

IEEE1394によるホームネットワークの トラフィック特性の解析

岩崎弾¹ 田村陽介² 戸辺義人² 徳田英幸^{1,2}

¹慶應義塾大学 環境情報学部 ²慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

1 はじめに

近年、家庭内のテレビ、ビデオ、冷蔵庫といった家電製品や、家庭用ゲーム機、コンピュータ等の家庭にある電気製品同士をネットワークで結ぶ、ホームネットワークが提案されている。ホームネットワークでは、音声や映像をデジタル化したメディアデータ、各機器の操作・制御するためのデータといった、様々な情報を機器間で交換している。このように、ホームネットワークでは必要な時に取得できていけばよい蓄積型のメディアデータ、データ発生と同時に配送が必要なライブ型のメディアデータ、リアルタイム性が重要な制御情報、といった種類の異なるフローが混在する。

IEEE1394バス[1]は、こうした様々な種類のデータに対応するためにアイソクロナス転送と非同期転送の機能を有する。本稿では、今後IEEE1394バスをセンサ用ネットワークとして考える検討の一環として、単一のIEEE1394バス上で、各種データを混在させたときのトラフィック特性の実験結果を報告する。

2 IEEE1394バスの特徴

IEEE1394バスは、データの転送が保証される非同期転送と時間管理されたデータ転送のできるアイソクロナス転送がある。これらの2つのモードをデータフローの性質ごとに使い分けることで、データの要求品質に応じた伝送を行うことができる。

アイソクロナス転送とは、125 μ s毎に1回、予め調整されたサイズのデータを必ず送ることのできる、時間管理された転送方法である。一方の非同期転送は、送付時間の保証はないものの、受信側ホストから送信側ホストへデータリンク層においてAck(確認応答)パケットを送ることと、トランザクション層においてConfirmationを送ることにより、相手との通信内容を保証する転送方法である。

IEEE1394バスでのデータ転送は、アイソクロナス転送を行うために時間を管理する必要がある。IEEE1394バスでは、125 μ sを基本単位とした“サイクル”が用いられる。サイクルの構成を図1に示す。IEEE1394バ

ス上には、サイクルマスタと呼ばれる共通の時間を全ノードに提供するノードが存在する。サイクルマスタは、サイクルスタートと呼ばれるサイクルを開始するパケットを全ノードにブロードキャストで送信する。サイクル内は、まず最初にアイソクロナス転送で送信するパケットを送る。アイソクロナス転送が終了すると、続いて非同期転送が行なわれる。

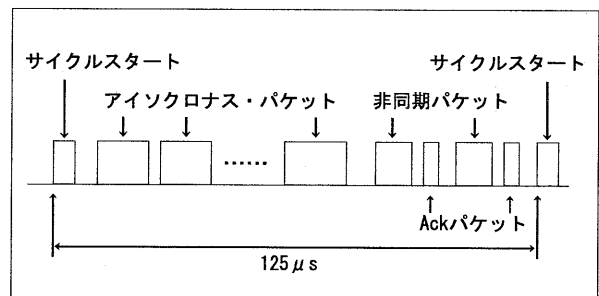


図1: アイソクロナス転送と非同期転送

3 評価システム

IEEE1394バスでは、前述の通り非同期転送の転送量が増えてもアイソクロナス転送は平行して行われるという特徴がある。今回、ホームネットワークを想定して以下の構成のネットワークを構築し、トラフィック量がアイソクロナス転送および非同期転送に与える影響を調べた。

3.1 構成

今回構築したネットワークの構成を図2に示す。図2における各機器の役割は以下の通りである。

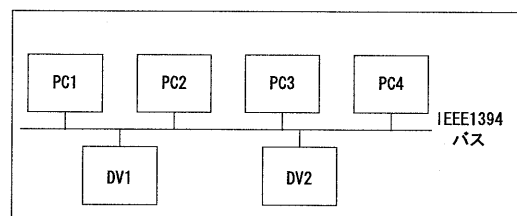


図2: 評価構成

PC1	IEEE1394 バス上に非同期ブロードキャストパケットを送信。IEEE1394 バス上のトラフィック量を制御する。
PC2	IEEE1394 バス上に、機器制御パケットに相当する小さいサイズ (48 byte) の非同期パケットを PC3 に対して送信。PC3 から制御応答を受信する。
PC3	IEEE1394 バス上で PC2 からパケットを受信。受信後、PC2 に対して制御応答を送信する。
PC4	IEEE1394 バス上のデータパケットをモニターする。
DV1	IEEE1394 バス上に DV(Digital Video) のアイソクロナスパケットを送信する。
DV2	IEEE1394 バス上で DV のアイソクロナスパケットを受信する。

