

2.3 音信号の伝送上の問題点

インターネット上で音声・音楽を伝送するに際し、WWWサーバからファイルをダウンロードして再生する方式では、ユーザはダウンロードの間待たされる。そこで音声・音楽をリアルタイム伝送する手法も登場している。

テレビ会議等で画像と音声を同時にネットワーク上で送受する場合、人間が音に敏感なのを考慮して画像用の伝送帯域を削ってでも音声の伝送帯域を安定して確保し続けることが重要とされている。インターネットで音をリアルタイムで送受することはそれ以上に過酷である。¹⁰⁾ 又、音のリアルタイム伝送はインターネットを利用した放送、電話、テレビ会議等広範囲な分野で必要とされているが、音声と音楽を比較すると、双方向の機会が多く急峻な信号変化のある音声の方がどちらかという条件が厳しい。

2.3.1 パケット伝送の遅延

インターネットではデータはパケット形式で伝送される。しかし、伝送速度や遅れを保証していないので、リアルタイムでの伝送ではデータが途切れたり欠けたりして音の雑音・途切れとなって現れることが多々ある。

TCP/IP プロトコルでの伝送ネットワークは図 2 - 5 の様に構成され、送信端と受信端では TCP 層によりパケットの誤り・損失の検出、順序整列・組立てを行なう。中間では IP 層により伝送するのみである。¹¹⁾

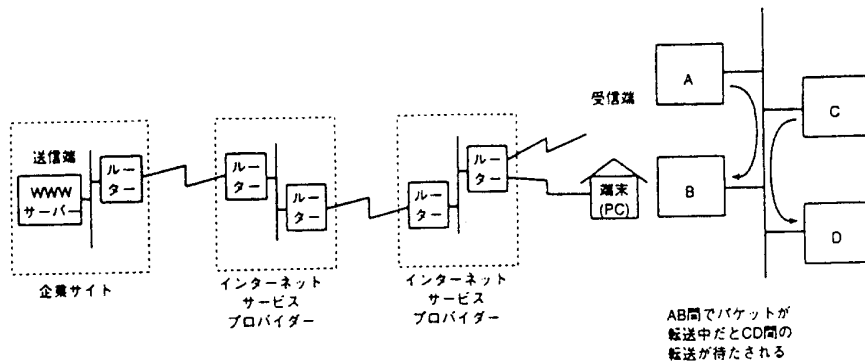


図 2 - 5 TCP / IP ネットワーク構成図

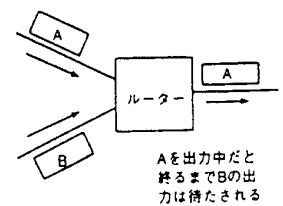


図 2 - 6 媒体での遅延

1) 媒体での遅延

パケットの遅延は、図 2 - 6 に示す様にルータが複数の入力回線を集めて 1 本の出力回線に送り出す場合等には順番待ちの遅延が生じる。又、中間の伝送線を共有化しているため、この部分が混雑するとモデム等端末の通信速度を上げてもらうように伝送速度が上がらなかつたり、ゴールデンタイムに極端にアクセススピードが落ちる等の影響を招く。

2) 再送信要求遅延

受信端でパケットの欠落が検出されると送信端へ再送信を要求するので数百 msec から 1 秒を超えるような遅延が生じる。

3) パケット整列直し遅延

受信端で次々と時間差をもって到着してくるパケットを整列し直すとき、図 2 - 7 の様に t の時間だけ遅延することになる。又、伝送路の遅延を少なくしようとして情報を圧縮すれば、圧縮 / 復号化処理による遅延が加わってくる。

