNA	優先度制御型、特性値制御型	0 ~ 7

表 2.5: QoS のパラメータの対応関係

HomePlug AV	MoCA	UPA
Average Data Rate	なし	Average Bandwidth
Minimum Data Rate	なし	Minimum Bandwidth
Maximum Burst Size	なし	Maximum Bandwidth
Maximum Data Rate	T PEAK DATA RATE	Maximum Burst Size
Maximum MSDU Size	T PACKET SIZE	Maximum MSDU Size
Delay Bound	なし	Latency Bound
Jitter Bound	なし	Jitter Bound
Maximum Inter-TXOP time	なし	MaxChannelAccessTime
Minimum Inter-TXOP time	なし	MinChannelAccessTime
MSDU Error Rate	なし	MSDU Loss Rate
Inactivity Interval	なし	Inactivity Time Period
なし	なし	Service Class
なし	なし	Quality Session Type
なし	なし	Reserved Bandwidth
なし	なし	Time Interval

第3章 UPnP

3.1 UPnP の概要

UPnP は機器を接続しただけでネットワークに参加することができるプロトコルである。これは USB などで行われているプラグアンドプレイの概念をネットワークデバイスにも採用したものである。

UPnP は既にネットワークで標準とされている技術にさらに取り決めに追加し、ネットワークデバイスがそれを守ることでデバイスの自動認識ができるようにしたものである [1]。

3.1.1 UPnP ネットワークデバイスの構成

UPnP では以下の要素を適宜組み合わせて構成されている。

- サービス
 - － サービスはその UPnP デバイスが持つ機能を表している。UPnP で制御を行う場合、これが制御の最小単位となる。
- デバイス
 - － デバイスはサービスを有している機器である。そのため、デバイスは最低でも一つのサービスを有している。デバイスは複数サービスを持つことや、複数のデバイスをまとめて一つのデバイスとすることもできる。複数のデバイスを持つ場合、大元となるデバイスをルートデバイスと呼び、ルートデバイスに含まれているデバイスをエンベデッドデバイスと呼ぶ。
- コントロールポイント
 - － コントロールポイントはデバイスを制御するための機構である。例えば、ネットワーク経由での動画の再生の指示、音量調整といったことを行う役目となる。そのため、その前提としてネットワークに繋がれた UPnP デバイスをあらかじめ把握しておくという重要な役割をもつ。

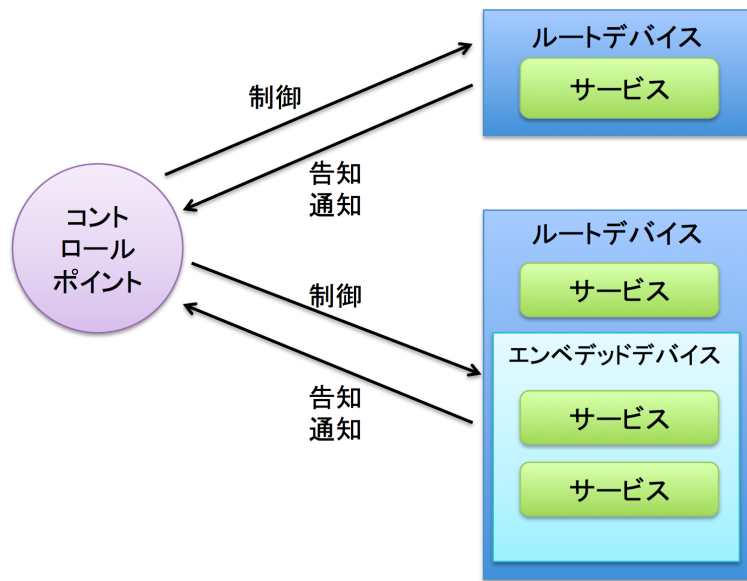


図 3.1: UPnP の構成

3.1.2 UPnP の制御の手順

UPnP の制御は先に述べた 3 つの構成要素が以下の 6 ステップを経て行われる。

1. Addressing
2. Discovery
3. Description
4. Control
5. Eventing
6. Presentation

それぞれの内容は以下のようになる。

Addressing

Addressing はネットワークで通信を行うためにそのデバイス自身の IP アドレスの決定を行う。IP アドレスを決める手法は 2 種類あり DHCP サーバから IP アドレスを割り当ててもらふ方法と AutoIP を用いて自分で自分の IP アドレスを決める方法がある。

Discovery

Discovery は UPnP デバイスを探すステップである。Addressing で IP アドレスを得たデバイスは自分の情報をデバイスを探しているコントロールポイントに通知する。これによりコントロールポイントはデバイスの情報の収集を行う。コントロールポイントを扱うユーザはアドレスを指定する必要がなく、UPnP デバイスを何らかの方法で選択し、制御指示を出すだけで目的とする制御が可能になる。

Description

Description は UPnP デバイスの詳細な情報の取得を行うステップである。制御を行うコントロールポイントは制御対象とする UPnP デバイスに Discovery よりも詳細な情報を要求し、UPnP デバイスはこの要求された詳細情報をコントロールポイントに通知する。このステップが完了することでイニシャライズが完了し、デバイスを使用することが可能となる。

Control

Control はコントロールポイントが Action と Query という 2 つの制御方法で実際に UPnP デバイスの制御を行う。これはネットワークを通してビデオの再生要求を行うことやプリンタに印刷開始の指示を行うと言った実際に制御を行う命令を送るステップである。この制御は UPnP デバイスではなく、UPnP デバイスに含まれるサービスに対して行われる。

Eventing

Eventing はデバイスからネットワークを通して情報を通知するステップである。Control での要求の処理中にエラーが起こったことを通知することなど情報を通知し適切な制御を促すために使われる。

Presentation

Presentation は UPnP デバイスの Web サービスの提供を行うステップである。Web サービスを持つ UPnP デバイスは Discovery のステップ中にその Web サービスの URL の告知を行う。そのため、それを受けた側でその URL にアクセスすることでその UPnP デバイスの Web サービスを利用することが可能となる。この機能はユーザがルータの IP アドレスを知らない場合でもルータ設定用の Web ページにアクセスできるようにするといったことに使われている。

3.1.3 UPnP で扱われるデータ

UPnP は専用のプロトコルなどではなく既存の TCP/IP 上で HTTP ベースのプロトコルで通信を行い、データは XML の形式が用いられている。具体的には、Discovery のステップでの情報の告知は UDP データをマルチキャストすることで行い、コントロールポイントから特定の UPnP デバイスの制御を行い場合には TCP でユニキャストの通信で行う。この Discovery のステップで行う Advertisement はマルチキャスト IP アドレスの 239.255.255.250 に UDP の 1900 番ポートを使って送信を行う。この 1900 番を使用する通信は SSDP (The Simple Service Discovery Protocol) のプロトコルとなる。そのため、ネットワーク機器で UPnP を利用する場合にはその機器の UDP の 1900 番ポートが利用できる必要がある。

3.2 UPnP QoS

3.2.1 UPnP QoS の構成

UPnP QoS は UPnP Forum で決められた UPnP で QoS 保証の設定を行う規格である。これは以下の 3 つの UPnP サービスから構成される [8]。

- QoS Manager
- QoS Device
- QoS Policy Holder

それぞれの機能は以下のようなものである。

QoS Manager

QoS Manager はコントロールポイントからのトラフィックストリームの QoS 保証のセットアップや設定の更新、QoS の解放といった QoS 全体のコントロールを行うサービスである。UPnP QoS ではこの QoS Manager でコントロールポイントからの要求に合うようにどのように QoS の設定を行うかの決定や QoS 設定時に QoS の設定情報の送信を行う。

QoS Device

QoS Device は QoS 保証の対象となるデバイスやデータリンク間を繋ぐブリッジなどに実装されるサービスである。これはデバイス内のネットワークリソースの管理やデバイス周辺の機器の MAC アドレスなどの情報収集、QoS Manager からの QoS 設定要求に合った QoS 設定をデバイス適用するといった実際に通信を行うデバイスの設定を行う。

QoS Policy Holder

QoS Policy Holder はネットワークで扱われるデータの種類ごとに付けられた優先順位情報である QoS ポリシーの収納場所である。このサービスは、UPnP QoS で優先度制御型の QoS を適用する場合に QoS Manager からの QoS 設定情報からそれに適した QoS ポリシーを QoS Manager に返答することを行う。

3.2.2 UPnP QoS で提供される QoS

UPnP QoS では複数のデータリンク間で通信を行うことが想定されているため以下の 3 つの QoS が提供されている。

- Prioritized QoS
- Parameterized QoS
- Hybrid QoS

Prioritized QoS

UPnP QoS で標準で使用される QoS でデータを優先度によって分け、優先順位に基づいて転送を行う優先度制御型の QoS である。Prioritized QoS では UPnP QoS で規定されている UPnP QoS Traffic Importance Number にそれぞれのデータリンク技術の QoS のプライオリティを対応させることでネットワーク全体で統一した QoS を実現している。

Parameterized QoS

通信帯域や最大遅延時間などのパラメータの保証が確実に可能な特性値制御型の QoS である。この方式が適用可能な条件は限られており、通信を行う機器のエンドツーエンド間の経路の全てでリソースの確保が可能な場合にのみ適用できる。Parameterized QoS も Prioritized QoS と同様にそれぞれのデータリンクのパラメータを UPnP QoS で規定されているパラメータに対応させることで統一したパラメータで QoS を行う。

Hybrid QoS

Hybrid QoS は上記の 2 つの方式を組み合わせた方式である。通信を行う機器間の経路である区間のデータリンクまでは Parameterized QoS が適用可能だが残りの区間のデータリンクでは Parameterized QoS を適用することができず、Prioritized QoS のみが適用可能な場合にこの方式が用いられる。リソースの確保が可能で Parameterized QoS が適用可能な区間では Parameterized QoS を行い、それ以外の Prioritized QoS が適用可能な区間では Prioritized QoS を行う動作となる。

3.2.3 UPnP QoS のシグナリング

UPnP QoS が行うシグナリングの動作は Prioritized QoS と Parameterized QoS の場合で異なり、Parameterized QoS の場合では Preemption を認めるかどうかで動作がさらに変化する。

Prioritized QoS のシグナリング

Prioritized QoS では以下の手順でシグナリングを行う。

1. コントロールポイントは通信を行うサーバーからの情報を基に QoS 要求を構成し、その要求を QoS Manager に送る。
2. QoS Manager が QoS Device に対してネットワークの使用状況と経路情報を要求し、通信経路の情報を収集する。
3. QoS Manager が QoS Policy Holder に QoS ポリシーを要求し適用するポリシーを取得する。
4. QoS Manager が QoS の設定要求を QoS Device に出しその要求に適合するように QoS Device がデータリンクの QoS の設定を行う。

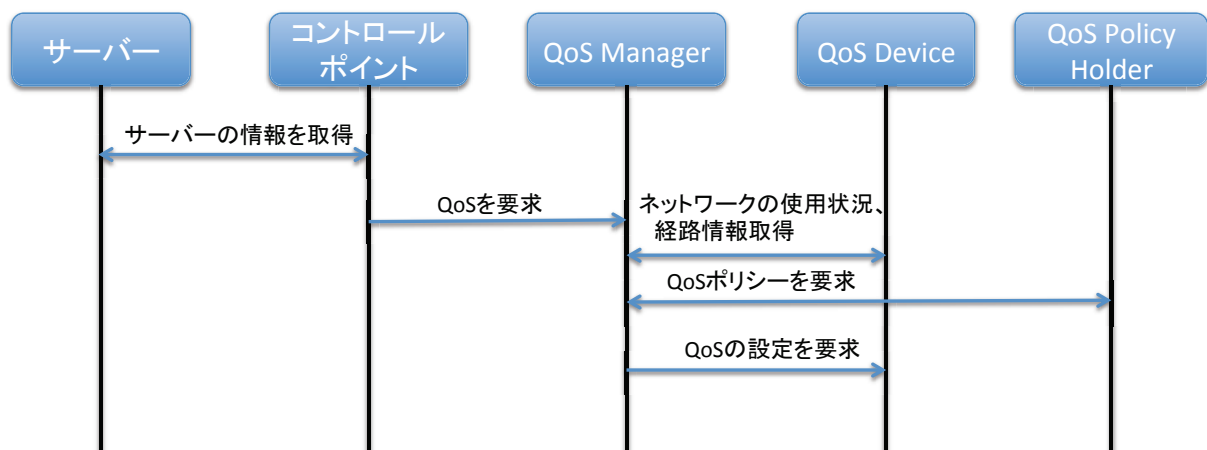


図 3.2: Prioritized QoS

Parameterized QoS のシグナリング

サーバーやネットワーク、デバイスの情報取得の過程は Prioritized QoS と同様だが Parameterized QoS では Preemption の有無で動作が多少異なる。以下にその 2 種類の手順を示す。

- Preemption なしの場合

1. コントロールポイントは通信を行うサーバーからの情報を基に QoS 要求を構成し、QoS Manager に送る。
2. QoS Manager が QoS Device から経路情報やネットワークの使用状況を取得する。
3. QoS Manager が QoS Device に QoS 設定要求を出すことでリソースの確保を行い、QoS Device がそれに適合するようにデータリンクの QoS の設定を行う。

