

IP over 1394の実装

An Implementation of IP over 1394

3H-10

高島由彰、橋本幹生、斉藤健、岡本利夫

Yoshiaki Takabatake, Mikio Hashimoto, Takeshi Saito, Toshio Okamoto

(株) 東芝 研究開発センター

1 はじめに

近年、情報のデジタル化の動きが、デジタル放送やデジタル AV 等の形となって家庭に進出しつつある。このような家庭へのデジタル技術の進出の次には、それらデジタル機器の相互接続の要求が出てくるものと予想される。現在、このデジタル機器間の接続ケーブルの仕様として最有力視されているのが IEEE1394 である [1]。

我々は、このような家庭網について、特に、多様な家庭網/アクセス網技術の混在を前提とし、これら複数ネットワーク間を相互接続する技術の研究を進め、そのアーキテクチャを提案してきた [2][3]。本論文では、提案アーキテクチャを実現するための基礎技術である「IP over 1394」の実装を行なったので、その報告をする。

2 家庭網アーキテクチャ

提案する家庭網アーキテクチャの概念図を図 1 に示す。我々は家庭の入口のネットワーク接続機能として、「ホームゲートウェイ」を配置する構成を提案している [3]。そして、家庭内のインフラとして、AV 機器間を接続する IEEE1394 と、電源ライン等を利用して白物家電機器間を接続するホームオートメーション網が共存する場合を想定し、このような環境で、家庭外からの家電機器制御や各家電機器間の公衆網を介した接続等を実現する技術を検討している。

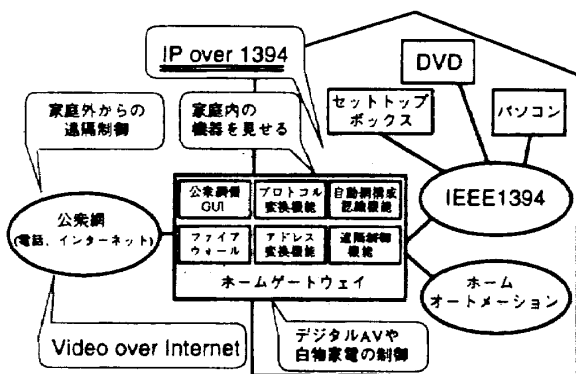


図 1: ホームネットワークの概念図

ホームゲートウェイは、家庭内の機器（機能）を認識/紹介する「自動網構成認識機能」や、家庭内の機器を制御する「遠隔制御機能」等を持ち、家庭内の機器へのコントローラ機能を提供する。また、家庭の内と外を接続するための「プロトコル/アドレス変換機能」や、家庭外からの不法な侵入を阻止する「ファイアウォール機能」等も有する構成になっている。このような機能を用い、例えば家庭内の映像情報をインターネット経由で家庭外で視聴する Video over Internet や、家庭外から家庭内の機器を制御する遠隔制御等が実現可能となる。この

アーキテクチャにおいて、IP over 1394 は家電機器をインターネット接続させる際の基本的機能と位置付けられる。

3 IP over 1394 の仕様概要

我々は、家庭網からのインターネットアクセス技術に注目し、このための基礎技術である IP over 1394 の仕様検討に参加し、実装を進めてきた [4]。IP over 1394 は、パソコンのような高い通信能力を持つ機器が、IEEE1394 を介してインターネットに接続する際のキー技術であり、その仕様は昨年 4 月に IETF 内に創設された「IP over 1394 ワーキンググループ」において検討されている [5]。作成された IP over 1394 の仕様の概要を以下に示す。

- IP Unicast は Asynchronous モードで転送。
- IP Broadcast と ARP は Asynchronous Stream と呼ぶ新モードで転送。
- Asynchronous Stream を管理する NPM (Network Protocol Manager) を定義。
- IEEE1394 レイヤでのフラグメンテーションを定義。
- ノード識別子に 1394 物理 ID と EUI64 が使用可能。

これらの中で、IETF で新たに追加された Asynchronous Stream 転送方式と NPM の仕様を以下に説明する。

Asynchronous Stream IP Unicast パケットは基本的に Asynchronous モードで転送されるので、素直に考えれば IP Broadcast も Asynchronous Broadcast にマッピングすれば簡単に実現できる。しかし、この場合は Broadcast された IP パケットを、IEEE1394 バス上の全ノードが受信することになる。よって、この方式では家電機器のようなプロセッサの処理能力が小さい装置において、処理時間の大部分を自ノードに関係の無い Broadcast パケットの受信処理に割かれてしまう可能性が指摘され、採用されなかった。

この結果、IETF 仕様では 1394 の拡張仕様を検討している 1394.a [6] で規定される、Asynchronous Stream (非同期ストリーム) と呼ばれる新たな転送モードを用いる事になった。Asynchronous Stream は、その転送パケットには Isochronous パケットを用いるが、そのパケットを Asynchronous パケットのタイミングに送出する方式であり、いわば Isochronous モードと Asynchronous モードの中間的転送モードである。この Asynchronous Stream は、IP (レイヤ 3) 通信を行なうノードのみが使用するモードであるため、Asynchronous Stream 上のパケットを通常の家電機器が受信する必要はなく、家電機器の処理能力の不当な消費を回避できる。ただし、Asynchronous Stream は Isochronous チャネル番号で識別されるため、このチャネル番号を記憶するレジスタ (NETWORK_CHANNELS register) が新たに定義された。