3.2 計測に用いるデータ

PC2 と PC3 の間では以下の過程を繰り返す。

1. PC2 は、48 byte の制御データを非同期パケット P_1 として送信する。
2. PC3 は、当該パケットを受信すると PC2 に応答の非同期パケット P_2 を送信する。
3. PC2 は、 P_1 送信から P_2 受信までの時間を測定する。PC2 及び PC3 共に UNIX Socket 上で送受信を行う。また、PC3 では IEEE1394 バスのリンク層レベルでブロードキャストパケットを受け取らないように設定した。

PC1 は、非同期のブロードキャストパケットを送信する。送信間隔を変化させることで、トラフィック量 T を制御する。PC1-PC4 で用いる IEEE1394 カード自体は、最低 200 Mbps まで対応できるが、DV 機器を接続することで全体帯域は 100 Mbps に制限される。

DV1-DV2 間は、1 サイクル毎に 488Byte のデータを常時アイソクロナス転送で転送している。

3.3 遅延時間の測定法

PC1-PC3 では、FreeBSD 4.0 に Texas Instruments 社 TSB12LV21 用のデバイスドライバ [2] を組み込んだカーネルを用いた。 P_2 と P_3 の往復にかかる遅延時間は、FreeBSD 4.0 の組み込み関数である `gettimeofday()` の結果を使用して測定した。測定は 50 回行い、PC1, DV1 のトラフィックは PC4 で測定し、PC2, PC3 のスループットは上記往復時間から計算した。

4 測定結果及び考察

DV1-DV2 間、および PC2-PC3 間のトラフィックの測定結果を図 3 に示す。横軸に、PC1 が発生するトラフィックのスループット T をとり、縦軸に、DV1-DV2 間のアイソクロナス転送のスループット T_i 、及び、PC2-PC3 のトラフィックのスループット T_a を示す。

非同期転送のトラフィック量を増加させてもアイソクロナス転送である T_i のスループットは一定で、安定したデータの転送が行われている。一方、非同期転送のスループット T_a は、 T の値が上昇するとスループットは

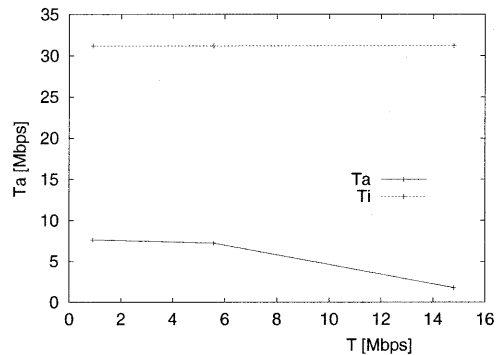


図 3: T_a および T_i の測定結果

低下している。これらのことから、IEEE1394 バスではトラフィック量が増加しても予め確保されている帯域の分のアイソクロナス転送は行うことができる。したがって、重要な情報をアイソクロナス転送を用いることで、定周期で確実に転送できる。また、非同期転送データのスケジューリングが必要である。

5 まとめと今後の予定

本稿では、IEEE1394 バス上で実際にアイソクロナス転送と、非同期転送のデータを同時に発生させ、非同期転送の遅延時間を検証した。

IEEE1394 バスでは、アイソクロナス通信と非同期通信を使いデータの通信を行うことができる。ホームネットワークの場合、使用する機器の種類に応じてデータの使われ方に特徴が見られる。今回の実験で、同じ非同期通信の中で、複数の機器が同時に通信を行おうとして IEEE1394 バスのトラフィックが増加した場合、非同期転送を利用して行う通信にスループットが大きく低下することが確認できた。

現在、アイソクロナス転送は A/V データへの用途が考えられているが、通信帯域が保証される特徴を活かして重要なセンサデータを定周期で転送させることも考えたい。また、非同期転送を行う制御データに優先度をつけて、優先度に応じて送信を行うためのスケジューラを設計する予定である。

参考文献

- [1] 1394-1995 IEEE Standard for a High Performance Serial Bus, IEEE Std.(1995).
- [2] Kobayashi, K. : Design and Implementation of Firewire Device Driver on FreeBSD, Proc. USENIX Conf.(1999).
- [3] AV/C Digital Interface Command Set General Specification Version 3.0, 1394 Trade Association (1998).
- [4] The HAVi Specification Version 1.0. (2000)