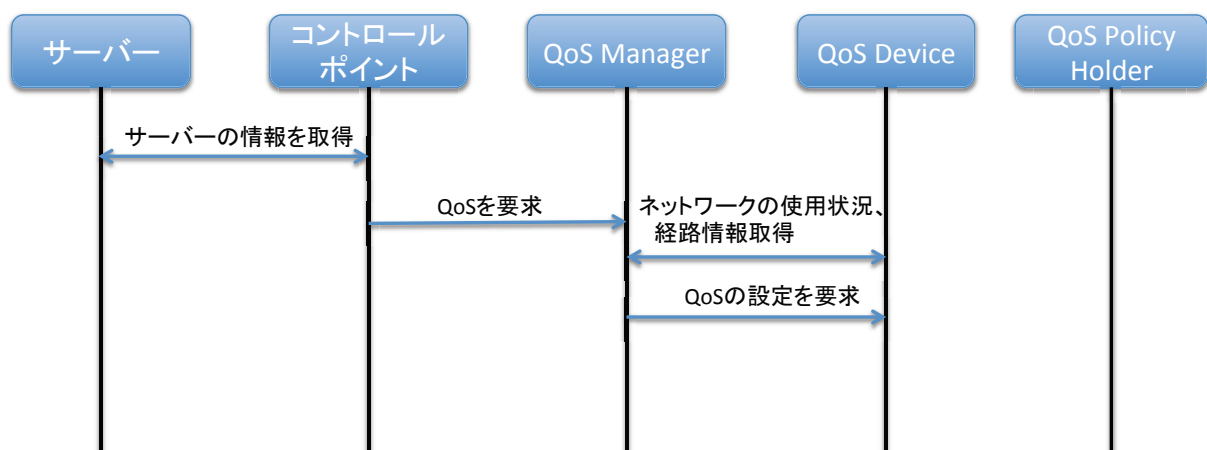


図 3.3: Parameterized QoS (Preemption なしの場合)

- Preemption ありの場合

1. コントロールポイントは通信を行うサーバーからの情報を基に QoS 要求を構成し、QoS Manager に送る。
2. QoS Manager が QoS Device から経路情報を取得する。
3. QoS Manager が QoS Device に QoS 設定要求を出すことでリソースの確保を行い、QoS Device がそれに適合するようにデータリンクの QoS 設定を試みる。
4. QoS 設定を試みたが、要求したリソースが確保できない場合、障害となるトラフィックストリームの情報を収集し、その通信の停止を試みる。

5. 改めて QoS Device に QoS 設定要求を出し、リソースの確保を試みる。

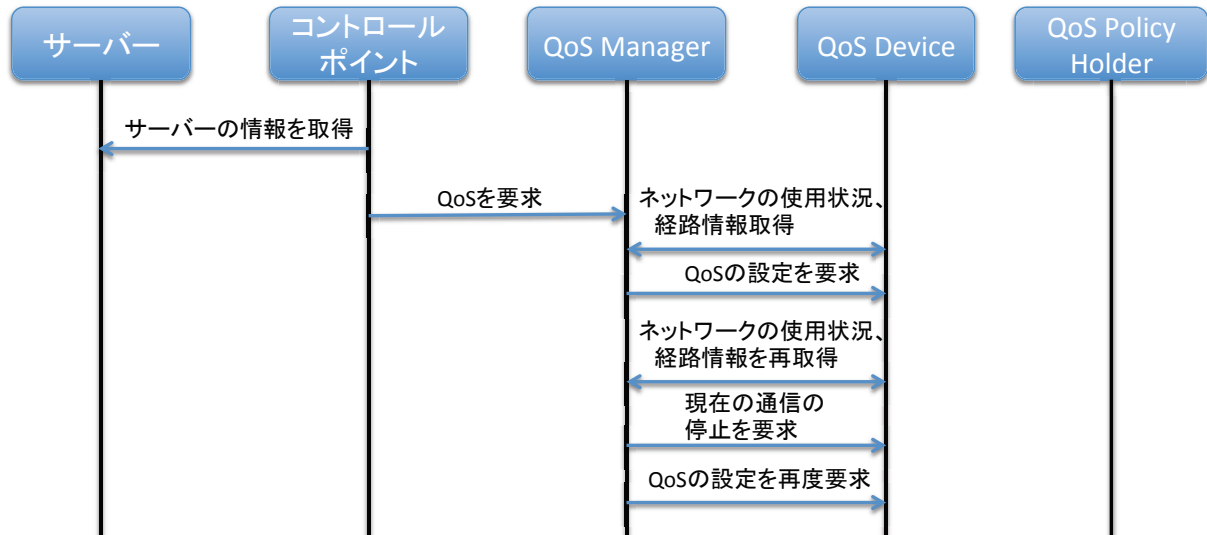


図 3.4: Parameterized QoS (Preemption ありの場合)

3.2.4 UPnP QoS で扱う経路情報

UPnP QoS での経路情報の取得には QoS Manager が QoS Device から GetPathInformation アクションを行うことで行う。これに含まれている情報は QoS Device が使用するインターフェースの情報、QoS Device が到達可能な MAC アドレスである。また、その時々ネットワークの状態を取得するために Get Extended QoS State アクションを用いて各 QoS Device のネットワークリソースの使用状況の把握を行うことも可能である。UPnP QoS では具体的な経路決定手法は決められてなく MAC アドレスによって管理できている。

3.3 DLNA

3.3.1 DLNA の概要

DLNA (Digital Living Network Alliance) は家電・パソコン・モバイル機器などの機器間で音楽、動画、写真などのデジタルコンテンツを家庭内で簡単に共有するために業界標準技術に基づいたオープンな相互接続互換性を構築するための技術的な設計ガイドラインを策定することを目的とする非営利団体である。2003 年 6 月に DHWG (Digital Home Working Group) として設立され、2004 年 6 月に現在の名称の DLNA に変更されて運営されている [3]。DLNA のネットワーク・アーキテクチャを図 3.5 に示す。

DLNA の認証を受けた機器ならば複数のメーカーの製品で構成されたネットワークにおいても様々な種類のコンテンツの入手、管理、視聴を行うことが可能である。DLNA のネットワーク・アーキテクチャを図 3.5 に示す。この規格で中核を担っているのが UPnP - AV (Universal Plug and Play Audio Visual) という AV コンテンツに特化した UPnP の規格である。DLNA ではそれに表 3.1 に示すメディア・フォーマットを決めることで相互接続性を確保している [4]。

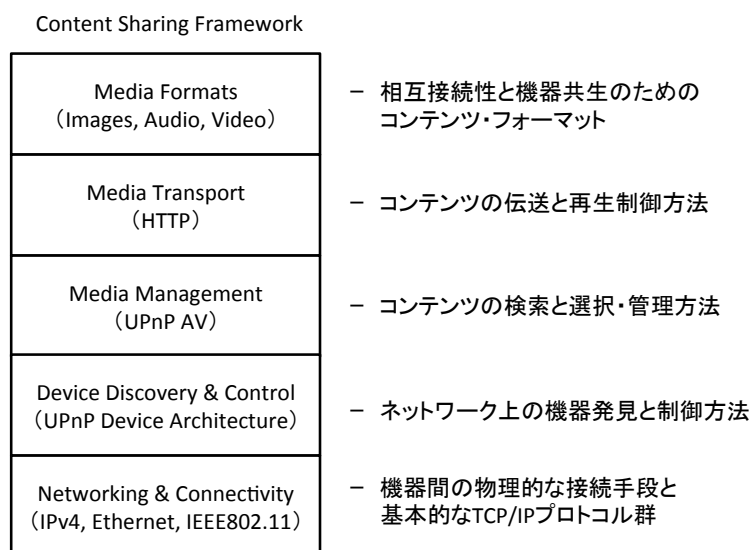


図 3.5: DLNA ネットワーク・アーキテクチャ

表 3.1: DLNA のメディア・フォーマット

必須メディア・フォーマット	Liner PCM (音楽)、JPEG (画像)、MPEG-2 (ビデオ)
オプション・メディア・フォーマット	AAC、AC3、ATRAC3plus、MP3、WMA9 (音楽) PNG、GIF、TIFF (画像) MPEG-1、MPEG-4、WMV9 (ビデオ)

3.3.2 DLNA の利用形態

DLNA では現在、2BOX モデルと 3BOX モデルの 2 つの利用形態のモデルが存在する。

DLNA の 2BOX モデル

2BOX モデルは 2004 年 6 月に発行されたガイドライン「DLNA Home Networked Device Interoperability Guidelines v1.0」に示される DMS (Digital Media Server) と DMP (Digital Media Player) から構成される。DMS はメディアの入力、記録、配信の機能を持つデバイスであり、メディアの管理・集積機能を有するものが多い。主な製品は STB (Set Top Box) やパソコン、携帯電話などである。DMP は DMS にあるメディアの選択、再生、表示を行うことができるデバイスである。主な製品はテレビ、携帯電話、ゲーム機、ネットワークメディアプレーヤーである。この DMP が DMS にアクセスを行い、メディアを再生する図 3.6 の形態が 2BOX モデルである。

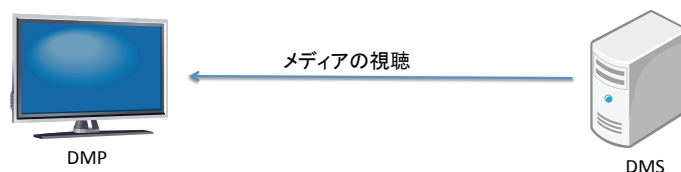


図 3.6: 2BOX モデル

DLNA の 3BOX モデル

3BOX モデルでは図 3.7 に示すように 2BOX モデルで用いられる DMS に DMC (Digital Media Controller) と呼ばれるコントローラと DMR (Digital Media Renderer) と呼ばれるメディアの表示を行うデバイスの組み合わせから構成されるモデルである。DMC では DMS にあるメディアの閲覧や DVD プレーヤーなどのリモコンのように DMR にメディアの再生や停止といった指示を行うデバイスである。DMR は DMC に要求されたメディア

の再生を行うデバイスでありネットワーク対応のテレビやスピーカーなどの製品がある。

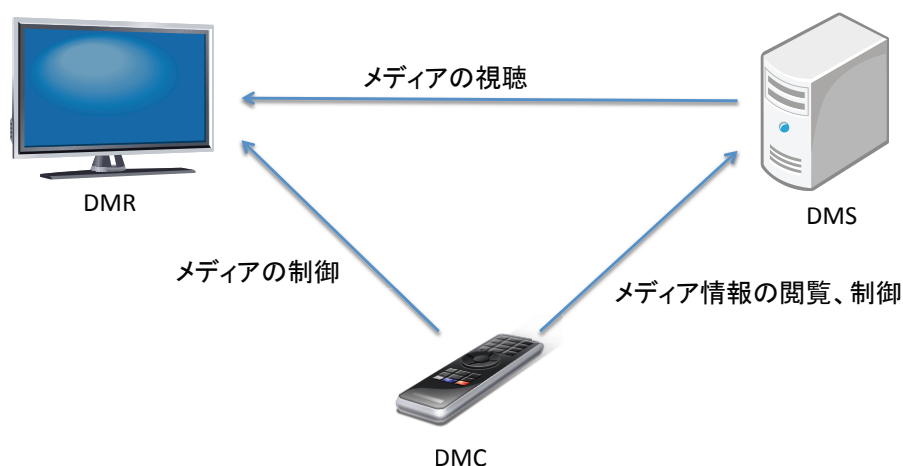


図 3.7: 3BOX モデル

3.3.3 UPnP - AV

DLNA でメディアの再生や制御を行うために用いられている規格がUPnP - AVである[1]。以下にその概要を示す。

UPnP - AV の構成

UPnP - AV は基本的にネットワーク上にあるメディアを HTTP GET で取得し、それを再生するものである。この UPnP - AV では以下の 3 種類の機能から構成される。

- メディアサーバ
- メディアレンダー
- コントロールポイント

メディアサーバでは UPnP - AV でやり取りするメディアを蓄える。DLNA の DMS はこれを基にしたものである。

メディアレンダーでは映像や音楽などのメディアの再生を行う。DLNA の DMR はこれを基にしたものである。

コントロールポイントではメディアサーバからメディア情報を取得し、メディアレンダーに再生メディアの URL の指定や再生、停止などの指示を与える。DLNA の DMC はこれを基にしたものである。

実際の環境でこれらの機能が組み合わされた構成や複数存在する場合の操作は利用者が使いたいものを選んで使い利用者の都合によって使い分けることができる。

UPnP - AV を構成するサービス

UPnP - AV も実際に制御する際には UPnP サービスに対して行うことになる。UPnP サービスはプログラミングにおける関数に相当するアクションと変数に相当するステートバリアブルから構成されている。UPnP - AV では以下の4つのサービスが提供される。

- Content Directory
- Connection Manager
- Rendering Control
- AV Transport

メディアサーバーでは Content Directory、Connection Manager、AV Transport が必要であり、メディアレンダーでは Rendering Control、Connection Manager、AV Transport が必要となる。

UPnP - AV の動作

UPnP - AV の動作の一連の流れは以下のようになる。

1. メディアサーバー、メディアレンダーが DHCP か AutoIP を用いてデバイスの IP アドレスを確定させる。
2. メディアサーバー、メディアレンダーが UPnP の Advertise を行う。
3. コントロールポイントが 2 の Advertise を受信する。もしくは M-Search を行いメディアサーバー、メディアレンダーの基本情報を取得する。
4. コントロールポイントがメディアサーバー、メディアレンダー両デバイスの Description を取得する。
5. コントロールポイントが Content Directory サービスを用いてメディアサーバーの URL などが含まれているメディア一覧を取得しユーザーに表示する。
6. ユーザーが再生したいメディアを選択する。
7. コントロールポイントがメディアレンダーに対して AV Transport を用いて再生するメディアの URL を通知する。

8. コントロールポイントがメディアレンダラーに対して AV Transport を用いて再生の指示を通知する。
9. 再生指示を受けたメディアレンダラーは、コントロールポイントから与えられた URL に対して HTTP GET を行いメディアサーバーからメディアを取得し、再生を行う。