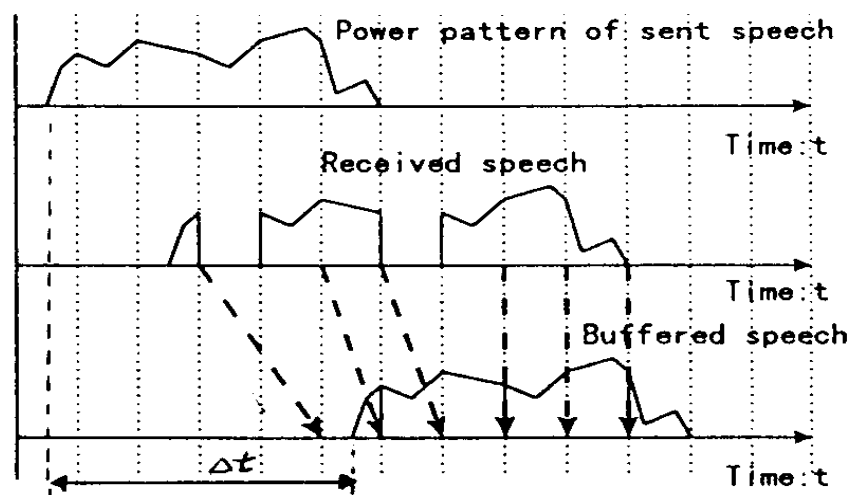


図 2 - 7 パケット整列直し遅延

以上の様にパケットの到着遅延には種々の原因があるが、数百 msec に及ぶことは珍しくなく、数 10msec から数秒以上の範囲で変化するといわれる。¹²⁾

2.3.2 パケット伝送の取りこぼし

混雑が甚だしくなると、殺到するパケットを処理しきれずに図 2-8 に示す様に取りこぼしが起きる。¹³⁾ 回線 A の伝送データ処理のために回線 D の容量がいっぱいであれば、次に送信開始した回線 B からの伝送データはルータのバッファメモリに蓄積されていくが、更に回線 C から伝送データが到着してもこれは破棄されてしまう。処理能力の低いコンピュータを使用したルータの場合は、処理能力以上の伝送データを受取った際にも破棄される危険がある。

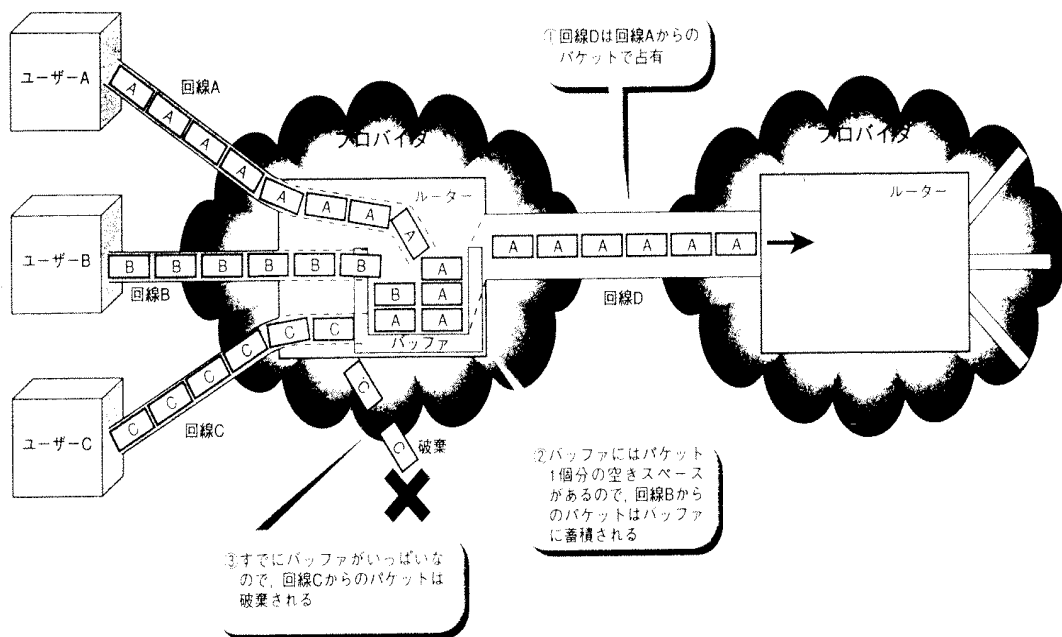


図 2-8 ルータにおけるパケット破棄

現在のシステムでは、どのパケットを破棄するかの制御はされていない。従ってユーザーが必要としているものが破棄されることもある。このようなパケットの損失率は 3~8% に及ぶといわれ、特に双方向・対話型の音声通信ではぎこちなさ・不自然さとして残る。

図 2-9 は東京の端末より関西のある大学へパケットを送った時の結果である。1 秒間隔・30 回を 1 セットとし、15 分間隔で 3 日間送出した時の遅延時間と応答率の測定結果である。ここでは無応答率は何と 30% に達している。¹⁴⁾

