

仮想オフィスシステムの音声通信に関する検討

1 Q-5

湯田 佳文 森内 万知夫 清末 悌之 正木 茂樹

NTTヒューマンインタフェース研究所

kiyosue@nttvdt.hil.ntt.co.jp

1. サイバースペースにおける音通信

我々は、計算機ネットワークで接続されたパソコンを用い、多人数が同時に参加してマルチメディアコミュニケーションを交わす InterSpace[1]を開発している。また、これをベースにした仮想オフィス Cycos[2]の開発も進めている。Cycos 上では複数のユーザが音声と画像を使い、2次元 CG もしくは3次元 CG で表示された仮想的なオフィス空間内でコミュニケーションを交わすことができる。2次元表示をオフィス全体の概観用に、3次元表示を対話用に使うサイバースペース空間である。

Cycos のような実務で用いるサイバースペース空間では、音声が必要なコミュニケーションメディアである。Cycos では専用のサーバを用いず、パソコン間のピアツーピア通信で音声をやりとりしている。即ち IP 上での音声データの送受信を行っているが、多人数が参加する環境であることから受信側でミキシング処理が必要となる。

受信側でのミキシングが存在する VoIP(Voice over IP)において、出力音の品質を左右する現象として以下の3つが考えられる。

- 1)遅延もしくは遅延の変動
- 2)空白時間が混入する途切れ
- 3)一部欠落する音飛び

本稿では、この3つの現象が生じる原因について、3つのモデルを提案して考察し、実際に利用している形態でシミュレーションを行い、これが実測値とよくフィッティングしていることを示す。

2. 音加算処理モデル

ここでは、バッファサイズ T_s 、ミキシング周期 T_m 、出力バッファ数 α を変化させることで3つのモデルを提案する。バッファには送信側の送信バッファ、受信側の受信バッファ、出力バッファがあるが簡単化のために全て同一のサイズとしている。また、運用時に制御することができない伝送路の影響やcpuの割り当ての変動については考慮していない。

2.1. 出力バッファ切り替えモデル($T_s=T_m$ の場合)

1回のミキシング処理終了と同時に次のデータが供給される。 α は2つあれば良く、これを切り替えて使う。遅延の最大値は T_s+T_m 、最小値は T_s である。理想的な状況下では途切れも音飛びも生じない。しかし、この状態はクリティカルであり、少しの外乱にも影響を受けて音質の低下が生じる。

2.2. 出力バッファ枯渇モデル($T_s<T_m$ の場合)

ミキシングの周期がバッファサイズより長いので、常に途切れている状態である。遅延時間は、定常分 T_s+T_m に強制的に待たされる時間 T_m-T_s が加算されて $2T_m$ が最大遅延時間となる。また、最小遅延時間も同様に $T_s+(T_m-T_s)=T_m$ となる。

2.3. 出力バッファ溢れモデル($T_s>T_m$ の場合)

ミキシングの周期がバッファサイズより短く、常に過剰供給されている状態である。過剰分は α の数の出力バッファに徐々に蓄積され、余剰エリアがなくなった時点でその時のミキシング音は捨てられ音飛びが生じる。また、ミキシングの周期に間に合わなかった音は、他の端末からの音がミキシング対象として存在していれば、これを待たせるわけにはいかないので、次の周期に回されこの部分の途切れが

生じる。送信端末が2台の場合にこのモデルを説明する図を図1に示す。

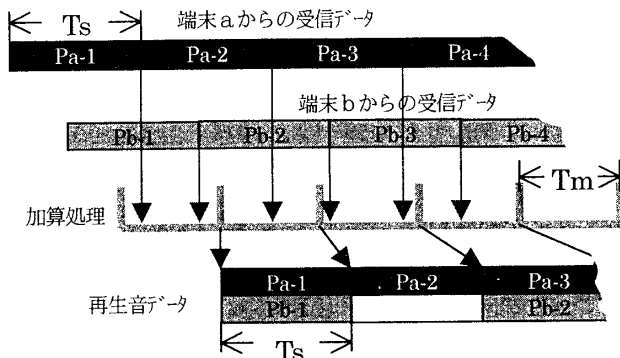


図1 出力バッファ溢れモデル (2台ミキシング)

