

オーディオパケット品質の適応型再構築手法に関する考察

4 V-2

宮田輝子 福田晴元 小野諭

NTT ソフトウェア研究所

1 はじめに

インターネットでは、音声を利用した実時間処理アプリケーションサービスが盛んとなってきている。ところが、インターネット上ではパケット損失・遅延等の品質が常に変動している。音声を扱う場合には、パケット損失は音声データの損失となり、「音の途切れ」が発生してしまふ。したがって、音声をネットワーク品質が変動しても「音の途切れ」が無いことが望まれている。

音声のパケット損失に関して、実網上で測定データより、パケット損失は、1または2パケットが連続損失する頻度は高いが、3パケット以上連続して損失する頻度は急速に減少するという結果が報告されており^{1), 2)}、このようなモデルに従ったアプリケーションの制御が行なわれている²⁾。

このような背景から、我々は、インターネット QoS ビジューライザ³⁾を用いて、実際のインターネットにおけるパケット損失と伝送遅延を測定して、パケット損失の連続性について確認検証を行なっている。本稿では、品質測定に利用した測定網の構成について述べ、Loss Window と呼ばれる単位を用いて、損失したパケット間に対する相関性について測定した結果について述べる。

2 測定網の構成について

図1に示すような構成となる監視網を構成して、パケット監視を行なった。監視網は、通過したパケットのコピーを作成し、そのパケットに対して時刻を刻印するパケット収集装置(HOST2)、さらに、パケット収集装置から情報を得て、タイムスタンプの処理を行なう機能を持つ集信サーバ(HOST1)により構成される。図1において、

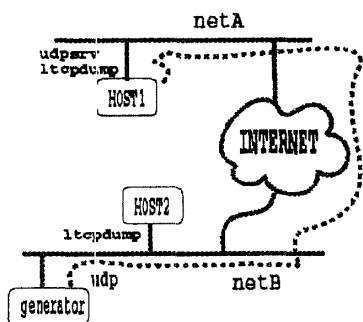


図1: 測定監視網の構成

「generator」(パケット発生装置)により試験パケットを生成し、そのパケットをパケット収集装置(HOST1, HOST2)にて監視することにより、ネットワークの品質測定を行なった。

生成されるパケットは、UDPを利用しており、UDPデータ部分は、図2の構成となっている。シーケンス番

号は0より始まり、パケットが生成される度に、インクリメントされている。なお、データ部分は320octetとし、40msの間隔でパケットが生成される。「generator」(パ

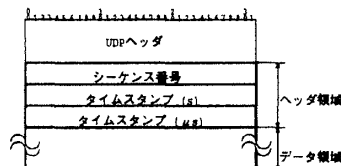


図2: UDP データ部分の構成

ケット収集装置)は、ISDNのフレーミングクロックを利用した広域時計同期⁴⁾を用いて正確に時刻が同期されており、さらに、全ての時刻の進み方も同期している⁵⁾。

従って、両パケット収集装置により観測されたパケットのタイムスタンプを比較することによって、遅延やジッターといった品質情報を収集可能となる。

さらに、片側のパケット収集装置にのみ観測されたパケットは、ロスしたパケットとしてみなされ、時刻と共にパケットロスの状態を把握することが可能となる。

3 LossWindowSizeの導入

音声を利用したアプリケーションサービスでは、音声データの途切れが少ないことが望まれている。FEC (Forward Error Correction) と呼ばれる方法を用いて、パケット損失が発生しても、冗長なパケットを付加することにより、データの途切れを少なくする方法が行われている²⁾。

ところで、冗長性を上げると、パケット損失によるデータの途切れが少なくなる。しかし、冗長性を上げるとブレイアウト遅延が大きくなるといった品質の低下が発生する。

そこで、FEC方法により、音声データのような連続したストリームを扱う時には、1つのデータブロックを連続したパケットへ与え、データが落ちないようにすると同時に、ブレイアウト遅延を押えるような連続パケット数を求める。この数をネットワークの品質に応じて制御する必要がある。

そのために、このような連続したパケットの数を LossWindowSize と定義して、以下では、異なる LossWindowSize に対する連続ロスの個数について調べる。

パケットを sequence 番号の連続する N 個をひとまとまりとして取り扱、この時、「LossWindowSize=N」と定義する。この時、「従来の意味でのパケット損失」は、「LossWindowSize=1におけるパケット損失」となる。

「LossWindowSize=Nにおける損失」とは、「連続した N 個のパケットが『すべて』損失した場合」である。したがって、連続する N 個のパケットのうち、一つでも到着している場合は「損失」として扱わない。従って、LossWindowSize=N に対する「パケット損失率」を以下のように定義する。

$$\text{preLoss}[n] = \begin{cases} (N+1-n) * c[n] & (\text{if } N \geq n) \\ 0 & (\text{else } N < n) \end{cases}$$

$c[n]$ = Number of occurrences
for successive $[n]$ packet losses

$$\text{LossRate}[N] = \text{sum}\{\text{preLoss}[n] : n\} / K$$

(K = TotalNumberofLossWindowSize)

例えば、以下のようなパケット損失が観測されたとする。
全パケット数 = 12 ○ : reach, × : loss ;