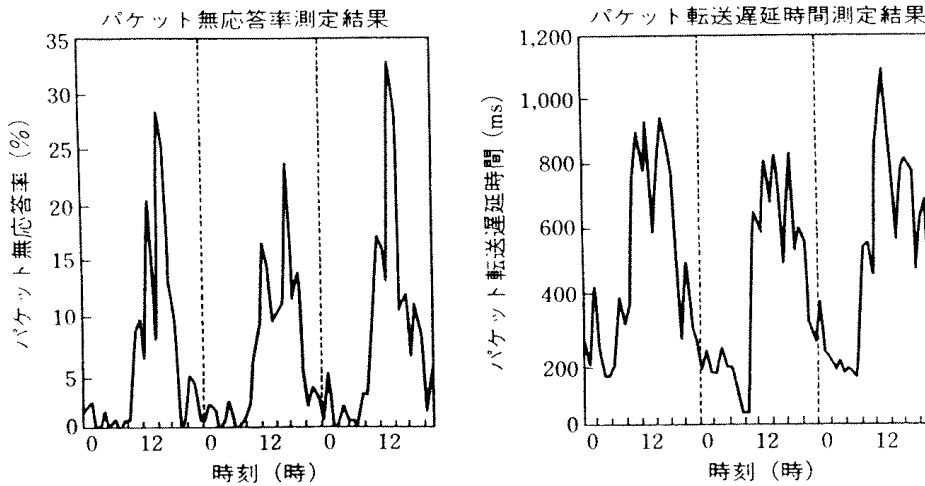
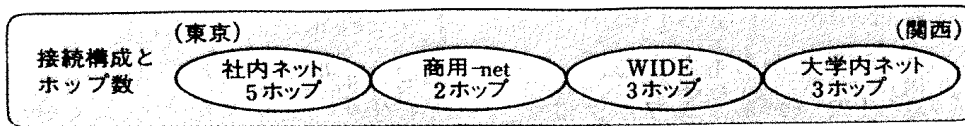


図 2 - 9 パケット伝送試験

2.3.3 パケット伝送の遅延対処法

1) インターリーブの付加

Progressive Network 社の Real Audio は音声や音楽を圧縮して伝送し、モデム等の低速な回線でもデータをダウンロードしながらリアルタイムで再生出来るストリーム型ソフトウェアである。1995年に発表されて改良が続けられており、現在インターネット上では事実上スタンダード化している。この他 Macromedia 社の Shockwave for Audio もストリーム型ソフトウェアであり健闘している。

Real Audio の圧縮アルゴリズムの詳細は明らかにされていないが、他のデジタルオーディオシステムと同様、図 2 - 10 の様にインターリーブを施している。元の信号を 20msec 毎のデータに区切ってパケット化するとき、データが連続しないように一定区間毎のデータを集めてくる。これにより、パケットが欠落しても影響を時間的に分散して、耳障りな雑音になるのを防止している。

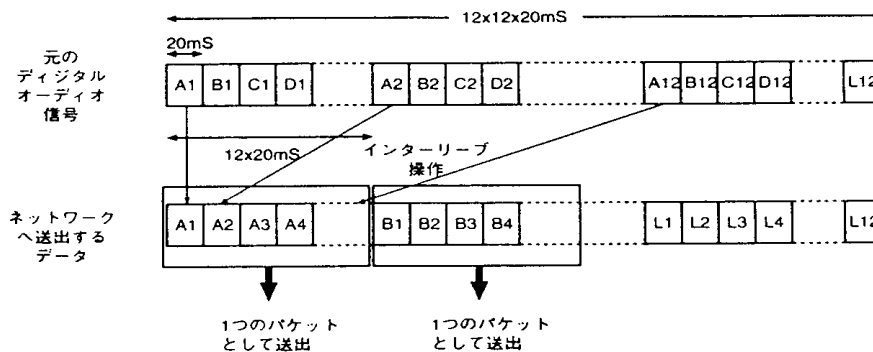


図 2 - 10 インターリーブの付加

2) UDP 転送制御プロトコルの使用

受信端でパケットの欠落が検出され送信端へ再送信を要求すると1秒を超えるような遅延が生じる場合もある。そこで、欠落したパケットの再送信要求を行わずに、TCP/IP プロトコル体系の中のUDP (User Datagram Protocol) という転送制御プロトコルを使用して、受信端では欠落したパケットをそのまま送り出してしまう方式がある。しかし、音声データを20Kbit/秒として1Kバイトのパケットで送り出すとすると1秒間に $20 / 8 = 2.5$ パケット発生する。再生時間に換算すると1パケット当り400msとなり大きな雑音となる可能性がある。逆に小さなパケット単位ではパケット数が多くなり転送効率を落とすことになる。

以上の様な対策を施しても依然として中間で起こる順番待ちによるパケット遅延は存在する訳で、特に双方向のコミュニケーションに使用するとタイミングのずれを生じて不自然さが残ってしまうのが現状である。