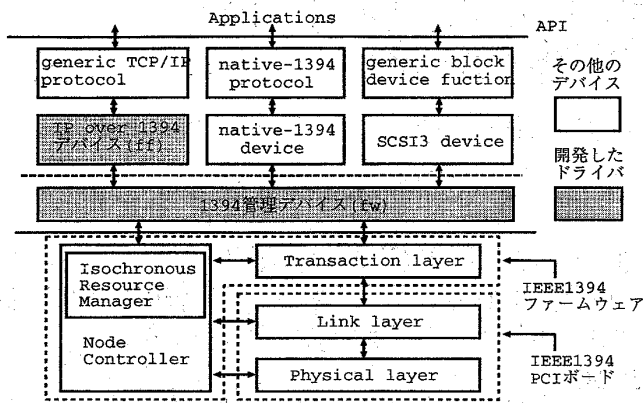


図 2: ドライバのアーキテクチャ概念図

ファイル名	機能	行数
fw	1394 管理デバイス	約 500 行
ff	IP over 1394 ドライバ	約 3300 行

表 1: コード量

Network Protocol Manager Asynchronous Stream を利用するためには、IEEE1394 バス上の Isochronous リソースマネージャから、あらかじめ Asynchronous Stream 用のチャンネル番号を獲得する必要がある。この機能を提供するのが NPM である。また、NPM は獲得したチャンネル番号を、IEEE1394 バス上の他の IP プロトコルが実装されたノード (IP ノード) に通知する機能も提供する。

家庭網においては、その接続される機器がユーザーによって自由に抜き差しされたり、ユーザーには NPM の設定を期待できない等の問題がある。このため IETF 仕様では、IP ノードには必ず NPM 機能も実装する事とし、IEEE1394 バスのリセット処理の後に NPM の選択プロトコルを実行する事になっている。具体的には、バス上の IP ノードの中で、物理 ID の最も大きいノードが NPM となる。これにより、IEEE1394 バス上に複数の IP ノードが存在する場合でも、必ず NPM が一つだけ存在するようにできる。

4 実装

今回の実装では、BSD/OS 上に「IP over 1394」用のデバイスドライバを作成することで、その機能を実現している。本実装の開発環境を以下に示す。

- ハードウェアプラットフォーム: PC-AT 互換機
- ハードウェア: IEEE1394 対応 PCI ボード
- OS: BSDI バージョン 2.1
- 仕様: IPv4 over IEEE1394 ドラフトバージョン 8 準拠

IEEE1394 用のファームウェアは、その物理レイヤチップやリンクレイヤチップ固有の部分が多く含まれるため、開発したドライバでは、ハードウェア非依存部分とハードウェア依存部分があるべく独立となるような構成とした。また、IEEE1394 ドライバでは単一のデバイスを複数の機能 (ネットワーク / SCSI デバイス / ビデオなど) が利用する事が想定されるため、1394 デバイスそのものをサポートする部分と、1394 デバイスを利用してネットワーク機能や SCSI 機能やビデオ機能をサポートする部分の 2 階層にデバイスドライバを分離した。今回開発したドライバの構成図を図 2 に、開発したドライバのコード量を表 1 に示す。

4.1 IP over 1394 の実装の評価

IP over 1394 を実装した端末を複数台接続したところ、端末の接続とともにインターネットアクセスも可能であることを確認した。ただし、今回はハードウェアの制約により Asynchronous Stream に対応できなかったため、IP Broadcast や ARP パケットは Asynchronous Broadcast によって転送している。

また、いくつかの IETF 仕様の IP over 1394 の実装を持ちよっての相互接続試験も行なわれ、ここで Asynchronous Stream を用いた接続や NPM 機能などにも問題がないことが確認されている。この相互接続試験において大容量ファイルの FTP 転送を用いた簡易的な方法で転送速度の測定をしたところ、我々の実装のデータ転送速度は 10Mbps 程度であることがわかった。これは、10Base-T の転送速度よりは若干早いものの、IEEE1394 の転送能力は使い切れていない事を示している。このデータ転送速度の問題は、今回の実装がボード上の DMA 機能を使っていなかった事によるものである。今後、IP over 1394 の高速化が必要になった場合には、この DMA 転送機能を使うことで対応可能である。

5 まとめと今後の課題

我々は、多様な家庭内 / 外のネットワーク技術が混在することを前提として、これら複数ネットワークを相互接続できる家庭網アーキテクチャの検討を行っている。その中で、IP パケットを IEEE1394 バス上で転送する IP over 1394 の実装を進め、IETF で決められた仕様に対応するデバイスドライバを開発した。

これは、提案している家庭網アーキテクチャのプラットフォームとなり、家庭網 / ホームゲートウェイ実現への第 1 歩と位置付けられる。今後の課題として、IP over 1394 の高速化や、提案しているホームゲートウェイ機能を用いた白物家電制御ネットワーク (電灯線 LAN 等) との接続や、プラットフォーム独立 / ネットワークローダブルといった特徴を持つ Java システムを利用した構成についても検討を進める予定である。

参考文献

- [1] IEEE1394-1995: Standard for a High Performance Serial Bus
- [2] 橋本, 他 “レジデンシャル環境におけるネットワーク相互接続方式” 秋季情報学全大 (1997) 3V-02
- [3] 斉藤, 他 “デジタル家電の接続を考慮したホームゲートウェイアーキテクチャ” 秋季信学全大 (1998)
- [4] 高島, 他 “IEEE1394 を用いた家庭網プラットフォームの試作” 信学技報 IN98-43
- [5] P. Johansson, draft-ietf-ip1394-ipv4-09.txt
- [6] IEEE Project P1394a, Draft Standard for a High Performance Serial Bus (Supplement)