

次世代IPサービス対応レジデンシャルゲートウェイの開発

5 C - 1

上松 啓 鈴木 丈司 百名 盛久 山崎 俊太郎

NEC C&Cメディア研究所

1. はじめに

近年アクセス網の高機能化が進んでおり、音声・動画像データの配信やデジタル放送など様々なサービスを提供できる環境が整いつつある。また宅内では情報家電機器の普及が進み、PCやデジタルAV機器などを複合的に活用して上記サービスを利用したいという要求が今後増大すると予想される。このような背景からアクセス網の多様なサービスを宅内に配信、収容することのできるレジデンシャルゲートウェイと、宅内網の実用化が求められている。

宅内網に要求される機能としては広帯域・マルチメディアサポート・機器接続の容易性などが挙げられるが、これらの要求を満たすネットワーク技術としてIEEE1394が有望視されている。本稿ではアクセス網で提供されるIPサービスをIEEE1394宅内網へ配信するシステムを想定し、IEEE1394上でIPパケットを扱うためのIPover1394技術について報告する。また今後アクセス網からは音声や動画像を扱うサービスがIPベースで提供されると予想されるが、これらのサービスは帯域や遅延などのQoS保証を必要とすることから、宅内のトラフィックが多い場合にもIEEE1394でIPパケットのQoSを保証するための仕組みを提案した。さらにCATVアクセス網とIEEE1394宅内網とを接続するレジデンシャルゲートウェイを開発し、上記のQoS保証機能を実装することで高い通信品質を求められるサービスをアクセス網から宅内に配信できるシステムを構築したので報告する。

2. 宅内網技術としてのIEEE1394の優位性

今後アクセス網からはIPをベースとした音声・動画像データの配信やMPEGデジタル放送などのサービスが宅内の端末に提供されると考えられる。また宅内ではこれらのサービスを受ける端末以外にもPCやデジタルAV機器との間でIPやMPEG, DV (Digital Video) ストリームなど様々なタイプのデータが交換されると考えられる。よってこれらの機器を収容するための宅内網には

- ・動画像のような大容量のデータを扱えるよう十分高速であること
- ・ベストエフォート型トラフィックとリアルタイム型トラフィックの双方を扱えること
- ・IPやMPEG, DVストリームなど様々な上位プロトコルに対応可能なこと

などが要求される。また一般家庭での用途を考えた場合には機器接続が簡単に行えることや低コストで実現可能なことも重要な要素となる。

宅内網の技術としてはこれまでも様々な方式が提案されているが、上記の要求を十分に満たす技術は存在しない。例えば現在LAN用に最も普及しているEthernetは高速ではあるがベストエフォート型のパケット転送しかできず、MPEGデジタル放送サービスとの親和性も悪い。またATMは高速で様々なサービスを

Residential Gateway for Next-Generation IP Multimedia Services

Akira UEMATSU, Johji SUZUKI, Morihisa MOMONA, Shuntaro YAMAZAKI

C&C Media Research Labs., NEC Corporation

e-mail:uematsu@ccm.cl.nec.co.jp

扱える点では優れているが、設定の煩雑さやコストの点で宅内網への適用は困難である。近年では無線や電力線を用いた新しい宅内網技術の開発が活発であるが、いずれも回線容量は数Mbps~10Mbps程度であり、マルチメディアをサポートするには十分とは言い難い。

これらの技術に対し、IEEE1394[1]はPCの周辺機器接続用のバスとして開発されたものであるが、

- ・最大400Mbpsの転送速度をサポート
- ・Asynchronousモード(ベストエフォート型)とIsochronousモード(コネクション型)の2通りの方法でパケットの転送が可能
- ・Plug & PlayおよびHot Plug-inをサポート
- ・IPやMPEG, DVストリームなど現時点で様々な上位プロトコルをサポート

など宅内網技術としても優れた特徴を持っている。またPCやデジタルAV機器には既にIEEE1394のI/Fが標準で搭載されており、今後IEEE1394機器が宅内に普及するとともに低価格化も進むと期待される。