動画、音楽、写真など問わず、UPnP - AV でやり取りされるメディアはこの流れを経て行われる。

3.3.4 現在の家庭での UPnP の使用状況

現在のホームネットワークでは主に家庭内にインターネット接続環境を提供するルータやネットワークを通した動画や音楽の再生や配信が可能な AV 機器に UPnP が使用されている。

ルータでの使用例

ルータではオンラインゲームや自宅サーバを利用する場合にルータで制御を行っている外部の TCP や UDP のポートの解放などの処理をルータの設定用 Web インターフェースなどを利用せずにパソコン上のソフトウェアから設定を行う場合などに用いられている。この機能を提供するデバイスタイプとサービスタイプは以下のように定義されている

- デバイスタイプ：urn:schemas-upnp-org:device:InternetGatewayDevice:1
- サービスタイプ：urn:schemas-upnp-org:service:WANIPConnection:1

WANIPConnection サービスに AddPortMapping というポートマッピングに追加を依頼するアクションとそのポートの削除を行うアクションの DeletePortMapping がありこれらによって行われる。

AV 機器での使用例

ネットワーク対応機器では先に説明した DLNA に対応したデバイスが用いられている。現在ではデジタルレコーダーやテレビ、家庭用ファイルサーバといった製品以外にも携帯電話、スピーカーなど動画や音楽、画像を扱う機器で広く用いられるようになってきている。主な使用例として別の部屋にあるパソコンから DLNA 対応のステレオに曲を送信して再生する、電話にパソコンから音楽を送信して持ち出す、携帯電話の写真をテレビで表示しプリンターで印刷をする、といったことが上げられる [9]。



図 3.8: 音楽を聴く



図 3.9: 外出先で音楽を楽しむ



図 3.10: 写真を印刷する

第4章 提案手法について

本章では複数のデータリンク技術で構成されるホームネットワークにおいて動的な QoS 保証を行う手法を提案し、その構成について説明する。

4.1 提案手法の概要

本研究で提案する手法は DLNA の 3BOX モデルにおいて実現されるものである。以下にその手法についてを述べる。

4.1.1 提案手法の特徴

本研究の提案手法は複数の有線 LAN と無線 LAN の組み合わせなどを始めとする複数のデータリンク技術で構成されているネットワークの QoS を QoS 設定機能を持ち合わせた DMC で管理し、メディアの再生に適した QoS 保証を再生毎に行うものである。通常の QoS 保証では事前にどの程度のトラフィックが発生するか、どの通信を優先的に転送するのかといった情報を元に QoS の設定を行う。そのため、携帯端末などにによりその時々によって構成が変化し、メディアの再生が行われる場所も変化することがあるホームネットワークではうまく機能しない場合が考えられる [7]。

提案手法では、この QoS 設定をメディアを再生するタイミングで行うことにより、そのときの環境に合った QoS 保証を行うことが可能になる。DLNA の DMC では再生を行うメディアの情報だけでなく DMS や DMR の情報取得して再生命令を出す。そのため、メディアの再生前に DMS から DMR の経路情報を取得することが可能であり、DMC で QoS の制御を可能にすることで、テレビでのネットワークを利用した動画の再生、ネットワーク対応オーディオ機器での音楽再生などメディアの再生を行うタイミングで QoS 設定を変更し、最適な QoS 保証を行うことが可能となる。

4.1.2 QoS 設定手順

提案手法は DMC が DMR にメディアの再生指示を出す前に QoS 設定の指示を出し、そのメディアに最適な QoS 保証の設定を通信経路のスイッチに対して行うものである。この QoS 設定を行うタイミングは UPnP - AV の動作で DMC から AV Transport で DMR

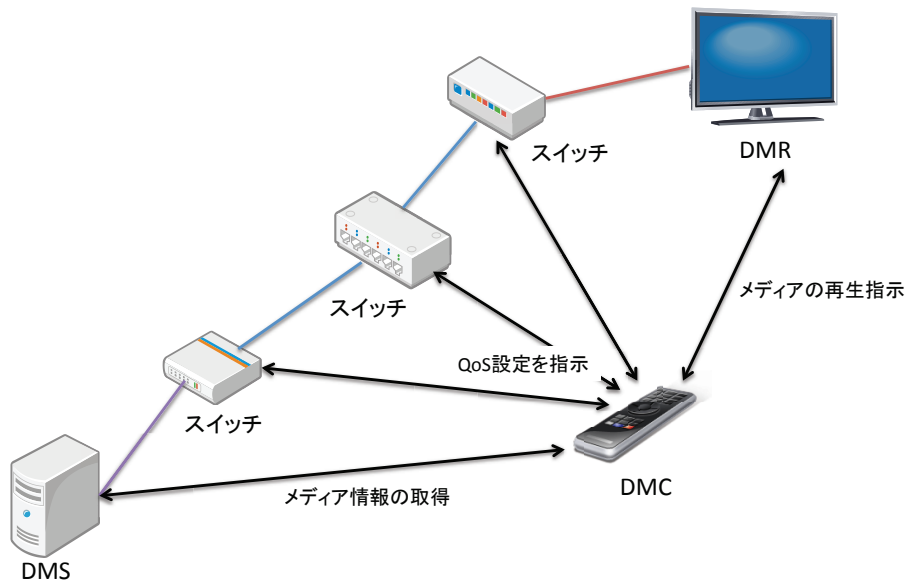


図 4.1: 提案手法の構成

に再生するメディアの URL を通知し、DMR が DMC から再生指示を待つだけの状態になった時である。このタイミングで QoS 設定を行うのは、DMR が複数存在し、再生するメディアの選択後に再生デバイスの選択を行う必要がある場合にこれ以前ではメディアの再生に使用する DMR を判別できなく、DMS から DMR の経路を把握することができないためである。以下に QoS 設定の手順を示す。

1. DMC が DMS、DMR、ブリッジの Advertise を受信する。もしくは、M-Search を行い、DMS、DMR、ブリッジの IP アドレスなどの基本情報を取得
2. DMC が DMS、DMR、ブリッジの Description を取得し、デバイスの詳細な情報を把握
3. DMC が Content Directory サービスを利用して DMS からメディアのファイル名や URL などのメディア情報を取得し、ユーザーにメディア一覧情報を表示
4. ユーザーが再生したいメディア、使用する DMR を選択
5. DMC が DMR に対して AV Transport を用いて再生するメディアの URL を通知
6. DMC で HTIP (Home-network Topology Identifying Protocol) を利用し、メディア再生で使用する DMS～DMR 間の経路を特定
7. 再生するメディアの種類から適用する QoS を選定

8. DMC からメディア再生で使用する経路上に存在するブリッジそれぞれに対応した QoS 設定命令を要求
9. ブリッジが QoS 設定命令に従って QoS を適用し、完了後その応答を DMC に返答
 - この QoS 設定の段階でエラーが発生した場合は、失敗したことを DMC に返答する
10. DMC が QoS 設定要求をした全てのブリッジからの応答を受信し、問題が発生しなければ DMR に再生要求を通知
 - ブリッジからエラーが返された場合、ネットワーク上の他のストリームを調べ、そのストリームが経路上のブリッジを経由している場合はそのストリームが終了次第、再度 QoS 設定を試みる

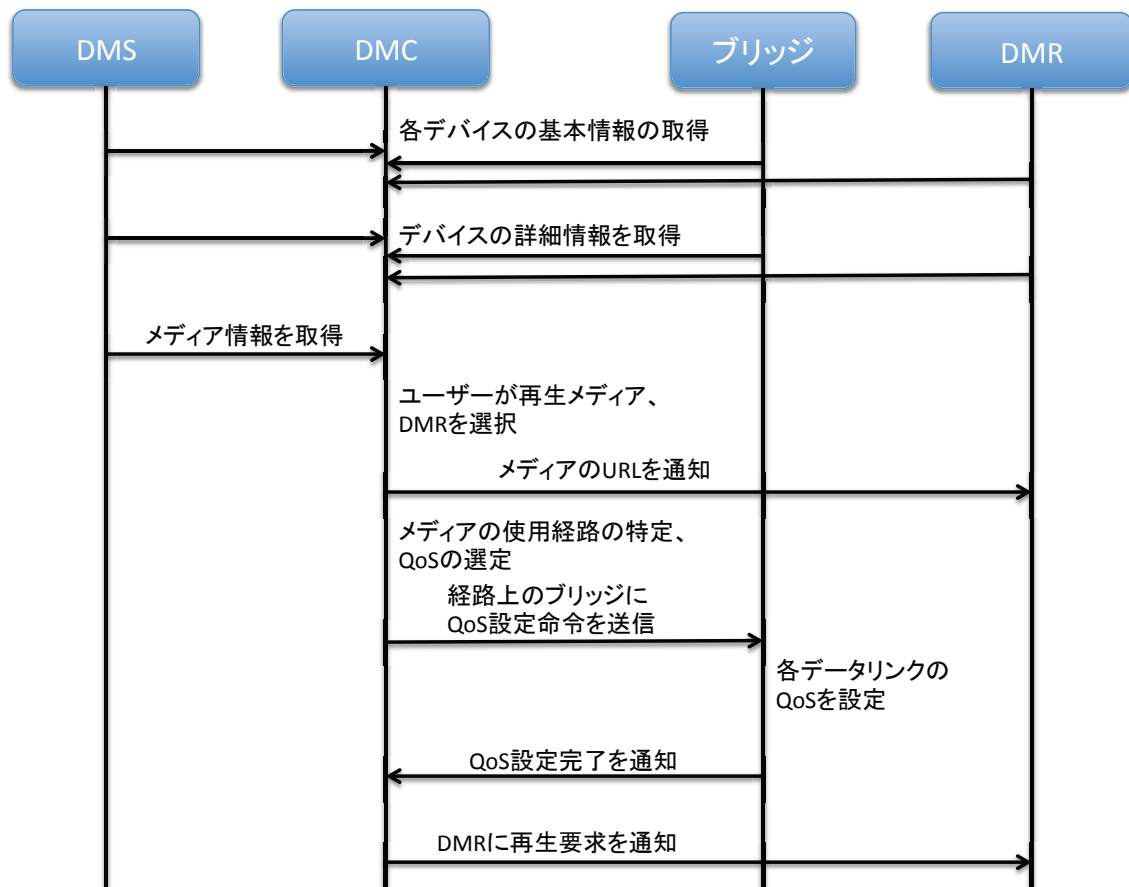


図 4.2: QoS 設定のシーケンス

4.1.3 QoS 設定で用いるプロトコル

この QoS 設定は UPnP を利用して行われる。そのため、QoS 設定を行うブリッジでは UPnP の QoS 設定用サービスと QoS 設定情報揭示サービスが動作し、QoS 設定情報は UPnP のプロトコルでやり取りが行われる。DMC ではこの QoS 設定情報提示サービスから現在のブリッジの QoS 設定を取得し、QoS の設定が必要な場合に QoS 設定サービスに必要な設定要求を送る。このときにやり取りされる情報は無線 LAN の場合は設定を行う SSID とプライオリティの情報、有線 LAN の場合は設定を行うポートとプライオリティの情報と設定を行うブリッジに合わせた情報が送られる。そして QoS 設定設定要求に対する応答はそれぞれの設定後のブリッジの QoS 設定のみ（設定後のポート毎のプライオリティの設定などの QoS の状態）を返答する。リスト 4.1 に送信時のデータ例、リスト 4.2 に QoS 設定が成功した時のブリッジからの返答例を示す。経路情報など QoS を設定に必要な情報以外は送らないため、データは非常に小さいものになる。

リスト 4.1: QoS 設定時に送るデータ例

```
1 POST /service/serialqos/control HTTP/1.1
2 HOST: 192.168.0.102:4004
3 SOAPACTION: "urn:schemas-upnp-org:service:serialqos:1#SetQos"
4 CONTENT-TYPE: text/xml ; charset="utf-8"
5 Content-Length: 355
6
7
8 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
9 <s:Envelope s:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" xmlns:s="http://s
10 chemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
11   <s:Body>
12     <u:SetQos xmlns:u="urn:schemas-upnp-org:service:serialqos:1">
13       <Qospri>5</Qospri>
14       <Qosport>20</Qosport>
15     </u:SetQos>
16   </s:Body>
17 </s:Envelope>
```

リスト 4.2: QoS 設定時のブリッジからの返答例

```
1 HTTP/1.1 200 OK
2 Content-Type: text/xml; charset="utf-8"
3 Server: Windows XP/5.1 UPnP/1.0 CyberLinkJava/1.8
4 Content-Length: 642
5 EXT:
6 Date: Mon, 06 Feb 2012 12:39:23 GMT
7
8 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
9 <s:Envelope xmlns:s="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" s:encodingStyle="http://s
10 chemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
11   <s:Body>
12     <u:SetQosResponse xmlns:u="urn:schemas-upnp-org:service:serialqos:1">
13       <Result>[port 1 = 0, port 2 = 0, port 3 = 0, port 4 = 0, port 5 = 0, port 6 = 0,
14 port 7 = 0, port 8 = 0, port 9 = 0, port 10 = 0, port 11 = 0, port 12 = 0, port 13 = 0,
15 port 14 = 5, port 15 = 0, port 16 = 0, port 17 = 0, port 18 = 0, port 19 = 0, port 20
16 = 5, port 21 = 0, port 22 = 0, port 23 = 0, port 24 = 0]</Result>
17     </u:SetQosResponse>
18   </s:Body>
19 </s:Envelope>
```


第5章 実験システム

本章では提案手法の実用性の検討のための実験システムについて説明する。

5.1 実験システムの目的

この実験システムでは実際に提案手法で示した動的な QoS 設定を行うことができるか検証を行うシステムである。このシステムではブリッジに QoS 設定用の PC を用いることで実際のネットワークでブリッジの QoS 設定を UPnP を利用して行う場合にブリッジにどの程度の処理時間や処理の負荷が掛かり、どのような問題が生じるか検証を行うことを目的とする。