× ○ ○ × × ○ ○ × × × ○ ×

この時、 $c[1]=2, c[2]=1, c[3]=1$ であり、かつ、LossWindowSize=1, 2, 3 に対するパケット損失率 LossRate[1], LossRate[2], LossRate[3] は、以下の通りである。

$$N=1; \text{LossRate}[1] = (1 * c[1] + 2 * c[2] + 3 * c[3]) / 12 = 7 / 12$$

$$N=2; \text{LossRate}[1] = (1 * c[2] + 2 * c[3]) / 11 = 3 / 11$$

$$N=3; \text{LossRate}[1] = (1 * c[3]) / 10 = 1 / 10$$

4 測定結果

HOST1 (23区内)・HOST2 (東京郊外) の2地点間において、平日昼過ぎの時間帯 (12:30~13:30の1時間) に測定した。全体のパケット損失率は、1.27%であった。また、連続パケット損失長の最大は、27であった。

以下は、連続パケット損失長に対する頻度である。

689 26 5 1 5 3 6 5 3 6 1 3 2 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1

この頻度に基づいて、各 LossWindowSize における損失率が算出される (図3)。図4は、遅延ミリ秒間隔における頻度分布である。

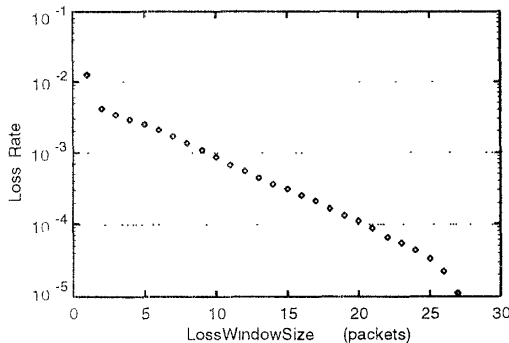


図3: パケット損失率

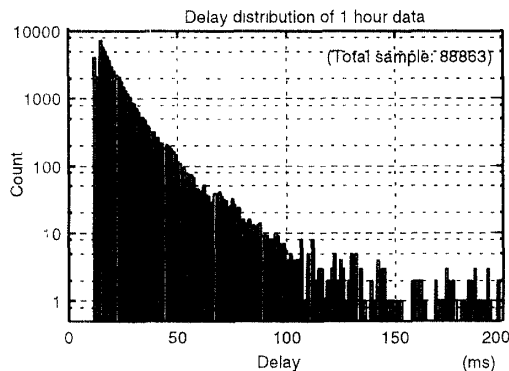


図4: 遅延頻度分布

5 考察

連続パケット損失長に対する頻度により、1または2パケットが連続して損失する頻度は高いが、パケットが3パケット以上連続して損失する頻度は非常に低いことを確認した。

従来、連続パケット損失長とその頻度との間には特に規則性については言及されていなかった¹⁾が、本稿で定

義した LossWindowSize による表現方法を定義することによって、図3より、LossWindowSize とそのパケット損失率の間に、対数的な線形関係があることが確認された。

これにより、ネットワーク品質に応じたパケット損失率に対して、適切な LossWindowSize を求めることが出来る。LossWindowSize は、その定義から、適切な冗長度を表す指標である。したがって、求めた LossWindowSize に対する冗長度が決まり、音声アプリケーションをネットワークで利用する場合、この冗長度をもつ音声符号化方式を選択することが出来る。

損失パケット予測・補間する手法については、さらに、時間解析を平行して行い、jitter, delay との相関関係を調査する必要がある。たとえば、seq-num:1, seq-num:2 の packet が連続して損失している場合、1ms 以内に seq:3 の packet が届く確率によっては、LossWindowSize を調整することで、音声データの再構築時における品質を制御することが可能である。

6 おわりに

本稿では、インターネット Qos ビジュアライザを用いて、実際のインターネットにおけるパケット損失と伝送遅延を測定した結果について述べた。特に、パケット損失に関しては、LossWindowSize と呼ぶパケット損失基準を用いて、パケット損失の連続性を求めた。その結果、パケット損失については、1または2パケットが連続して損失する頻度は高いが、パケットが3パケット以上連続して損失する頻度は非常に低いことを確認した。しかし、本稿で定義した LossWindowSize による表現方法を定義することによって、LossWindowSize とそのパケット損失率の間に、対数的な線形関係があることを確認した。

今後は、LossWindowSize とそのパケット損失率の間に、対数的な線形関係について、測定対象ネットワークや測定時間による違い等を求めていく。さらに、連続的損失したパケットと、遅延や jitter との関係性を明らかにし、LossWindowSize 可変パケット再構築方法について検討する。

最後に本研究の機会を与えて頂いたソフトウェア研究所広域コンピューティング研究部 市川晴久 部長、さらに、日頃よりアドバイス頂いている超並列プログラミンググループリーダー 高橋直久氏、ならびに、当グループの皆様へ感謝いたします。

参考文献

- 1) J.C.Bolot, A.Vega-Garcia, "The Case for FEC-Based Error Control for Packet Audio in the Internet", ACM Multimedia System
- 2) J.C.Bolot, A.Vega-Garcia, "Control Mechanisms for Packet Audio in the Internet", IEEE Infocom '96, pp.232-239, April, 1996
- 3) 福田晴元, 小野諭, 高橋直久, "インターネット QoS ビジュアライザの設計と実現", 信学会論文誌 B-I, Vol. J80-B-I, No.6, pp.438-446, Jun 1997.
- 4) 山下高正, 小野諭, "ISDN 網を用いた分散高精度時刻/周波数同期", 情処研報 Vol.95, No.61, pp.37-42, Jul. 1995.
- 5) 山下高正, 小野諭, "高速デジタル網を用いたクロック周波数同期", 信学会論文誌, Vol.J79-D-I, No.8, pp.522-529, Aug. 1996.