3. IEEE1394でのIPパケットの収容とQoS保証方式の開発

これまでIEEE1394はその広帯域性を活かしてMPEGやDVストリームを扱うメディアとして使われることが多かったが、これをネットワークとしての用途に適用し、またアクセス網に接続してIPベースの様々なサービスを宅内機器に配信するためにはIEEE1394上でのIPのサポートが必須となる。IEEE1394上でIPパケットを転送するための方式については現在IETF (Internet Engineering Task Force)で仕様の検討が進められており[2], IPパケットを扱うIEEE1394機器には図1に示すIPover1394モジュールの実装が要求される。図に示されるようにIPover1394モジュールはIEEE1394の機能を利用してIPパケットの送受信を行うが、IEEE1394ではパケットの送信に関して以下の2つのモードを提供する。

- ・Asynchronousモード(以下Asynchモード)

パケット送信に先立って端末間でバスの調停を行い送信権を獲得した端末から順にパケットを送信するベストエフォート型の送信モード。

- ・Isochronousモード(以下Isochモード)

コネクション型の通信を提供するモードで、セッションの開始時にチャンネルと帯域の確保が必要となるがリソースを確保した後は125 μ sec毎にパケットの送信が可能となる。

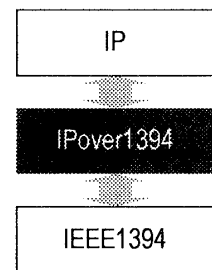


図 1: IP 対応 IEEE1394 機器のプロトコルスタック

IETFの仕様ではIPパケットをAsynchronousモードで送信することが定められている。よって宅内のトラフィックが増大した場合には、音声や動画像などQoS保証を必要とするサービスをアクセス網から受けたとしても宅内でのQoSが保証できず、十分なサービスが得られないという問題が生じる。またAsynchモードでバスの調停に要する時間はバス内の最大往復遅延にほぼ比例するため、バスの規模が大きくなると帯域利用効率が低下することも問題となる。よって我々はIEEE1394網でQoS保証を必要とするIPサービスを収容し、より多くのサービスを宅内に配信するためにIsochモードでのパケット転送を提案する。またIsochモードでのパケット転送では送受信端末間でリソースを共有することから、その確保や解放を通知するためのシグナリングが必要となり、その方式についても開発したので説明する。

3.1. Isochronousモードを用いたIPパケットのQoS保証

IPパケットのQoSを保証しバス内により多くのフローを収容するための方式として、我々はIsochモードでIPパケットを送信することを提案する。また、Isochモードを使用することの効果を確認するために以下のシミュレーションを行った。

図2は30Mbpsの帯域を必要とするフローをIsochモードとAsynchモードで送信し、同時に多数のノードからネットワーク負荷としてランダムにAsynchパケットを送信した場合にそれぞれのフローの遅延が負荷によって受ける影響を示している。Asynchモードで送信する場合にはQoS保証を必要とするフローであっても送信するパケット毎に負荷トラフィックを発生する他のノードとの間でバスの調停を必要とするため、10Mbps程度の負荷でも遅延が保証できなくなる。一方でIsochモードで送信する場合には125 μ sec毎に必ず送信権が割り当てられるため負荷が高くなっても遅延が保証されていることがわかる。

また図3はバスの規模が大きくなりバス内の最大往復遅延が大きくなった場合のAsynchおよびIsochモードの最大スループットの変化を示したものである。ただしAsynchモードのスループットはバスの速度100Mbpsで、IsochモードのスループットはIsochモードとして使用可能な80Mbpsの帯域で規格化している。Asynchモードの送信では送信権の獲得を行う必要があるが、この手順に要する時間がバスの規模とともに大きくなるため、バス内の往復遅延の増加に伴って最大スループットが大幅に低下している。一方Isochモードでは送信権の獲得動作が不要となるためバスの規模が大きくなってもスループットの低下は僅かである。宅内全体をカバーするような網では最大往復遅延は約8 μ sec程度となると見積られるが、この場合はIsochモードではAsynchモードの約2倍のスループットが得られている。