5.2 現在家庭で使われているデータリンク技術の QoS の調査

5.2.1 販売されている製品の QoS 対応状況

実験システム構成のために、現在家庭用として販売されている製品の QoS 対応状況について調査を行った。その結果以下表 5.1 のような対応状況であった。

表 5.1: 実際の製品の QoS 対応状況

製品	データリンク規格	QoS の有無	QoS の設定項目
SHARP HN-VA10S	Home Plug AV	あり	設定は有効か無効の二択
BUFFALO PL-UPA-L1/S	UPA	なし	-
Panasonic BL-PA204KT	HD-PLC	なし	-
Panasonic BL-PA100KT	HD-PLC	なし	-
NTT 西日本 PN-1000HD-S	PLC (規格は不明)	あり	QoS の設定項目なし
NEC AtermWR8700N	IEEE802.11a/g/n	あり	設定は有効か無効の二択

販売されている製品では QoS 対応と明確に記載されている製品や動画などのマルチメディアに最適化を行う機能が搭載されている製品以外は対応していない製品が多数を占め

た。QoS 機能が搭載されている製品でもユーザーが設定可能な項目が機能を有効にするか無効にするかの選択のみ、製品設定に QoS 設定の項目がないなど詳細設定が可能な製品はなかった。

次に調査した現在家庭向けとして使われている主なデータリンク技術の QoS 保証技術の現状を述べる。

5.2.2 有線 LAN

有線 LAN で用いることができる QoS 保証技術は先に説明した IEEE802.1p である。しかし、家庭用のルータやスイッチではこの IEEE802.1p に対応した製品はほとんどない。これはホームネットワークではトラフィックが集中し帯域幅を管理しなければならないことが少なく、また家庭用製品であっても 1000Base-T が用いられている製品も多いため帯域幅が広く、QoS の必要性が低い状態であることが多い。そのためベストエフォートの通信でも問題になることが少ないのが現状である。

5.2.3 無線 LAN

無線 LAN の QoS 保証技術は先に説明した IEEE802.11e で決められている。この規格では優先度制御型の QoS と特性値制御型 (Parameterized) の QoS をサポートしている。家庭用の無線 LAN 機器ではこの中で優先度制御型の QoS をサポートしている製品は無線通信での動画配信などに対応している製品が多い。これは優先度制御型 QoS の EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) でバックグラウンド、ベストエフォート、ビデオ、ボイスの 4 段階の優先順位で管理されており、マルチメディア向けに優先度設定を行うことが可能であるためである。このため、ホームネットワーク内での動画配信などを行う際に機能する製品が多い。しかし、多くの製品で QoS 機能の有効か無効かの選択しかできないなど詳細な設定を行うことができるものはほとんどなく、柔軟な QoS の対応には不十分である。特性値制御型の QoS である HCCA (HCF Controlled Channel Access) に至っては製品が確認できず、現状では使用が難しい状況である [5]。

5.2.4 その他のデータリンク技術

電力線通信や同軸線通信といったデータリンク技術はそれぞれの通信規格ごとに優先度制御型や特性値制御型の QoS 設定手法が決められているものが多い。そのため規格上では同規格ならば製造するメーカーが異なった場合でもデータリンク上で QoS 保証が可能である。しかし実際に販売されている製品では多くの製品で他の製品との QoS を行うことが不可能となっている場合が多い。これは同じ規格で QoS 保証に対応している製品同士でもあるものはビデオなどの映像データ向けに大きな通信フレームを優先し、またあるも

のは IP 電話用の小さなフレームを優先するといったそれぞれの機器で優先順位が異なるなど製品独自の手法で QoS を実現しているケースが多く、他の機器と QoS の利用を行うことができないためである。

これらのことから、本研究の実験システムは様々な QoS 設定が可能な業務用の有線 LAN スイッチ、無線 LAN アクセスポイントを用いることにした。

5.3 実験システムの構成

本研究の実験システムは以下の図 5.1 の構成からなる。このシステムでは複数のデータリンクを用いて構成されるネットワークにおいて、複数のデータリンクを経由してコンテンツの視聴を行う場合に、通信で用いる経路にあるスイッチの QoS 設定を設定用の PC で行うものである。このシステムでは機器制御用 PC から出される QoS 設定要求は UPnP を利用してブリッジ設定用 PC に届き、それが実際にブリッジの設定を行う手順をとる。

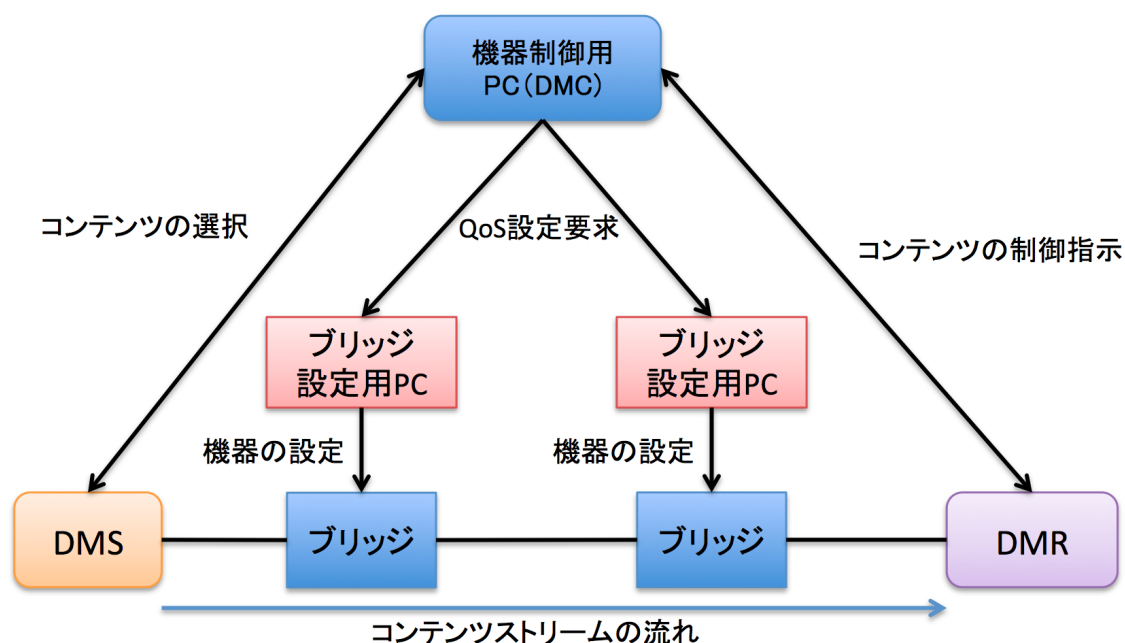


図 5.1: 実験システム

5.3.1 DMS

DMS は既存の DMS 対応機器を用いる。製品毎の互換性の問題により機器や PC 用ソフトウェアの仕様によっては対応できない場合も存在するが、多くの DMS を利用することが

できる。今回の実験システムでは ThinkpadX32 の WinsowsXP 用 Windows Media Player 11 の DMS 対応のメディア共有機能を用いた。

5.3.2 DMR

DMR も DMS と同様に既存の DMR を用いる。利用する DMR は著作権保護技術の DTCP-IP (Digital Transmission Content Protection over Internet Protocol) に対応していないため DTCP-IP が適用されているコンテンツは再生できないものとなる。今回の実験システムでは使用する DMC との相性から Windows 7 にバンドルされている Windows Media Player 12 の DMR 機能を用いる。

5.3.3 機器制御用 PC (DMC)

機器制御用 PC では DMS、DMR が複数存在する場合は利用する機器の選択を行い、DMS からコンテンツ情報を取得し DMR に再生するコンテンツの情報を送る DMC の機能と DMS、DMR の情報を基に QoS を適用するブリッジの選択と QoS 設定要求をブリッジ設定用 PC に出す機能を持つ。この機器制御用 PC では作成したメディアの再生処理を行うと QoS 設定の処理が行われ、終了するとメディアの再生が開始されるプログラムによって DMC として動作する。リスト 5.1、5.2 に示したものは設定を行うデバイスを発見し、QoS 設定変更命令を出し、その処理が成功した場合のものである。

リスト 5.1: 無線 LAN 設定時のログ

```
1 uuid:UPnPWiFiQosSettingDevice::upnp:rootdevice upnp:rootdevice http://192.168.0.103:4004/
2 description.xml
3 wifi qos device discovered 192.168.0.103
4 succeed
5 Result
6 5
```

リスト 5.2: 有線 LAN 設定時のログ

```
1 uuid:UPnPserialQosSettingDevice::upnp:rootdevice upnp:rootdevice http://192.168.0.102:400
2 4/description.xml
3 serial qos device discovered 192.168.0.102
4 succeed
5 Result
6 [port 1 = 0, port 2 = 5, port 3 = 0, port 4 = 3, port 5 = 0, port 6 = 0, port 7 = 0, port
7 8 = 0, port 9 = 0, port 10 = 0, port 11 = 0, port 12 = 0, port 13 = 0, port 14 = 0, por
8 t 15 = 0, port 16 = 0, port 17 = 0, port 18 = 0, port 19 = 0, port 20 = 0, port 21 = 0,
9 port 22 = 0, port 23 = 0, port 24 = 0]
```

5.3.4 ブリッジ設定用 PC

ブリッジ設定用 PC では機器制御用 PC から送られてきた QoS 設定要求に従って QoS の設定を行う。送られてくる情報はその機器の設定情報のみであり、情報から処理の判別

処理などを行わずブリッジ設定用 PC では機器の設定のみを行う。この PC では QoS 設定用の UPnP サービスが動作しており機器制御用 PC はこのサービスに対して設定要求を出す形式をとる。この PC で動作するブリッジ設定用プログラムは Java で利用できる UPnP ライブラリである Cyberlink for Java[13] を用いて作成した。図 5.2 はネットワークの他の PC から QoS 設定用サービスを含む UPnP デバイスを表示したものである。この WiFi QosSetting Device が無線 LAN アクセスポイント設定用、SerialQosSetting Device が有線 LAN スイッチ設定用である。

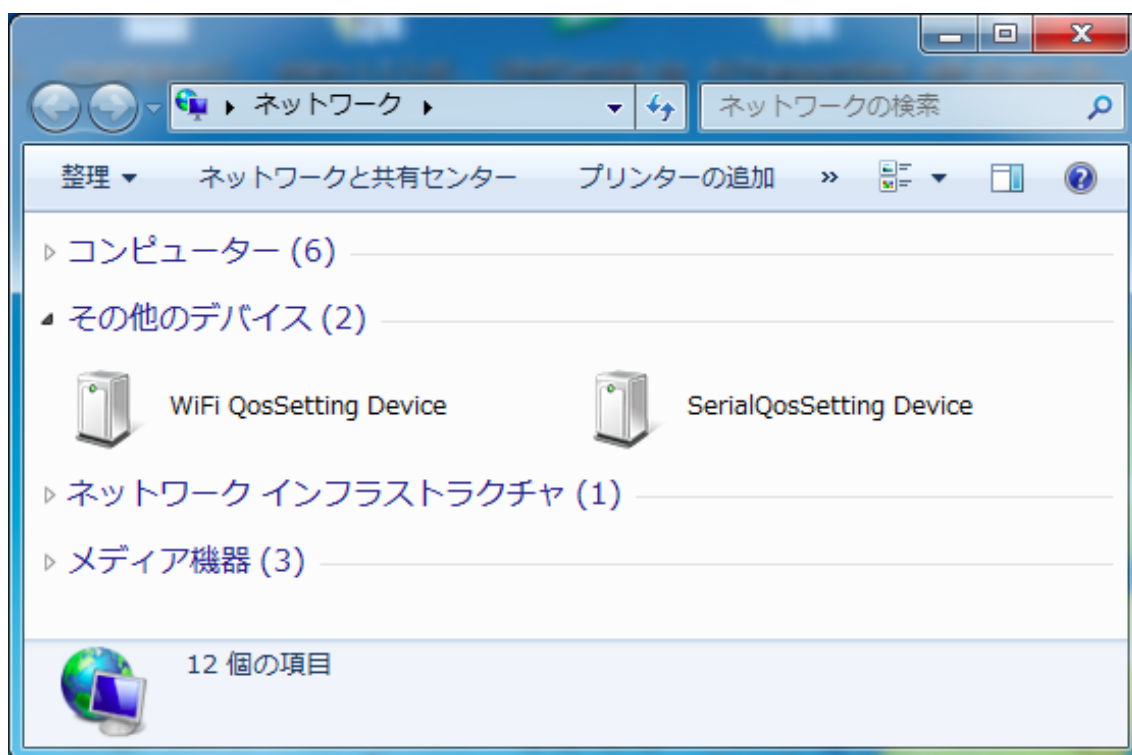


図 5.2: ブリッジ設定用 PC で動く UPnP デバイス

このそれぞれの UPnP デバイスは内部に QoS 設定用サービスを有する。この QoS 設定サービスは現在の QoS の状態情報をコントロールポイントに返答するアクションと QoS の設定を行うアクションが含まれている。実験システムではこの QoS の設定を行うアクションを利用してブリッジの QoS 設定を行う。

5.3.5 ブリッジ

このシステムで用いるブリッジは外部から設定変更などを行うことができ、QoS の設定変更も可能なものを用いる。今回の実験では家庭向けの製品では今回の要件にあう製品

がなかったため主に企業向けに使われる製品を用いたが、使われているデータリンク規格は家庭用と同じ有線 LAN と無線 LAN である。今回使用した製品は有線 LAN 用に Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U-24、無線 LAN 用に Cisco WAP4410N Wireless-N である。

