

24-06

パリティパケットを用いたマルチメディア通信の信頼性の向上について

最所圭三 齊藤大徳

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

1 はじめに

マルチメディア通信においては、時間的制約(デッドライン)があるため、一般の用いられている再送による方法を用いて通信の信頼性を向上させることができない。そのため、本研究においてはパケットレベルで通信に冗長性を持たせることにより信頼性を向上させること目指している。

再送を用いないでパケットを冗長して転送する方法は、到達できないパケットが発生することになる。そのようなパケットは、再送によって到達できたとしても、マルチメディア通信のようにデッドラインを持つ場合、役に立たなくなる。パケットを冗長して転送することにより、一部のパケットが欠損しても他のパケットで復元できる場合がある。例えば、パケットを2重に転送した場合、両方のパケットが同時に欠損しない限り、そのパケットを受け取ることができる。

我々は、パケットを2重化して転送することが、一般のネットワークにおいても有効であることを確かめている[1]。しかし、2重化を行うことは通信量が2倍になるため、一般のネットワークに用いることは困難である。そこで、本稿では、パケットを2重化するのではなく、RAIDディスクに用いられているように、パケットをグループ化しそれにパリティパケットを付加することにより信頼性を向上させることを提案する。この方式は、パケットを2重化する方式と比較して、信頼性は落ちるがデータ転送量を減少できる。

2 サーバの多重化

本研究においては、サーバを多重化したクライアント-サーバシステムを対象にしている。サーバの多重化は、セカンダリサーバをおき、データの複製をもたせることにより実現できる。通常時のセカンダリサーバ上では、一般に、サーバプログラムは動作していないか、動作していてもプライマリサーバからのログを受け取っているのみである。後者は前者と比較して、プライマリ

サーバに障害が発生してからセカンダリサーバに置き換わるまでの時間を大幅に短縮できる。我々は、後者において、プライマリサーバの障害からセカンダリサーバへの切替をできる限り短縮するためプロセスレベルの多重化についての研究を行っているが[2]、それでもマルチメディアの連続性を保証できない。そこで、図1に示すように、クライアントは、通常時からセカンダリサーバからプライマリサーバと同じサービスを受けるようにすることにより、障害が発生してもマルチメディアの連続性を保証することを提案した[1]。この方式では、2つのサーバが同時に障害を起こさない限り、マルチメディアの連続性を保証できる。

また、2つサーバから、パケットレベルで全く同じサービスを受けることにより、どちらか一方からのパケットを受け取ることができれば、データを欠損しなくなる。つまり、この方法は、通信の信頼性も同時に向上させることができる。しかし、接続しているサーバから全く同じデータが多重に送られるので、通信量が2倍になるという欠点を持つ。

