

# イーサネットによる同期回線中継方式の検討

5U-3

前島 治      石倉 雅巳      浅見 徹

株式会社 KDD 研究所

## 1. はじめに

IP over WDM などに代表されるように基幹網を IP ベースで行うシステムが検討されている。ここで、従来 ATM 網を通じた提供が検討されてきた固定速度サービス（例えば ISDN-PRI などの回線エミュレーション）を IP 網で置き換える場合、当該サービスに要求される品質レベルを満足させるために必要な IP 網の品質を明らかにしておくことが重要である。

以上の状況から、同期型物理レイヤを IP 網で中継する方式について検討を進めている。ここでは、まずその一例として ISDN-PRI などの一次群速度ビットストリームを Ethernet でフレーム化して中継する際のフレームサイズと中継網の負荷、ジッタおよび遅延時間との関係について実験評価した結果を報告する。

## 2. システム構成

検討モデルのシステム構成を図 1 に示す。同期回線のビットストリームを Serial-Ethernet 変換器にて Ethernet フレームにカプセル化する。当該フレームを中継網を通して対向する変換器へ転送し、カプセル解除の後、当該ビットストリームを同期回線上へ送出する。

このようなシステムの設計に際しては、以下のよう  
な検討項目が挙げられる。

- ・ フレーム到着間隔揺らぎの吸収（送受信バッファサイズ）および再生するまでの蓄積時間
- ・ シリアルデータのフレーム化手法
- ・ Ethernet 通信モード（全二重／半二重）
- ・ 中継ネットワークの環境、通信品質に適応したパラメータ（バッファサイズ、フレームサイズ）の制御
- ・ フレームロス発生時の影響、対処
- ・ クロック同期

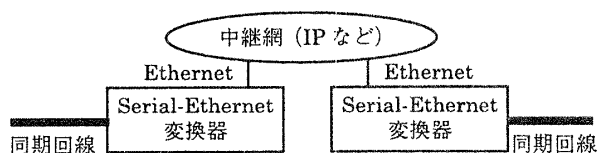


図 1. システム構成図

## 3. 実験

2 節に挙げた検討項目のうち、フレーム到着間隔揺らぎの吸収および再生するまでの蓄積時間に着目して実験を行った。

### 3.1. 実験構成

図 2 に実験構成を示す。ここでは、トラフィック生成／解析機能をもつ測定器（IXIA Communications 社製 Ixia 200）の 2 つの Ethernet ポート port-1, 2 を各々 10Mbps、全二重モードでスイッチングハブと接続し、各ポートより測定用トラフィックを送出することで図 1 における同期回線を模擬した。測定用トラフィックは一次群速度 1544kbps を想定し、このビットストリームを固定長 Ethernet フレームにカプセル化（図 3）し、回線速度とフレームサイズより算出されるフレーム送出速度をもって port-1, 2 より双方向にフレームを送出した。また、図 1 の中継網の一例として、10Mbps、半二重モードの Ethernet セグメントを用意し、2 台のスイッチングハブを接続した。さらに、中継網にてジッタを付加する目的で同 Ethernet セグメントに 2 台の PC（FreeBSD release2.2.1）を接続し、PC-1 から PC-2 へ向けて負荷トラフィックを送出した。負荷トラフィックは文献

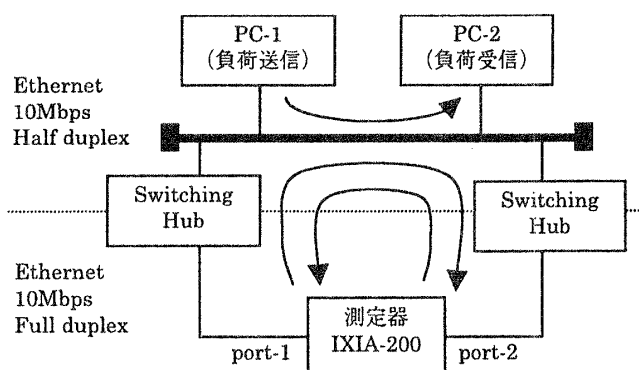


図 2. 実験構成

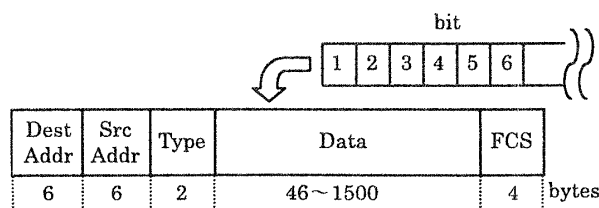


図 3. ビットストリームの Ethernet フレームカプセル化

“A Study on Synchronous Circuit Relaying System via Ethernet” by Osamu MAESHIMA, Masami ISHIKURA and Tohru ASAMI  
KDD R&D Laboratories Inc.

[1]の LAN トラフィックデータを基に生成した[2]. 本トラフィックの平均フレームサイズは 532 バイトとし、フレーム送出間隔についてはオリジナルデータでは分散があるものここでは固定間隔とし、その間隔を調節することでトラフィック量を変化させた.