第6章 提案手法の検証実験

6.1 QoS 設定プログラムの性能調査

6.1.1 概要

本実験は本研究で作成した UPnP を利用した QoS 設定プログラムがどの程度の処理時間を必要とするか検証を行うものである。QoS 設定の過程で、DMC が QoS 設定の命令を出し、QoS 設定用 PC で QoS の設定を行い、その返答が来るまでの時間の測定を性能が違う 2 台の PC を QoS 設定用 PC に用いて行った。この測定には UPnP サービスヘアクションを行うことやアクションで設定命令を出し、その返答がくるまでの時間の計測など UPnP の様々な処理を行うことができるソフトウェアである Intel Device Spy for UPnP Technologies[12] を用いた。

6.1.2 実験環境

この実験はスイッチ（Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U-24）に無線 LAN アクセスポイント（Cisco WAP4410N Wireless-N）、QoS 設定用 PC、測定用 PC が繋がった環境で行った。QoS 設定用 PC を変えた場合においても測定用 PC と QoS 設定用 PC 間のネットワークの環境はできる限り同じ条件にし、QoS 設定用 PC を変えた場合の環境の変化を小さくした。その環境を図 6.1 に、QoS 設定用 PC に使用した PC の仕様を表 6.1 に、測定用 PC の仕様を表 6.2 に示す。

表 6.1: QoS 設定用 PC の仕様

PC	Thinkpad X32	Cube-Lite
CPU	Pentium M 1.7GHz	Geode 400MHz
メモリ	1.5GB	512MB
OS	Windows XP SP3	
有線 LAN	1000Base-T	100Base-TX

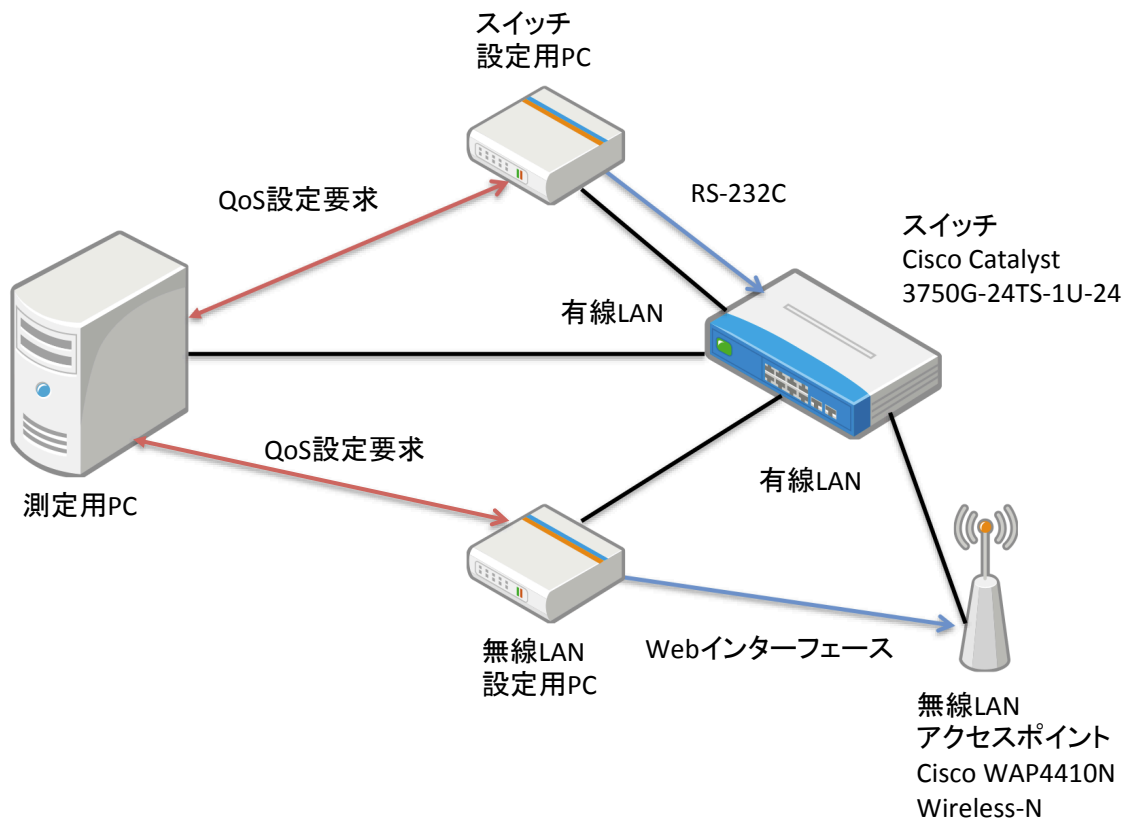


図 6.1: 測定環境

表 6.2: 測定用 PC の仕様

CPU	Core2 Duo P8600 2.4GHz
メモリ	8.0GB
OS	Windows 7 SP1
有線 LAN	1000Base-T

6.1.3 実験手法

測定用 PC から QoS 設定用 PC に QoS 設定要求を出し、その命令を処理し返答が返ってくるまでの時間と QoS の設定情報の取得を行った場合の時間の測定をそれぞれの設定用 PC で有線 LAN、無線 LAN 共に 20 回ずつ行った。この実験の間他のトラフィックによる結果の変動を減らすためにネットワークでは動画や音楽などのストリームが流れない状態とした。

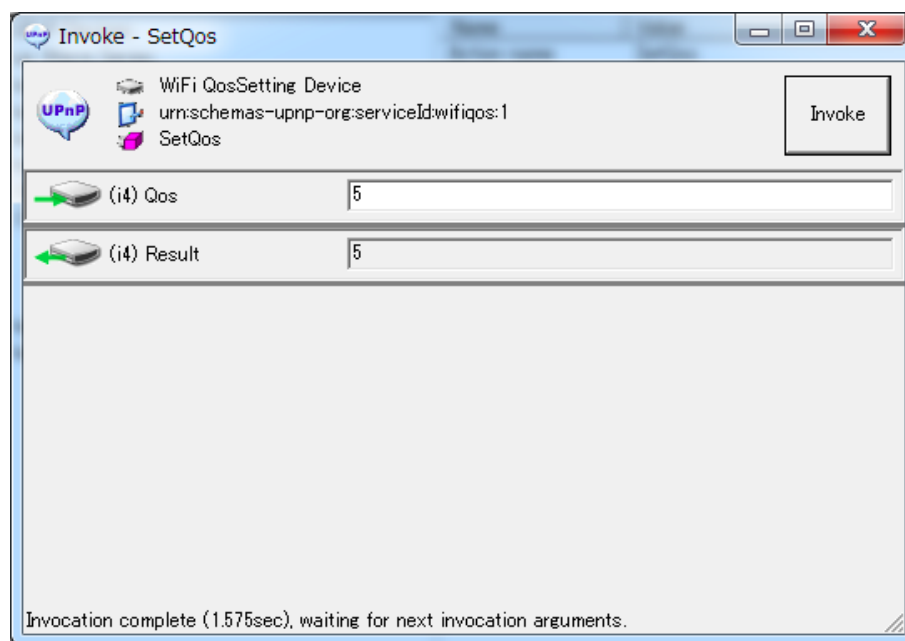


図 6.2: QoS 設定の様子

6.1.4 結果

QoS 設定用 PC に Cube-Lite を用いた場合の結果を表 6.3 に、Thinkpad X32 を用いた場合を表 6.4 に示す。

表 6.3: Cube-Lite を用いた場合の測定結果

試行番号	有線 LANQoS 情報 取得時間 (ms)	有線 LANQoS 設定 処理時間 (ms)	無線 LANQoS 情報 取得時間 (ms)	無線 LANQoS 設定 処理時間 (ms)
1	296	421	249	1669
2	265	405	249	1622
3	249	374	234	1700
4	234	452	234	1575
5	234	421	280	1638
6	249	405	234	1544
7	265	405	234	1622
8	234	236	249	1684
9	234	405	249	1528
10	234	421	234	1544
11	234	421	296	1544
12	249	405	249	1560
13	234	421	234	1591
14	249	421	249	1560
15	265	405	249	1544
16	265	421	234	1482
17	249	405	249	1544
18	234	405	234	1528
19	249	405	280	1513
20	234	421	234	1528
平均	250.15	413.75	247.7	1576

表 6.4: Thinkpad X32 を用いた場合の測定結果

試行番号	有線 LANQoS 情報 取得時間 (ms)	有線 LANQoS 設定 処理時間 (ms)	無線 LANQoS 情報 取得時間 (ms)	無線 LANQoS 設定 処理時間 (ms)
1	218	390	218	1466
2	218	374	234	1435
3	234	374	218	1419
4	218	374	218	1404
5	218	374	218	1450
6	218	390	218	1419
7	218	374	234	1450
8	218	390	218	1388
9	218	374	218	1435
10	234	390	234	1388
11	218	374	218	1435
12	234	374	218	1341
13	218	374	218	1357
14	218	374	218	1341
15	218	374	218	1248
16	202	374	218	1419
17	218	390	218	1294
18	218	390	218	1404
19	234	374	234	1341
20	234	374	234	1357
平均	221.2	378.8	221.2	1389.55

有線 LAN の QoS 情報の取得に掛かった時間は Cube-Lite の場合で平均 250 ms 、ThinkpadX32 の場合で平均 221 ms 、有線 LAN の QoS 設定の処理時間は Cube-Lite の場合で平均 413.75 ms 、ThinkpadX32 の場合で平均 378.8 ms と設定用 PC の性能に対する影響は小さかった。無線 LAN の QoS 情報の取得では有線 LAN の情報取得と同じ動作を行うため、有線 LAN の場合と同様の値となった。無線 LAN の QoS 設定の処理時間は Cube-Lite の場合で平均 1576 ms 、ThinkpadX32 の場合で平均 1389.55 ms と有線 LAN の場合に比べ処理時間が長かったが、Cube-Lite と ThinkpadX32 の差は有線 LAN の場合と同程度の結果となった。

6.2 QoS 設定プログラムの負荷の検証

6.2.1 概要

QoS 設定用 PC で具体的な負荷を知るために提案手法で用いる QoS 設定用プログラムが QoS 設定用 PC の CPU とネットワークに実際にどの程度の負荷が掛かるか測定を行った。UPnP サービスへのアクションは前の実験と同様のソフトウェアを利用し、QoS 設定用 PC に対して QoS 情報の取得、QoS 設定の動作を数回行い、その間の QoS 設定用 PC の QoS 設定用プログラムの CPU とネットワークの負荷を QoS 設定用 PC 上で測定を行った。

6.2.2 実験環境

実験環境は前の実験と同様のスイッチに無線 LAN アクセスポイント、QoS 設定用 PC の Cube-Lite、QoS 設定用 PC を接続した状態で行った。

6.2.3 実験手法

QoS 設定用 PC で前の実験と同様に Intel Device Spy を用いてスイッチ設定用 PC に QoS 設定命令を複数回送り、そのときの QoS 設定用プログラムの CPU 使用率とネットワークのトラフィックを Microsoft 管理コンソールのログ機能を用いて測定した。

6.2.4 実験結果

無線 LAN QoS 設定プログラム実行時の CPU 使用率を図 6.4、送受信データ量を図 6.5 に、有線 LAN 設定用プログラム実行時の CPU 使用率を図 6.6、送受信データ量を図 6.7 に示す。