3 パリティパケット方式

前節で述べたように、パケットを2重化する方法は通信量も2倍になるので、十分な通信容量を持つネットワーク以外には用いることはできない。そこで、パ

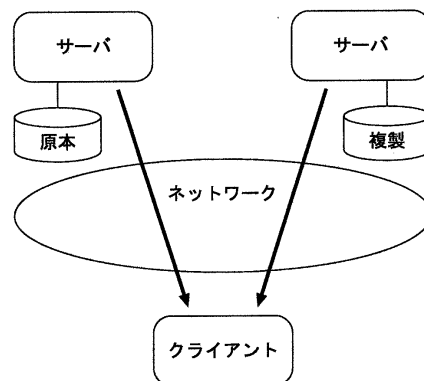


図1: セカンダリサーバからの同時サービス

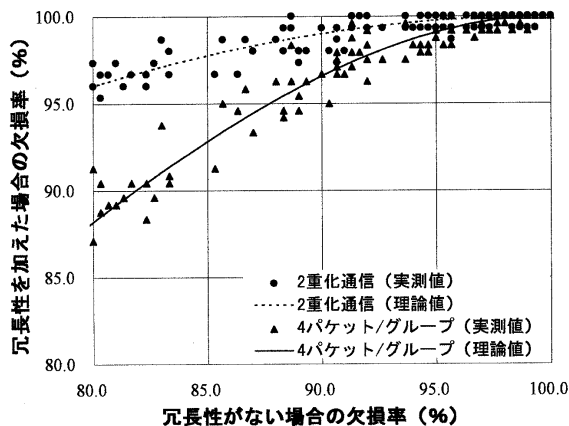


図 2: 冗長パケットの効果

ケットを2重化するのではなく、RAID ディスクに用いられているように、パケットをグループ化しそれにパリティパケットを付加することを考える。 A_1, A_2, \dots, A_n (n はグループ内のパケット数) を1つのグループとし、それに $A_p (= A_1 \oplus A_2 \oplus \dots \oplus A_n)$ を付加する (1つのグループは全体で $n+1$ 個のパケットを含む) ことにより、グループ内で1つのパケットが欠損しても、そのパケットを復元できる。この場合の通信量の増加率は $(n+1)/n$ に押さえられる。

次に本方式におけるパケットの到達率の理論値を求める。元々のパケットの欠損率を p とする。パケットの到達数が $n-1$ 個以下の場合パケットを復元できないので、その場合のパケットの到達率は変化しない。このとき、到達したパケットにパリティパケットが含まれる場合はデータパケットの数は1つ減少する。パケットの到達数が n 個以上の場合、欠損するパケットがパリティパケットでなくても、復元できるので、パケットの到達数は n 個になる。紙面の都合で詳細を省くが、パケットの到達率は $1 - p + p(1-p)^n$ になる。 $n=1$ にしたときは、まさに2重化したときの理論値になっている。

図2は、文献[1]で得られたパケットの受信ログに対して本方式を適用したときの到達率を示している。 $n+1$ 個を1つのグループとし、グループの最後のパケットをパリティパケットとした。1回の通信では300個のパケットを転送している。横軸は各通信における到達率で、縦軸はそれぞれの通信に本方式を適用したときのデータパケットの到達率をプロットしている。2~3%の揺らぎが発生しているが、全体の傾向は理論値と一致しており、パリティパケットの有効性が示されている。

4 マルチメディアへの応用

本節では、冗長性を持つ通信を本稿で述べた方式を本研究で対象にしているシステムに適応する方式について、MPEGの動画を例に取り議論する。MPEGは、単独で完全な画像を再生できるIフレーム、前のIまたはPフレームとの差分を含むPフレーム、前後のフレームからの予測との差分などを含むBフレームからなる[3, 4]。このため、フレームの重要度の関係は $I > P > B$ のようになる。本研究で対象にしているシステムでは、片方のサーバからでもある程度の品質のサービスを受けることができなければならない。そこで、Iフレームだけは両方のサーバから受け取れるようにするために、両方のサーバから転送する。他のフレームに関しては、どちらかのサーバから転送するようにする。また、PフレームはBフレームよりも重要であるのでパリティパケットを付加する。例えば、1つのグループが、

$$I B_1 B_2 P_1 B_3 B_4 P_2 B_5 B_6 P_3 B_7 B_8 P_4 B_9 B_{10}$$

となっている場合、各サーバ (S_1, S_2) から、

$$S_1 : I P_1 P_2 P_3 P_4 P_p \quad (P_p = P_1 \oplus P_2 \oplus P_3 \oplus P_4)$$

$$S_2 : I B_1 B_2 B_3 B_4 B_5 B_6 B_7 B_8 B_9 B_{10}$$

という振り分けて転送することにより、パケットの到達率は $I > P > B$ の順になる。

5 まとめ

以上、パリティパケットを用いたマルチメディア通信の信頼性の向上について述べた。本方式では、通信の信頼性は2重化方式と比較して劣るものの、通信量の増加を押さえることができる。元々の通信においてある程度のパケットの到達率が得られる場合、十分な信頼性が選られることが分かった。

今後は、4節で述べたような方式で冗長性を持たせた場合に受信できる品質の評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 最所圭三：“冗長性を用いたマルチメディア通信の高信頼性化について”，重点領域研究「高度データベース」第二回研究集会論文集，Vol.2，pp.480-485，1996.
- [2] 小椋則樹，最所圭三，福田晃：“分散処理システムにおける信頼性向上の一手法”，ソフトウェアシンポジウム'97論文集，pp.88-97，1997.
- [3] 藤原洋（監修）：“最新MPEG教科書”，アスキー，1994.
- [4] “Multimedia Systems and Techniques”，ed. B. Furht，kluwer academic pub.，1996.