以上のシミュレーション結果から、IsochモードでのIPパケット転送はQoSの保証と帯域の効率的な利用に極めて有効であることがわかる。

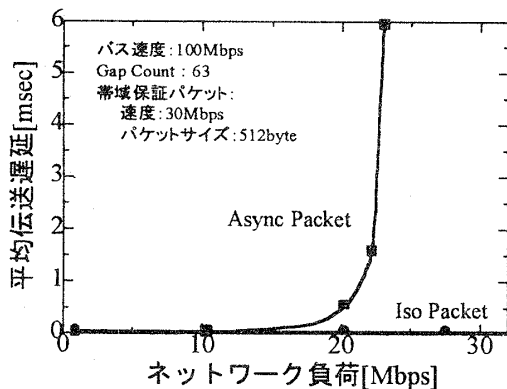


図2: 負荷-遅延特性の比較

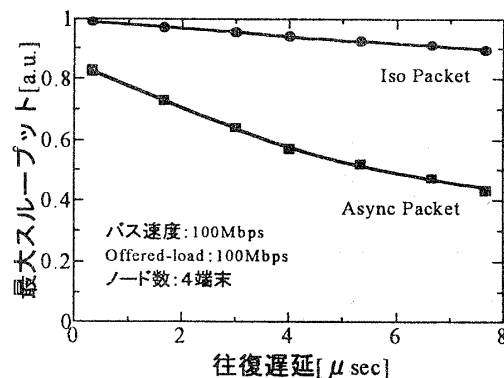


図3: 往復遅延-スループット特性の比較

3.2. IEEE1394網におけるQoSシグナリング

宅内網におけるQoSシグナリング方式は、複数の端末がサービスを受けることを考慮して様々な通信形態に対応する必要がある。またサービスを受ける端末の数は動的に変化するため、その変化に応じて使用する帯域を制御する必要がある。さらに宅内網のようにリソースの管理端末が必ずしも一定でないad hocなネットワークでは共有リソースを分散的に管理することが望ましい。今回我々はこれらの要求を満たすために、IETFで検討されているIPover1394の機能のうちMCAP (Multicast Channel Allocation Protocol) と呼ばれる

IPマルチキャストを行う際の共有リソースの管理手法をベースとしてシグナリングを開発した。

マルチキャストサービスで必要なリソースはグループに対応したチャンネルのみであるため、MCAPでは

- ・セッションに参加しようとする端末がバス内で既に同じセッションが行われていないかを調べる手順
- ・新しくセッションを開始する端末がリソース(チャンネル)を確保し管理するための手順
- ・端末が自身の管理するセッションの情報をバス内に通知する手順
- ・既に開始されているセッションに新たに端末が加入する際の手順
- ・管理端末がセッションから脱退する際に、管理権を他の端末に委譲するための手順
- ・セッションの管理端末に障害が発生した際に、他の端末が新たに管理端末になるための手順

を規定している。マルチキャストサービスと比較した場合、Isochモードを使用したIPパケットの送信ではチャンネルだけでなく帯域も確保する必要があり、またセッションへの加入状況に応じて使用する帯域は動的に変化する。よって今回開発したシグナリングには、上記の手順に加えて管理端末が定期的にバス内をプローブしてセッションで必要とする帯域を調査し、使用する帯域を調整するための手順を採り入れた。

なお、本シグナリング方式はデータリンクレイヤにおけるチャンネルおよび帯域を管理・通知するための手順であり、実際には上位レイヤからの要求に応じて動作する。

4. レジデンシャルゲートウェイの開発

本稿ではこれまで宅内網へのIEEE1394の適用とIEEE1394でIPパケットのQoSを保証する方式について提案してきたが、以下ではこれらを実装したレジデンシャルゲートウェイ(以下RG)について述べる。図4に開発したRGの外観を示す。アクセス網にはCATV網を採用し、業界標準であるDOCSIS1.0[3]に準拠した。また宅内端末としてWindows98用のIPover1394モジュールを開発し、IEEE1394網でIPパケットを扱えるようにした。これらの機器を用いたアクセス網、RG、宅内端末の接続形態は図5のようになる。