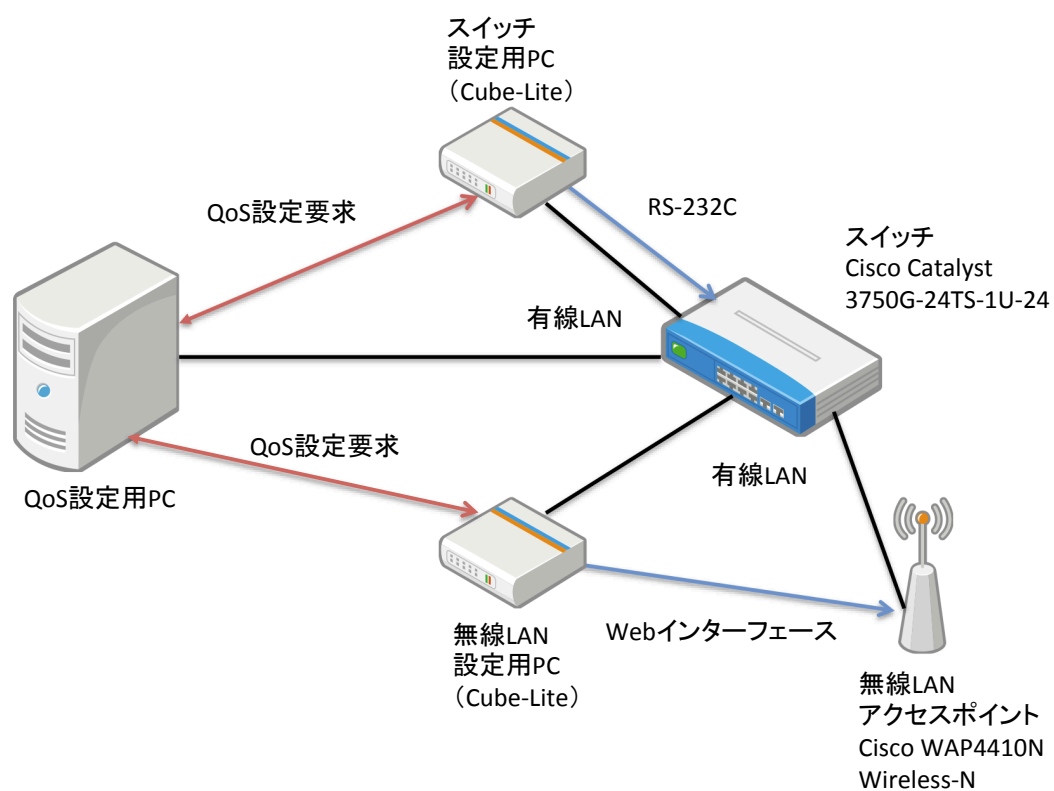


図 6.3: 実験環境

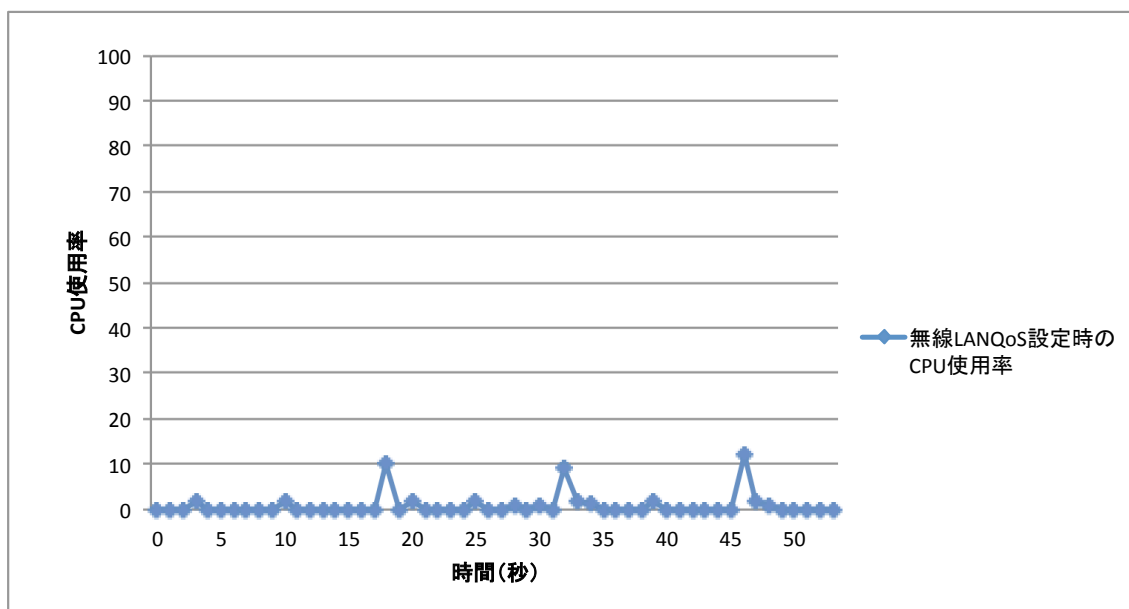


図 6.4: 無線 LANQoS 設定プログラム実行時の CPU 使用率

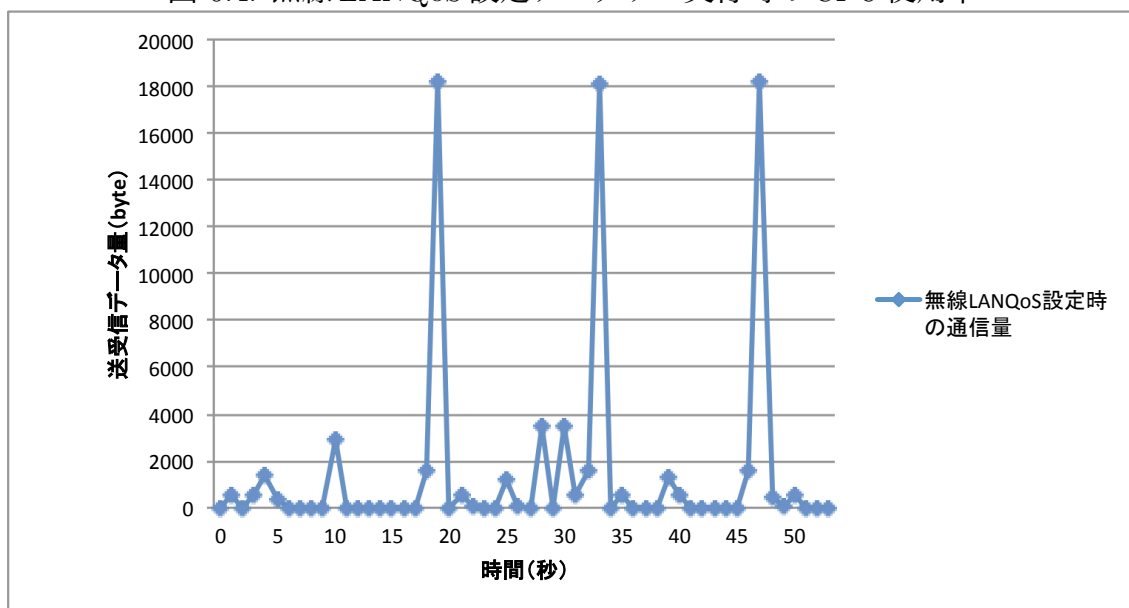


図 6.5: 無線 LANQoS 設定プログラム実行時の送受信データ量

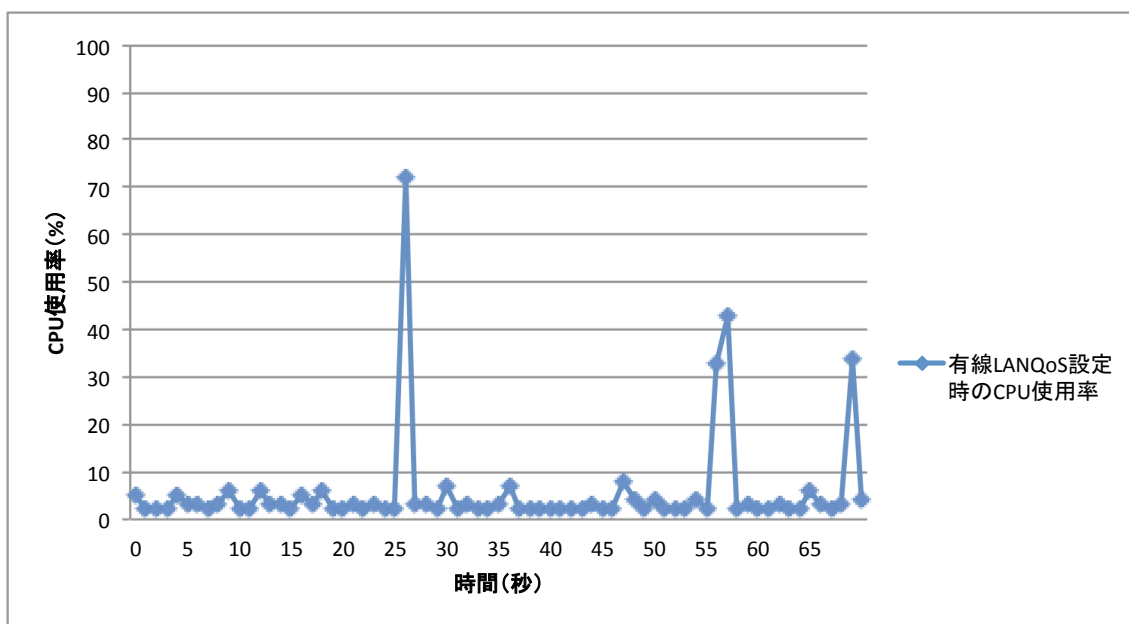


図 6.6: 有線 LANQoS 設定プログラム実行時の CPU 使用率

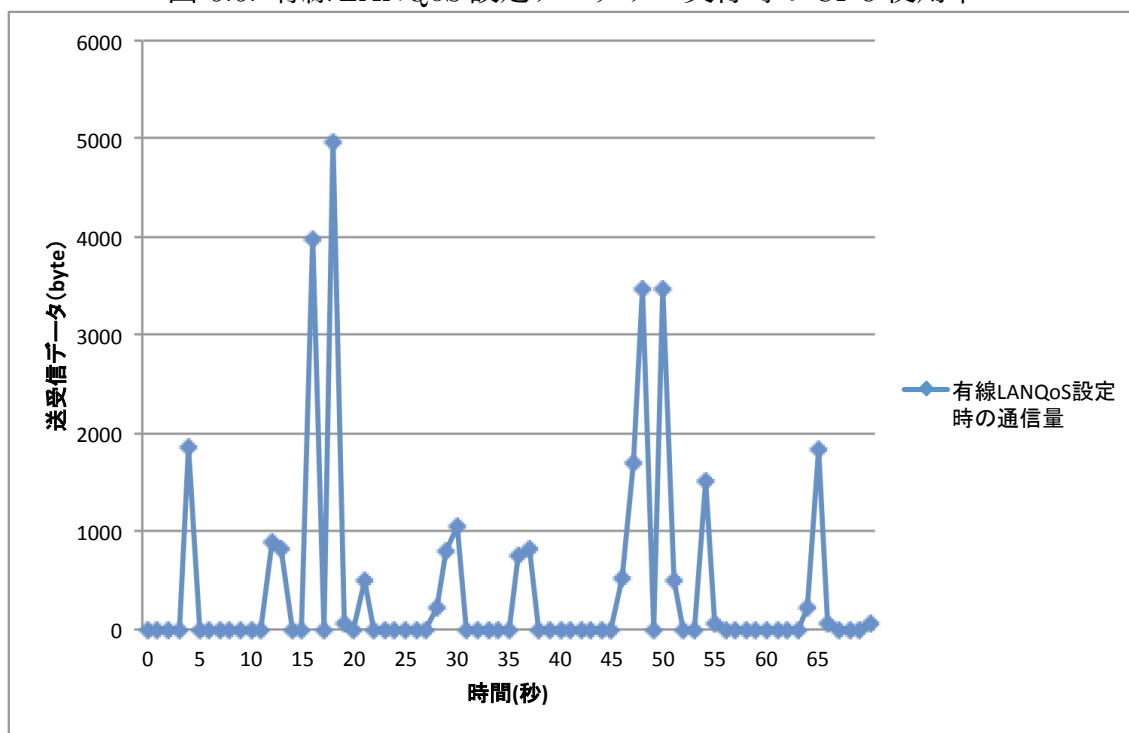


図 6.7: 有線 LANQoS 設定プログラム実行時の送受信データ量

無線 LANQoS 設定プログラム実行時の CPU 使用率は Cube-Lite の環境においても最大でも 10 % 台前半と負荷が非常に低かった。送受信データ量は設定命令の受信、アクセスポイントへの設定の通信を含めているが最大で約 18000 byte/秒（≒ 140 kbps）と通信帯域の消費は少なかった。

有線 LANQoS 設定プログラム実行時では、CPU 使用率が最大で 70 % を超える場合があったが、その後は 30 ～ 40 % 程度の負荷となった。送受信データ量は最大でも約 5000 byte/秒（≒ 39 kbps）程度と無線 LAN の場合と比較して低い値となった。

6.3 メディア再生時の QoS 設定時間の検証

6.3.1 概要

提案手法の動作検証を行う実験システムで、ユーザーが再生ボタンを押し、実際にメディアの再生処理が出されるまでの QoS 設定に要する時間を検証するために、作成した機器制御用プログラムで実際に DMS から DMR に対してメディアの再生を行い、QoS 設定までに掛かる時間を測定した。

6.3.2 実験環境

先の実験の環境に DMS と DMR を追加し、DMC を作成した QoS 設定用プログラムに変更し、実際に有線 LAN、無線 LAN を経由してメディアの再生が行われるまでの処理時間を測定した。QoS 設定用プログラムは使用する DMS、DMR の情報を基に設定が必要な UPnP の QoS 設定サービスの検索を行い、発見後処理命令を出して処理を行う動作を行う。実験環境を図 6.8 に追加変更した機器を表 6.5、表 6.6、表 6.7 に示す。

表 6.5: 機器制御用 PC の仕様

CPU	Pentium M 1.7GHz
メモリ	1.5GB
OS	Windows XP SP3
有線 LAN	1000Base-T

6.3.3 実験手法

機器制御用 PC の QoS 設定用プログラムから QoS 設定の命令を出し、DMR で再生が始まるまでの時間を 20 回測定した。比較対象として、QoS 設定を行わない場合も同様に

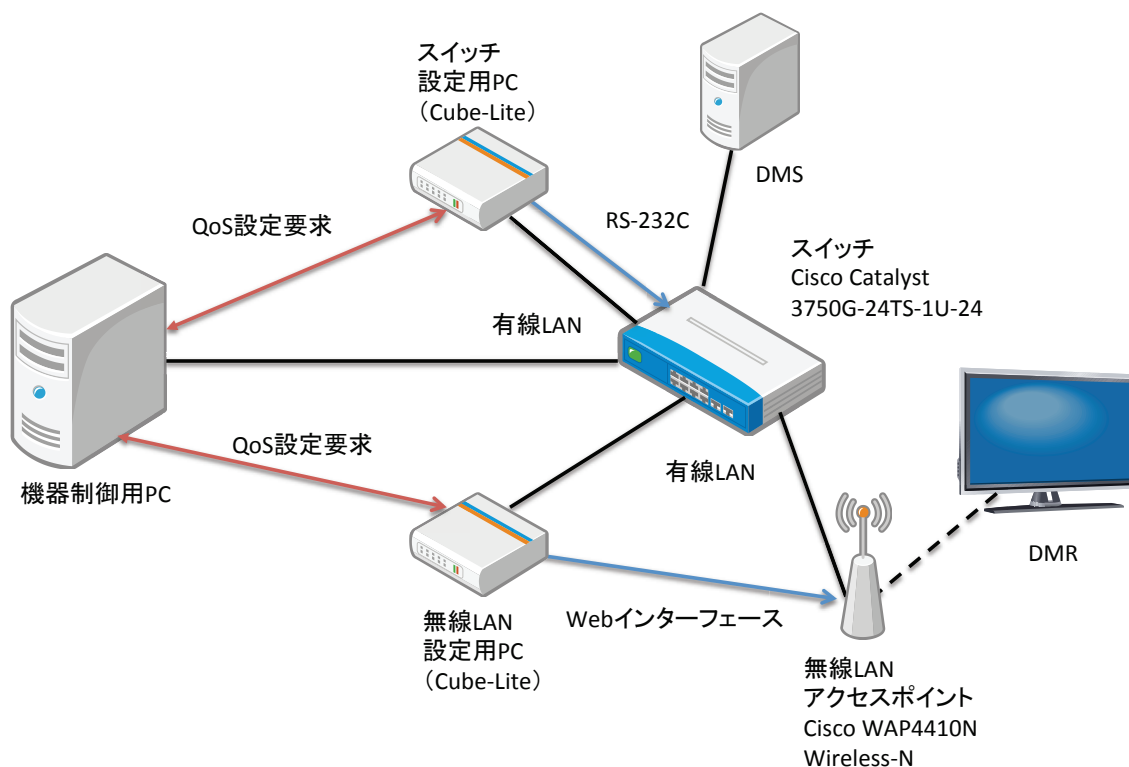


図 6.8: メディア再生での測定環境

表 6.6: DMR の PC の仕様

CPU	Core2 Duo P8600 2.4GHz
メモリ	8.0GB
OS	Windows 7 SP1
DMR ソフト	Intel AV Renderer (計測用機能を追加)
無線 LAN	IEEE802.11n

