

石倉 雅巳

伊藤 嘉浩

前島 治

浅見 徹

国際電信電話 (株) 研究所

1. はじめに

近年、xDSLモデムや構内無線LANなどの種々の通信メディアがネットワーク構築に利用可能となってきた。これらの製品には、LANのインタフェースが提供されていたり、拡張カードとして直接端末に収容されている場合が多く見られる。そのような回線の通信品質を測定する場合、専用線などのシリアル回線の品質測定に用いてきた専用BER測定器による従来の品質測定方法を使うことはできない。本稿では、これらの通信メディアをTCP/IPで利用する場合を想定し、回線上で大量のフレームを転送し、損失フレーム数から通信品質を測定する方法を示す。

2. LANインタフェースからの回線品質測定方法

専用線などシリアル回線の通信品質の1つとして、BER(Bit Error Ratio)が用いられる。本稿では、インタフェースが対応していないためにBER測定器を使用できない回線において、BERに相当する通信品質を測定する方法を検討する。図1に、本稿で対象とする回線・ネットワーク構成を示す。

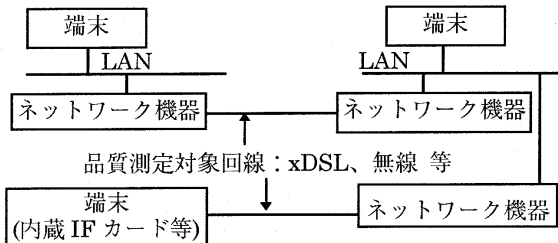


図1：従来のBER測定が適用できない回線例

2.1 測定原理

BER測定では、特定のパターンのbit列を大量に転送し、受信側で伝送エラーを計測する。図1に示すネットワーク構成では、ただのbit列の伝送はできないため、Ethernet等のフレームを大量に送信し、受信側でフレーム損失を観測する。一般に、pppやEthernet、HDLC等のデータリンク層のフレームはFCSによるエラー検出機能を持ち、伝送誤りフレームを破棄する。図1では、ビットエラーを含むフレームは、測定対象回線におけるデータリンク

層フレームの誤り検出機能により破棄される。送信フレーム数と受信フレーム数からフレームエラー率(FER)を求め、式(1)に従ってBERを算出する。

$$FER=1-(1-BER)^{\text{Framelength[bit]}} \quad \text{式(1)}$$

この測定方法の前提条件は以下の通りである。

(a) 1エラーフレーム中に含まれるビットエラーは1ビットであること。回線品質が低い状態で1フレーム当たりのビットエラーが複数ある場合は、式(1)は成立しない。

(b) 測定装置が使用するデータリンク層プロトコルは誤り検出機能だけを持ち、誤り再送やFECによる回復機能を持たないこと。この条件を満たせば、例えばUDPパケットでも本測定方法を用いることが可能である。測定対象回線自体が持つ誤り回復機能は、回復機能自体も通信品質測定の対象となるため問題はない。

(c) ネットワーク機器(ルータ、モデムなど)および測定装置内でバッファ溢れによるフレームロスが無いこと。図1にも示すように、測定対象回線の両端には、LAN(Ethernet etc.)やモデム、ルータが介在する場合がある。端末が高速なLANに接続している場合でも、経路上の最低速の回線速度やネットワーク機器の処理能力に合わせてフレーム送出速度を調整し、測定対象回線以外でのフレーム損失が発生しないようにする必要がある。

2.2 BER測定用ツール - KITS[1] -

筆者等は、リアルタイム通信の特性評価のために、任意のトラフィックパターンを発生するトラフィックジェネレータおよびアナライザ(KITS)を開発した。詳細は文献[1]に示すが、KITSはUNIX上で動作するソフトウェアツールで、任意の長さのUDPおよびTCPパケットを任意の間隔で発生することができる。送出するパケットにはシーケンス番号が付与されるため、受信側のKITSでパケットの抜けの観測が可能となる。本測定では、KITSを固定長UDPパケットを固定間隔で送出し、測定対象回線通過後に受信するために使用する。UDPレベルで動作するツールであるため、端末さえ対応していれば任意のデータリンクを使用することが可能である。

3. 測定実験

本測定方法を検証するため、以下の手順で実験を行った。実験のネットワーク構成を図2に示す。任意のエラーを付加できる回線シミュレータにより1.544Mbpsで接続された10BaseT用のブリッジを測定対象回線として用い、両端の10BaseT LANにKITSを使用できる端末を接続した。