蓄積される分は、ミキシング周期毎に $T_s - T_m$ ずつ増え累積が T_s になった時に溢れて音飛びが生じる。即ち $T_s / (T_s - T_m) * T_m$ 毎である。また、同じ周期で加算処理が1回分余剰になるので途切れが生じる。データの到着のタイミングによって、全ての送信音で音飛びと途切れが同時に起こるとは限らない。遅延時間は累積分が全出力バッファを超えた時に出力バッファ1個分だけ短縮されるため、最大遅延時間は αT_s 、最小値は $(\alpha - 1)T_s$ であり、これに上記のタイミング β が加わる。 β は0から T_m の範囲の値である。送信端末が2台の場合のシミュレーション結果を図2に示す。各値は、 $\alpha = 10$ 、 $T_m / T_s = 0.9$ とした。

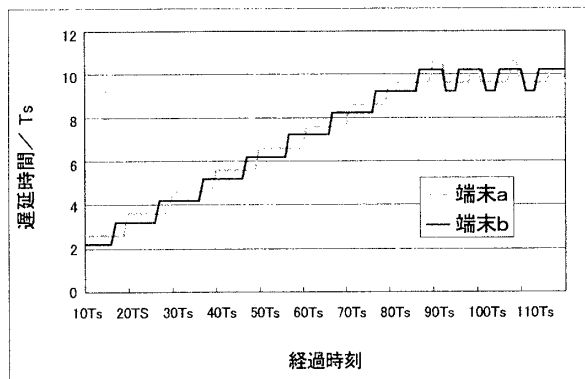


図2 出力バッファ溢れモデルの遅延シミュレーション

3. モデルの採用と遅延の実測

溢れモデルでは遅延の変動や途切れ・音飛びが必ず生じるが、発生箇所が分散し外乱にも強いことが予想されるため Cycos ではこのモデルを採用した。

Cycos での遅延の実測値を図3に示す。条件はシミュレーションと同じにしている。但し、 β は意図的に与えられない。測定は視認しやすいような波形を用い、無音状態がないように連続波形を送信した。図2のシミュレーションに近い結果が得られた。遅延はミキシング周期分変動することがあり、外乱の影響を受けていると思われる。

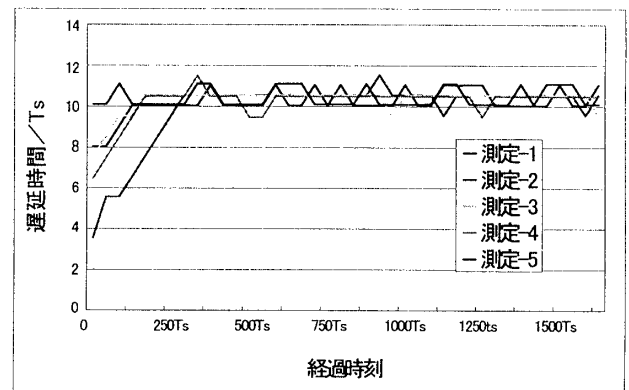


図3 出力バッファ溢れモデルでの遅延の実測値

4. まとめ

受信側でミキシング処理が存在する場合の IP ネットワーク上の音通信における品質を決定する3つのモデルを提案した。また、我々が開発を進めている仮想オフィスシステム Cycos 上で採用したモデルについてシミュレーションと実測によってモデルの正しさを示した。今後は、このモデルを使って、音の品質を向上するための方法について検討する。

謝辞 日頃ご指導いただく一之瀬画通部長に感謝します。いつも議論いただく画環グループ各位に感謝します。

参考文献

- [1] 正木、田尻、一之瀬、他「特集論文：インタースペースの構成技術とその応用」NTTR&D, Vol.47, No.4, pp.453(85)-500(132), 1998年4月
- [2] 湯田、清末「サイバースペース環境を用いた仮想オフィスシステムの提案」情処研資 97GW-21, No13, pp.145-150, 1997年1月