表 6.7: DMS の PC の仕様

CPU	Pentium M 1.7GHz
メモリ	1.5GB
OS	Windows XP SP3
DMS ソフト	Windows Media Player 11
有線 LAN	1000Base-T

測定した。測定には QoS 設定用プログラム、DMR に処理が行われた時間のログを取る機能を追加して行った。

6.3.4 実験結果

機器制御用 PC の測定結果を表 6.8 に示す。

表 6.8: メディア再生までの処理時間

試行番号	QoS 設定ありの 処理時間 (ms)	QoS 設定なしの 処理時間 (ms)
1	18749	6393
2	23660	6225
3	24155	6109
4	14076	5473
5	14445	5431
6	12164	6776
7	21998	6536
8	12005	6861
9	20933	6608
10	22859	8784
11	13294	6972
12	24936	7402
13	25372	5522
14	21622	5356
15	22315	6716
16	10196	6529
17	21403	6756
18	22139	6652
19	21825	5614
20	23902	5416
平均	19602.4	6406.55

メディア再生までの QoS 制御時の処理時間は平均して約 19.6 秒で行われた。QoS 制御なしの場合は平均約 6.4 秒で処理が行われていたので QoS 制御を行わない場合との差は 13.2 秒となった。処理時間のばらつきは大きく、QoS 制御を行う場合では最短の場合で 10196 ms、最長の場合で 25372 ms と最短と最長で 2.5 倍の差が出た。

6.4 提案手法を用いた場合の品質改善の検証

6.4.1 概要

提案手法を用いることで通信品質の改善がどの程度あるか検証を行うために、実験システムにおいて提案手法を用いる場合と提案手法を用いない場合の通信を測定し、その比較を行った。

6.4.2 実験環境

先の実験の環境で機器制御用 PC の DMC で有線 LAN スイッチに接続された DMS からメディアを選択し、無線 LAN を利用する DMR で再生を行う場合の比較を行った。

6.4.3 実験手法

DMS から再生に使用するメディアを選択し、DMR で再生を行う動作を QoS 設定のありなしでメディア再生時の DMR の受信データレートをメディアの再生が終了するまで測定し、その比較を行った。今回使用した DMR は一度で再生を行うとそのデータがキャッシュされ、2 度目の再生からはそのキャッシュを利用する動作をとるため、測定毎にキャッシュを削除し、測定結果にキャッシュの影響が出ないように測定を行った。

6.4.4 実験結果

測定した受信データレートを図 6.9 に示す。

QoS の設定を行う場合と行わない場合の平均受信データレートはわずかながら QoS 設定を行った場合の方が高い値を示した。QoS 設定を行った場合ではデータの受信開始が QoS 設定を行わなかった場合に比べて 4 秒ほど遅れて始まったが、受信終了時には 1 秒ほどの遅れとなった。

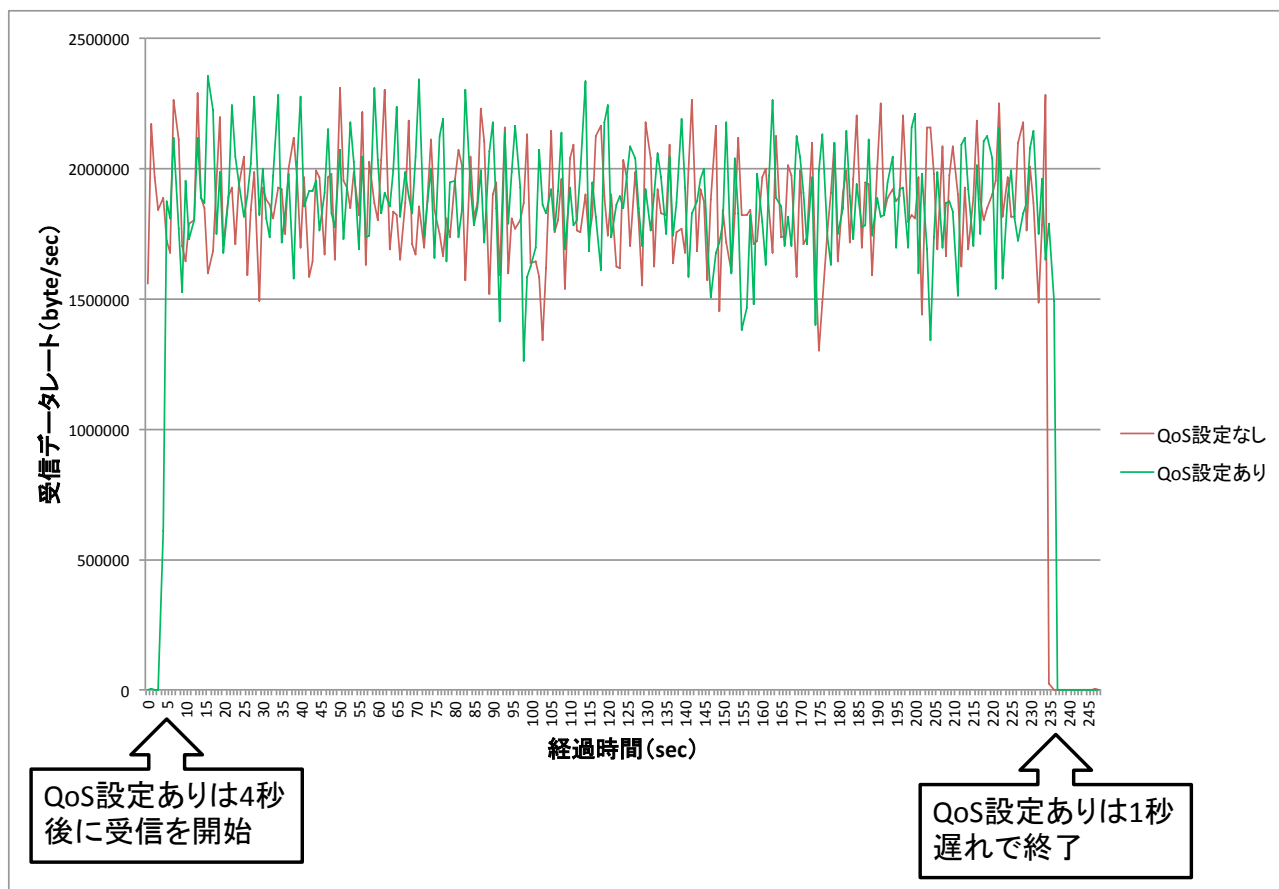


図 6.9: 提案手法による QoS 制御の効果

6.5 考察

6.5.1 QoS 設定プログラムの性能調査に対する考察

QoS 設定プログラムの性能調査では QoS 情報取得の処理はどちらの QoS 設定サービスでも同じ処理を行うため同様の時間で返答が返ってきた。QoS 設定処理では有線 LAN では情報取得と比較して 160 ms 程度の増加とあまり時間の増加がないが、無線 LAN では返答までの時間の差が 1 秒以上と大きな差が出た。

これは有線 LAN の設定ではスイッチに命令を送る通信にシリアル通信を利用するためスイッチに命令を一方的に送るだけで設定が可能なのに対して、無線 LAN の設定は Web インターフェースを利用するため、HTTP 通信時に TCP での相互通信の処理が必要となり、シリアル通信と比較して処理に時間がかかることが原因だと考えられる。また、Cube-Lite と ThinkpadX32 との差は今回のケースでは最大でも 200 ms 程度と小さく、プログラムの動作が PC の処理能力の依存しにくいと考えられる。この結果から、内部で設定変更を行う処理ならば、非常に短い時間で QoS の設定が可能であり、また QoS 設定用 PC は処

理能力が高くないものでも処理にかかる時間に大きな変化がなく、Cube-Lite ほどの性能の PC でも処理能力に問題がないといえる。

6.5.2 QoS 設定プログラムの負荷の検証に対する考察

無線 LANQoS 設定時は全体的に CPU 使用率が低く、プログラムの処理が行われている間においても CPU 使用率が 10 % 台前半と非常に低い値を示した。QoS 設定時の送受信データ量は QoS 設定命令の受信は非常に小さいが、QoS 設定処理時は HTTP を用いて無線 LAN アクセスポイントに QoS 設定を行うため QoS 設定命令より大きい値であった。だが、その場合においても約 17.5 KB/秒 程度と送信されるデータは小さくネットワークに対する負荷も非常に低い値を示した。これらのことから、今回使用したアクセスポイントの QoS 設定時の設定用 PC の CPU、ネットワークの負荷は非常に低く、他の処理やトラフィックに与える影響は小さいといえる。

有線 LANQoS 設定時の CPU 使用率は QoS の設定処理を行っている時は 40 ～ 70 % と比較的負荷が高い値を示した。これは QoS 設定にシリアル通信を用いるため、この通信を行うために利用したライブラリが HTTP の処理をするライブラリに比べて負荷が大きいことに起因すると考えられる。送受信データ量は無線 LANQoS に比べて設定項目や設定に対する応答のデータが大きい、それ以外の UPnP の必要な処理の影響からか差は小さく、送受信データ量に影響が見られなかった。このことから今回作成した QoS 設定プログラムは UPnP の処理に関しては負荷は非常に低く、低い処理能力でも問題が生じにくいものであった。実際にこのプログラムの機能がネットワーク機器に搭載される場合には UPnP の処理以外は内部で設定変更を行うだけであり、今回の実験のように外部のライブラリを利用するケースは少なく、CPU とネットワークに与える負荷は非常に小さいものになると考えられる。

6.5.3 メディア再生時の QoS 設定時間の検証に対する考察

メディア再生時の QoS 設定時間では有線 LAN と無線 LAN の UPnP の処理時間は平均して 19.6 秒ほどの時間を要した。QoS 設定を行わない場合の処理時間との差から QoS 設定処理に要した時間は平均で 13.2 秒となった。処理時間のばらつきは大きく、25 秒ほどかかってしまう場合から 10 秒程度で終了する場合もあるなど差が出た。今回作成したプログラムは QoS の設定を行うタイミングでブリッジの QoS 設定サービスの検索し、発見後 QoS 設定命令を送る動作を行う。このサービス検索では UPnP で rootdevice とされるデバイスの検索を行うことで実現される動作のため、複数の UPnP デバイスで UPnP サービスが動作している環境では検索に対するレスポンスが UPnP デバイスの数だけ返ってくるため、ネットワークのデバイス状況や UPnP デバイスの返答の順序が大きく影響したと考えられる。それ以外に、QoS 制御を行わない場合の処理時間もばらつきがあるこ

とから、今回の実験システムでの処理時間のばらつきは DLNA の再生処理も起因すると考えられる。

6.5.4 提案手法を用いた場合の品質改善の検証に対する考察

まず、実験結果で一定の通信速度に安定しないのは、DMR が無線 LAN で接続されていることに起因する。これは実験環境の周辺で多くの無線 LAN 機器が使用されているため、他の機器の通信の影響を受けやすいからである。また QoS 設定の有無による差が小さいのは、今回の実験環境ではこのメディア再生以外の通信はほとんど行われてなく、優先度制御型の QoS 保証では効果が出にくい環境であったことに起因すると考えられる。

また、実験システムに機器を追加し、他のデバイスで動画の再生を行っている状況での検証を試みたが、QoS の設定変更を行うと図 6.10 に示すように設定変更のために無線 LAN アクセスポイントの通信が停止し、その通信の接続が切断されてしまうため検証を行うことができなかった。使用可能な DMR、DMP を用いて同様の検証を行ったところ、表 6.9 のようになり、再生が継続できない場合が多数を占めた。そのため、この実験システムは今回使用した機器では同じデータリンク内で他の通信が行われている状況において他の通信に影響なく QoS の変更をして通信を行うことは難しく、単一のストリームのみの QoS 設定が可能なものであった。これらのことから、ネットワーク内で他のストリームを検出し、それが使用予定の経路を利用しているかどうかの判別を可能にすることで、実験システムにおいて提案手法の動作が問題なく行われると考えられる。

表 6.9: メディア再生時の QoS 変更による DMR、DMP の動作

DMR, DMP	QoS 設定変更後の動作
PlayStation3	ファイルサーバから切断され、再生が強制終了される
Windows Media Player 12	バッファ分がなくなると再生が停止し、エラーが発生
Intel AV Renderer	バッファ分がなくなると停止し、再度接続されると再生が継続
DiXiM Digital TV plus	バッファ分がなくなると停止し、再生が終了する