このような条件で測定用トラフィックの各フレームの Latency を 15 分間測定し、その標準偏差をジッタとして算出した.

### 3.2. 測定結果

中継網 (半二重 Ethernet セグメント) 上の負荷を変化させた場合の、同期データをカプセル化した Ethernet フレームの各サイズにおける Latency の平均値、およびジッタ (標準偏差) の測定結果を図 4, 5 に示す. グラフ中に%で示される値は、図 2 の PC-1 より中継網に送出された負荷トラフィック量を表し、回線速度 10Mbps に対する百分率で表示したものである. 1544kbps の測定用トラフィックを双方向から送出しているため、中継網には 3Mbps+カプセル化オーバーヘッド+負荷トラフィックに相当する量のトラフィックが流れていることになる. 図 4 より、負荷の増大とともに Latency が増加することが分かる. また、この傾向はジッタについても確認できる (図 5) ため、本実験結果については Latency とジッタの間にも相関があるといえる. 但し、512 バイト付近のフレームサイズ以下の場合ではフレームロスが発生 (図 5) し、高負荷、小フレームサイズの場合ほどフレームロス値は大きかった.

### 4. 考察

ジッタ吸収に必要なバッファサイズの決定にはジッタ吸収によるフレームロス抑制とバッファによる蓄積遅延とのトレードオフを考慮する必要がある. また、先述したジッタと Latency の相関を含めるとバッファ増量以上の遅延が付加される可能性をも考慮する必要がある.

ジッタ及び遅延時間はネットワークの状態に大きく依存するため、今回の実験結果だけで定量的な判断を下すことは困難であるが、本実験に限って考察すると、フレームロスが発生しない範囲において、中継網の負荷が 20%程度であるならば、受信側のジッタ吸収バッファサイズは約 10ms 分つまり約 2k バイト ( $=1544000 \cdot 0.01/8$ ) 用意すればよい (図 5 右側縦軸). 一方、送信側でカプセル化に伴う蓄積遅延は、最大フレームサイズである 1518 バイトを使用した場合でも、約 8ms ( $=1500 \cdot 8/1544000$ ), 網内遅延は伝播遅延にも依存するところが大きい本実験の Ethernet 中継網では 4ms であった (図 4). 以上の数値は、ITU-T 勧告 G.114[3]で推奨している電話回線

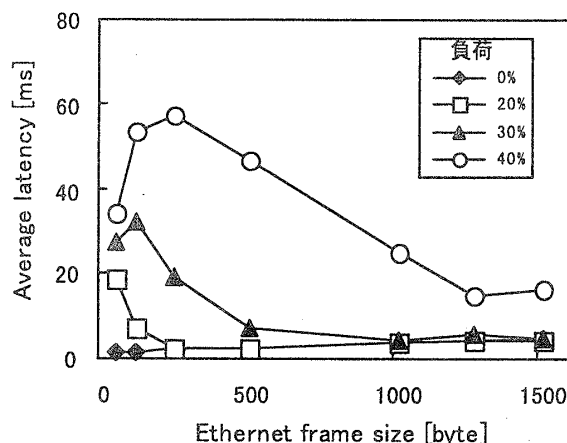


図 4. Ethernet フレームサイズと平均 Latency

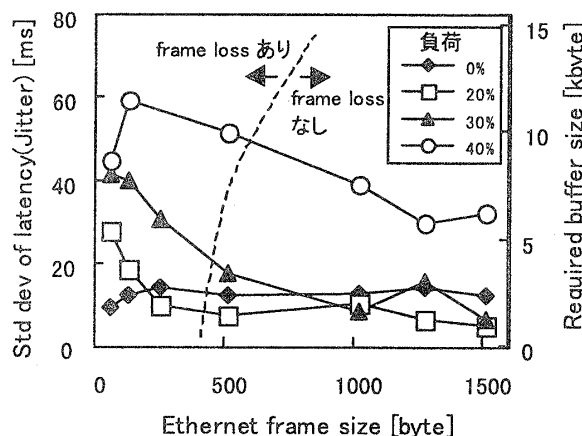


図 5. Ethernet フレームサイズとジッタ

における片側遅延時間の基準値 150ms 以下を考慮すると十分に小さい値であるため、10Mbps Ethernet による一次群速度ビットストリームの中継は可能であると考えられる.

### 5. おわりに

本論では、Ethernet による同期回線の中継方式について検討した. 一例として半二重モード Ethernet セグメントによる中継について実験を行い中継網の負荷とジッタおよび遅延時間について考察した. 今後の課題として Ethernet の他の通信モード (全二重モード, 100M/1Gbps) による評価や IP パケットによるビットストリームのカプセル化に関する評価を行う予定である. 最後に日ごろご指導頂く KDD 研究所村谷所長に感謝します.

### 参考文献

- [1] <http://ita.ee.lbl.gov/html/contrib/BC.html>
- [2] 前島他, “ネットワーク特性評価ツールを用いた VoIP の評価”, 信学技術報 IN98-112, 1998-10
- [3] ITU-T 勧告 G.114, “One-way transmission time”