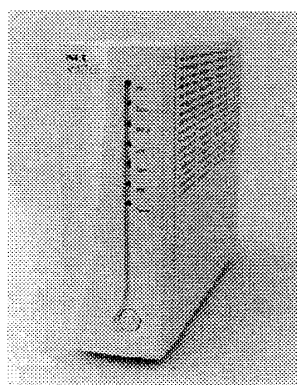


図4:レジデンシャルゲートウェイ外観

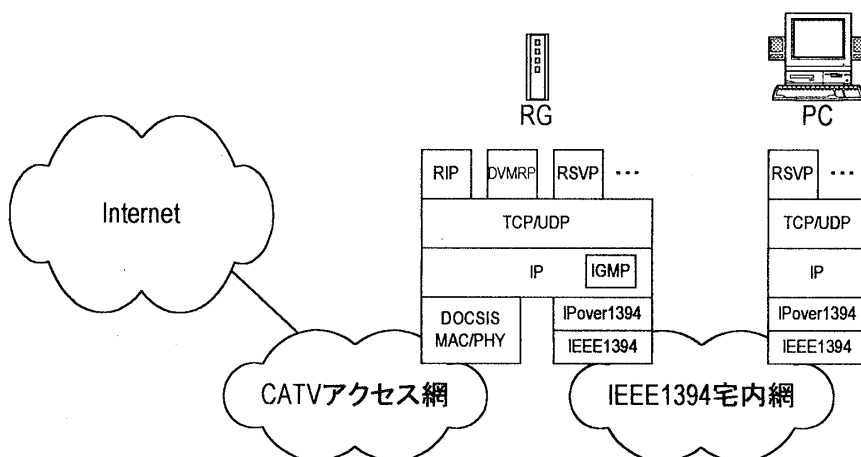


図5:開発したシステムの接続形態

開発したシステムでは、次世代IPサービスに対応するために必要となるQoS保証およびマルチキャストの機能を以下のような方法で実現している。

QoS保証

本稿で提案したQoS保証の方式をIPover1394モジュールに実装し、宅内網ではQoS保証とシグナリングが可能となっている。またアクセス網側ではDOCSISのVersion1.1[4]でQoS保証およびシグナリングの仕組みが提供されている。これらの宅内網・アクセス網におけるデータリンクレイヤでのQoSシグナリングは、上位レイヤのシグナリングと連動して動作させることで宅内端末-アクセス網側のサーバ間でEnd-to-EndのQoS保証が可能となる。本システムは上位プロトコルにRSVP(Resource Reservation Protocol)を搭載し、QoS保証を必要とするフローに対してリソースを動的に確保できる構成とした。

マルチキャストサービス対応

IPover1394・DOCSISともにIPマルチキャストに対応しており、マルチキャストIPアドレスとデータリンクレイヤでのグループ識別子のマッピングやシグナリングの方法が提供されている。これらの機能を使ってアクセス網からのマルチキャストサービスを宅内に配信するためにはRGが宅内のグループを管理して加入状況をアクセス網側に通知する機能が必要となることから、IGMP(Internet Group Management Protocol)を実装することとした。またRGにはマルチキャストIPパケットをルーティングする機能も必要であり、DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)によりこれを実現している。

5. まとめ

IEEE1394を宅内網に適用する上で、またアクセス網との相互接続を行う上で必要となるIPover1394技術およびレジデンシャルゲートウェイを開発した。さらにIEEE1394網におけるIPパケットのQoS保証方式およびQoSシグナリング方式を開発して本システムに実装した。これらの方式により本システムでは宅内に様々なトラフィックが発生した場合にもアクセス網との間でEnd-to-EndのQoS保証が可能となり、アクセス網から提供されるVoice/Video over IPなどQoS保証を必要とするサービスもサポートすることができる。また本システムにはマルチキャストの機能も採り入れることで次世代のIPサービスへの対応を可能とした。これらの技術はネットワーク技術としてのIEEE1394の可能性拡大に大きく貢献するものと期待される。

謝辞

本研究は通信・放送機構(TAO)からの委託を受けて実施した "宅内ネットワークシステム技術の研究開発" の成果である。

参考文献

- [1] IEEE Standards Department, "P1394 Standard for a High Performance Serial Bus (Draft 8.0v2)", 1995
- [2] P. Johansson, Internet Draft "draft-ietf-ip1394-ipv4-15 (IPv4 over IEEE1394)", 1999
- [3] MCNS, "Data-Over-Cable Service Interface Specification, Radio Frequency Interface Specification (SP-RFI-I04-980724)", 1998
- [4] MCNS, "Data-Over-Cable Service Interface Specification, Radio Frequency Interface Specification (SP-RFIv1.1-I04-990311)", 1999