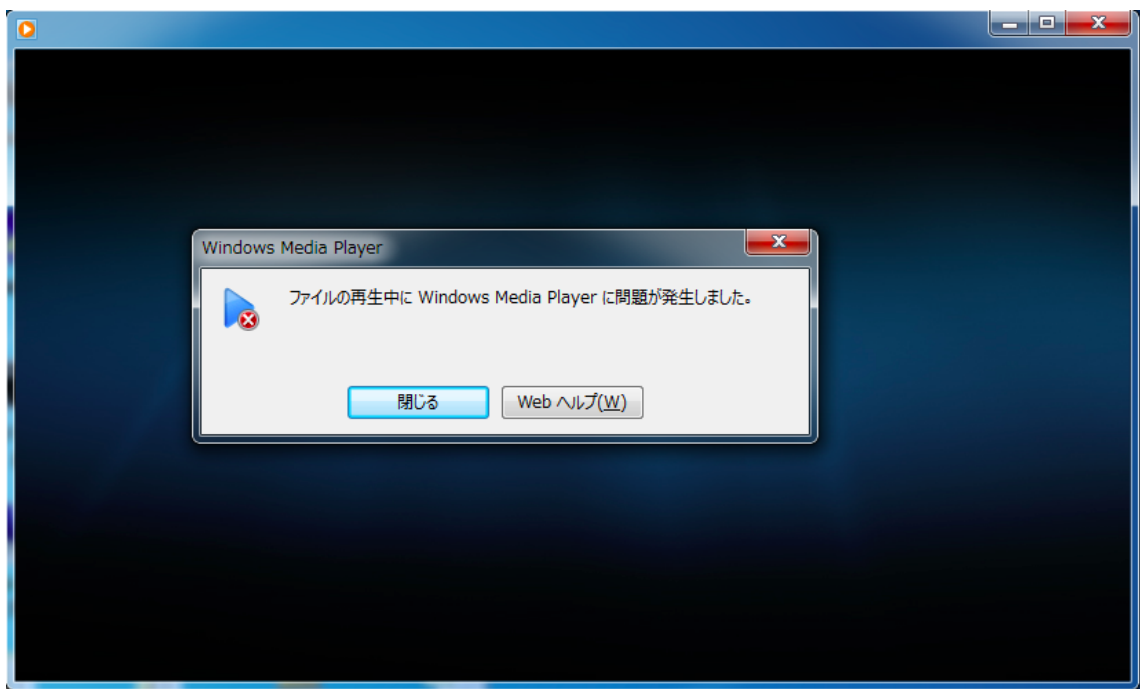


図 6.10: メディア再生時に QoS 変更を行った場合

第7章 まとめと今後の課題

7.1 まとめ

本研究では現在利用されているデータリンク技術の QoS 保証技術の調査、UPnP を利用した複数データリンク間で QoS 保証が可能な手法を提案し、実験システムにおいてその実用性の検証を行った。まず、大きな問題として、現在使用されている製品ではデータリンク規格で定められた QoS 保証を詳細に設定することは難しく、UPnP QoS のホームネットワークでの利用は現状では非常に難しい状態である。今回作成を行った QoS 設定プログラムにおいてもプライオリティの変更のみが可能と非常に限定的なものであるが、この設定のみでも対応可能な製品は非常に少ない状況である。UPnP を用いた QoS 設定は設定変更ネットワークを利用する場合においても短時間で設定を行うことが可能であり、メディア再生前に QoS の設定を行う場合においても待ち時間が短く、すぐに再生に移れるものであった。また、QoS 設定プログラムは性能が低い環境においても CPU に対する負荷が小さく、ネットワークに対する負荷も小さいため、組み込み用の環境においても他の処理に与える影響が小さく、実装の問題は少ないと考えられる。しかし、今回使用した機器では QoS の設定変更を行う際にそのデータリンク内での通信が設定変更が終了するまでそのデータリンク内の通信を停止する必要があるため、その設定変更時に他の機器でネットワークを通じたメディアの再生が行われている場合、その再生に問題を起こす場合が多く見られた。このことから、UPnP を利用した機器の制御処理は実用的なものであるが、その時々他のトラフィック状況に合わせた QoS の設定変更は現状ではまだ実現が難しい状態である。

7.2 今後の課題

本研究で扱った QoS 保証はプライオリティ制御を行う優先度制御型の QoS のみであったため、プライオリティの対応のみで QoS 設定が可能であったが、様々なパラメータ設定を行う特性値制御型の QoS ではデータリンク間のパラメータの対応、それに伴う QoS 設定処理が必要となり、その場合における動作の検証が挙げられる。また、本研究の実験システムでは有線 LAN の Ethernet と無線 LAN の IEEE802.11g/n の 2 種類のデータリンクのみを用いた環境であったため、その他のデータリンクを取り入れ、より多くのデータリンクを利用して通信を行う環境における提案手法の動作の検証が挙げられる。

第8章 謝辞

本研究を進めるにあたり、研究の方向性について指針を与えて下さり、また熱心なご指導ご助言を頂きました丹康雄教授に深く感謝致します。そして、多くのご意見ご助言を頂き、また私を支えて下さいました丹研究室の皆様に深く感謝致します。

付 録 A 作成した QoS 設定プログラムについて

作成した UPnP を利用した QoS 設定プログラムは実行に用いる Java のプログラムファイル (class ファイル)、UPnP のやり取りで必要になる仕様を記述した XML ファイルから構成される。

以下の XML は UPnP の制御の Description で使用される UPnP デバイス情報、そのデバイスで動作するサービスの仕様を示したものである。

リスト A.1: 無線 LAN QoS 設定 UPnP デバイスの description.xml

```
1 <?xml version="1.0" ?>
2 <root xmlns="urn:schemas-upnp-org:device-1-0">
3   <specVersion>
4     <major>1</major>
5     <minor>0</minor>
6   </specVersion>
7   <device>
8     <deviceType>urn:schemas-upnp-org:device:wifiqos:1</deviceType>
9     <friendlyName>QosSetting Device</friendlyName>
10    <manufacturer>kodama</manufacturer>
11    <manufacturerURL>http://www.jaist.ac.jp</manufacturerURL>
12    <modelDescription>UPnP QosSetting Device</modelDescription>
13    <modelName>QosSetting</modelName>
14    <modelName>QosSetting</modelName>
15    <modelNumber>1.0</modelNumber>
16    <modelURL>http://www.jaist.ac.jp</modelURL>
17    <serialNumber>1234567890</serialNumber>
18    <UDN>uuid:UPnPQosSettingDevice</UDN>
19    <UPC>123456789012</UPC>
20    <iconList>
21      <icon>
22        <mimetype>image/gif</mimetype>
23        <width>48</width>
24        <height>32</height>
25        <depth>8</depth>
26        <url>icon.gif</url>
27      </icon>
28    </iconList>
29    <serviceList>
30      <service>
31        <serviceType>urn:schemas-upnp-org:service:power:1</serviceType>
32        <serviceId>urn:schemas-upnp-org:serviceId:power:1</serviceId>
33        <SCPURL>/service/power/description.xml</SCPURL>
34        <controlURL>/service/power/control</controlURL>
35        <eventSubURL>/service/power/eventSub</eventSubURL>
36      </service>
37      <service>
38        <serviceType>urn:schemas-upnp-org:service:wifiqos:1</serviceType>
39        <serviceId>urn:schemas-upnp-org:serviceId:wifiqos:1</serviceId>
40        <SCPURL>/service/wifiqos/description.xml</SCPURL>
41        <controlURL>/service/wifiqos/control</controlURL>
```

```

41     <eventSubURL>/service/wifiqos/eventSub</eventSubURL>
42   </service>
43 </serviceList>
44 <presentationURL>http://www.jaist.ac.jp</presentationURL>
45 </device>
46 </root>

```

リスト A.2: 無線 LAN 設定サービスの description.xml

```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <scpd xmlns="urn:schemas-upnp-org:service-1-0" >
3   <specVersion>
4     <major>1</major>
5     <minor>0</minor>
6   </specVersion>
7   <actionList>
8     <action>
9       <name>SetQos</name>
10      <argumentList>
11        <argument>
12          <name>Qos</name>
13          <relatedStateVariable>Qos</relatedStateVariable>
14          <direction>in</direction>
15        </argument>
16        <argument>
17          <name>Result</name>
18          <relatedStateVariable>Result</relatedStateVariable>
19          <direction>out</direction>
20        </argument>
21      </argumentList>
22    </action>
23    <action>
24      <name>GetQos</name>
25      <argumentList>
26        <argument>
27          <name>Qos</name>
28          <relatedStateVariable>Qos</relatedStateVariable>
29          <direction>out</direction>
30        </argument>
31      </argumentList>
32    </action>
33  </actionList>
34  <serviceStateTable>
35    <stateVariable sendEvents="no">
36      <name>Qos</name>
37      <dataType>i4</dataType>
38    </stateVariable>
39    <stateVariable sendEvents="no">
40      <name>Result</name>
41      <dataType>boolean</dataType>
42    </stateVariable>
43  </serviceStateTable>
44 </scpd>

```

リスト A.3: 有線 LAN 設定 UPnP デバイスの description.xml

```

1 <?xml version="1.0" ?>
2 <root xmlns="urn:schemas-upnp-org:device-1-0">
3   <specVersion>
4     <major>1</major>
5     <minor>0</minor>
6   </specVersion>
7   <device>
8     <deviceType>urn:schemas-upnp-org:device:serialqos:1</deviceType>

```

```

9      <friendlyName>SerialQosSetting Device</friendlyName>
10     <manufacturer>kodama</manufacturer>
11     <manufacturerURL>http://www.jaist.ac.jp</manufacturerURL>
12     <modelDescription>UPnP SerialQosSetting Device</modelDescription>
13     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
14     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
15     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
16     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
17     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
18     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
19     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
20     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
21     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
22     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
23     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
24     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
25     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
26     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
27     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
28     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
29     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
30     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
31     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
32     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
33     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
34     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
35     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
36     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
37     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
38     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
39     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
40     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
41     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
42     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
43     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
44     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
45     <modelName>SerialQosSetting</modelName>
46     <modelName>SerialQosSetting</modelName>

```

リスト A.4: 有線 LAN 設定サービスの description.xml

```

1  <?xml version="1.0"?>
2  <scpd xmlns="urn:schemas-upnp-org:service-1-0" >
3    <specVersion>
4      <major>1</major>
5      <minor>0</minor>
6    </specVersion>
7    <actionList>
8      <action>
9        <name>SetQos</name>
10       <argumentList>
11         <argument>
12           <name>Qospri</name>
13           <relatedStateVariable>Qospri</relatedStateVariable>
14           <direction>in</direction>
15         </argument>
16         <argument>
17           <name>Qosport</name>
18           <relatedStateVariable>Qosport</relatedStateVariable>
19           <direction>in</direction>
20         </argument>
21         <argument>
22           <name>Result</name>
23           <relatedStateVariable>Qosset</relatedStateVariable>
24           <direction>out</direction>

```

```

25         </argument>
26     </argumentList>
27 </action>
28 <action>
29     <name>GetQos</name>
30     <argumentList>
31         <argument>
32             <name>Qosset</name>
33             <relatedStateVariable>Qosset</relatedStateVariable>
34             <direction>out</direction>
35         </argument>
36     </argumentList>
37 </action>
38 </actionList>
39 <serviceStateTable>
40     <stateVariable sendEvents="no">
41         <name>Qospri</name>
42         <dataType>i4</dataType>
43     </stateVariable>
44     <stateVariable sendEvents="no">
45         <name>Qosport</name>
46         <dataType>i4</dataType>
47     </stateVariable>
48     <stateVariable sendEvents="no">
49         <name>Qosset</name>
50         <dataType>string</dataType>
51     </stateVariable>
52 </serviceStateTable>
53 </scpd>

```

参考文献

- [1] 浜田憲一郎, UPnP 入門, ブイツーソリューション, 2011.
- [2] 小泉稔, 三宅滋, 平島陽子, ポリシーベースによる QoS 制御, オーム社開発局, 2001.
- [3] 丹康雄 監修, 宅内情報通信・放送高度化フォーラム 編, ユビキタス技術 ホームネットワークと情報家電, オーム社, 2004.
- [4] 阪田史郎 監修, 金森重友, 齋藤允, 佐野勝大 著, SIP/UPnP 情報家電プロトコル, 秀和システム, 2005.
- [5] 大谷昌弘, 浦野直樹, 上田徹, QoS を実現する無線 LAN 規格 IEEE802.11e, 映像情報メディア学会誌 Vol. 57, No. 11, 2003.
- [6] 齋藤一賢, 井上保彦, 飯塚正孝, 守倉正博, 優先制御を用いたワイヤレスアクセス通信品質制御方法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告. RCS, 無線通信システム, 61-68, 2000-04-21.
- [7] 荒井大輔, 吉原貴仁, 井戸上彰, 堀内浩規, 宅内電力線通信および同軸線通信のためのモデム自動設定手順の提案, 電子情報通信学会, 信学技報 2007-7.
- [8] UPnP Forum, <http://www.upnp.org/> .
- [9] Digital Living Network Association, <http://www2.dlna.org/>
- [10] HomePNA Alliance, <http://www.homepna.org/>
- [11] Multimedia over Coax Alliance <http://www.mocalliance.org/>
- [12] Intel Software for UPnP Technology, <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-software-for-upnp-technology-download-tools/>
- [13] CyberLink for Java, <http://www.cybergarage.org/twiki/bin/view/Main/CyberLinkForJava>