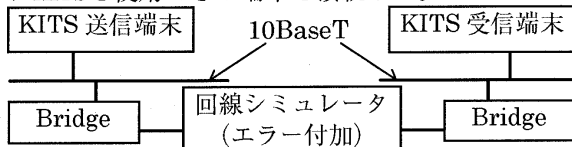


図2 実験ネットワーク構成

3.1 実験手順

(1) 回速度の測定

データ送出速度(フレーム長および間隔)を決めるために、netperf[2]等を用いてUDPパケットの実効伝送速度を測定する。(厳密である必要はない)ADSLなどは通信方向により速度が異なるので測定する方向の速度を測定する。

(2) 送出速度の決定:

求めた回線速度およびKITS端末の正常動作速度を超えないようにフレーム長および間隔を決める。(KITS端末の正常動作速度とは、端末を同一のLANセグメントに接続してKITSを用いて送受信を行い、フレーム損失を起こさない速度をさす) 実験では、ブリッジ間のフレーム長で1260、1010、510、260および135Byte、フレーム間隔10ms固定でフレームを送出した。

(2) エラーの付加

回線シミュレータにより任意のエラーを付加する。エラーはTCP/IP通信において現実的な値の範囲とし、ランダムエラー($1 \times 10^{-8} \sim 5 \times 10^{-5}$)および2bit連続エラーのバーストエラー($1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$ 相当)の2種類を付加した。

(3) 測定

測定時間(送出データ量)は、測定精度に直接影響する。今回は各フレームとも20万フレーム以上送出し測定した。

3.2 実験結果

図3に実験結果を示す。横軸は回線シミュレータによりブリッジ間に付加したBERを、縦軸には測定したFERより算出したBERを示す。

4. 考察

図3に実践で示すように、ランダムエラーの場合には付加したBERと測定したBERはほぼ一致して

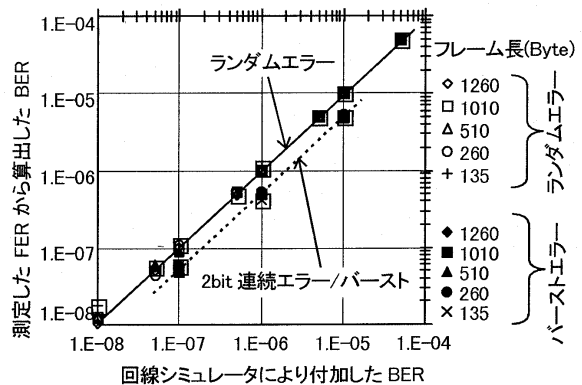


図3 設定したBERとFERから算出したBERの関係

おり、十分に実用的であることが確認できた。

・フレーム長について

実験結果からは、フレーム長による測定結果に差はほとんど見られない。ネットワーク機器に付加をかけずに短時間に大量データを送出するためにはフレーム長が長いほうが有利であると考えられる。ただし、1フレーム中に必ずビット誤りが起きるほど回線品質が低い場合は、短いフレームを使用することによりBER測定が可能となる。

・エラーのバースト性の影響

図3に点線で示すように、バーストエラーを付加した場合は、設定したBERよりも低いBER測定値を示す。これは、1バーストが1フレーム中に収まってしまいうため、実験の場合は2ビットエラーが1フレームエラーとしてしか測定できないからである。しかし、TCP/IP等のフレーム(パケット)型データ通信にとっては、1エラーフレーム中に何ビット誤りがあろうが、1フレームエラーに変わりはないため、本方式により測定したBERの値は専用BER測定器により測定したBERの値よりも実際の値として受け取ることができる。

5. おわりに

本報告では、直接LANインタフェースを提供する回線のインターネットプロトコルにおける品質測定方法を示し、エラーシミュレータによる実験により、その有効性を示した。また、本方式は長野県伊那市で実施したxDSL評価実験[3]にも使用し有効性を確認した。最後に日頃御指導いただくKDD研究所村上所長に感謝いたします。

参考文献

- [1]伊藤他,"リアルタイム通信特性評価用トラフィックジェネレータ/アナライザの評価",信学技報IN-97-47, June, 1997.
- [2]<http://www.cup.hp.com/netperf/NetperfPage.html>
- [3]伊那xDSL利用実験連絡会,"伊那市有線放送網におけるxDSL実験報告",信学会インターネット研究会, Oct., 1997.