

リアルタイム性の強いネットワークアプリケーションの 公平性を保証した通信方式の提案

3V-4

石川貴士† 石原進† 井手口哲夫‡ 水野忠則†
静岡大学† 愛知県立大学‡

1 はじめに

ギガビットイーサネットなどの高速ネットワークが普及しつつある。高速ネットワークの普及により、今後リアルタイム性の強いアプリケーションの利用がさらに広まることが予想されるが、高速ネットワークと低速ネットワークの混在する環境では、リアルタイム性の強いネットワークアプリケーションを利用する際、端末間の遅延差によりイベントパケットの順序がサーバ側で逆転する現象が起きる。それによりユーザの応答速度に対する不公平さを生じたり、また因果関係が保たれなくなったりすることがある。例えばネットワーク対戦ゲームにおいて、回線のスピードが遅いため敵の動きを確認できなかつたり、自分の動きが遅くなつたりしてゲームに負けたといったことである。そこで、本稿ではリアルタイム性の強いネットワークアプリケーションを利用する際、すべてのユーザが公平にサービスを受けられるように動的な制限時間を考慮したユーザの反応速度による順序制御を行う通信方式を提案する。

2 一般的な順序制御

はじめに述べたような遅延差によりイベントパケットの順序がサーバ側で逆転する現象を、 S をサーバ、 C をクライアント、 R を反応時間、 B を往復時間とし、図1に示す。因果関係の保存と、ユーザの反応時間との公平性を保存する手法として [1][2][3][4] の研究がある。どの研究もサーバ側で一定時間のクライアントからのイベントを待ち合わせ、その制限時間を超えて届いたパケットを破棄する手法を取っている。これらの研究では、全サーバ・クライアント間での時間を同期させて、クライアントが受信してから送信するまでの時間を測定し、順序制御を行っていたり、クライアントでの出力時刻を同期させる手法で順序制御を行っていた。しかし、常に遅延時間は変化しているのでクライアントでの出力時刻を同期させたり、全サーバ・クライアント間での時間を同期させたりすることは制御が困難で厳密に行えないといった問題がある。また、制限時間内に全クライアントからのレスポンスが返ってきても制限時間まで待ち合わせるため、無駄な時間が発生するといった問題が残されている。これらの問題を解決すべく通信方式として3節では、リアルタイム性を向上させ、クライアント側での制限時間により、無駄なトラフィックを軽減することを目的とした反応速度による順序制御の提案を行う。

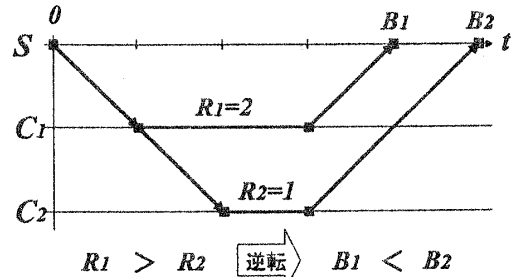


図1 逆転現象

3 反応速度による順序制御の提案

3.1 提案方式の特長

リアルタイム性を考慮し、ユーザの公平性を保証する本提案方式の主な特長を以下に示す。

反応速度による順序制御： クライアント側で画面が表示されてからユーザが次のイベント動作を行うまでの反応速度により順序制御する

クライアント側の制限時間： クライアント側でユーザの反応時間の制限を設け、サーバ側に無駄なパケットを送信しないことでトラフィックの軽減をする

サーバの動的な待ち合わせ時間： サーバ側での待ち合わせ時間を毎回全クライアントの遅延時間の変動を観測することで動的に変更する

待ち合わせ時間の短縮： 待ち合わせ時間に関係なく全クライアントのイベントパケットをサーバが受信すれば、その時点で順序制御する

3.2 提案方式の順序制御

3.2.1 初期遅延時間の設定

本提案方式では、サーバがイベントをクライアントにマルチキャストし、クライアントがそれに対するレスポンスを返す1サイクルを1ターンと呼ぶことにする。また、 S をサーバ、 C_i をクライアント ($i = 1, 2, \dots, n$)、 T_j を j ターン目の最大待ち合わせ時間 ($j = 1, 2, \dots, \infty$)、 $R_{i,j}$ を反応時間、 $D_{i,j}$ を往復遅延時間、 $B_{i,j}$ を反応時間を含めた往復時間、 L_j をクライアント側の制限時間と定義する。

まず最初にサーバ S に対してクライアント C が接続を行い、次に各 C は初期往復遅延時間 $D_{i,1}$ の設定のために、 S が全 C に対してパケットをマルチキャストし、それに対して全 C は $R_{i,1} = const$ で S に応答を返す。 S は受信したパケットから各 C の初期往復遅延時間 $D_{i,1}$ の設定を行う。

A Real-Time Network Protocol with Guaranteed Fairness of Users' Response.

Takashi Ishikawa, Susumu Ishihara, Tetsuo Ideguchi and Tadanori Mizuno

Shizuoka Univ., 3-5-1 Johoku, Hamamatsu, 432 Japan

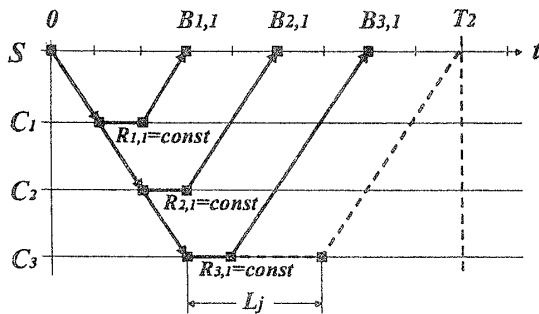


図2 初期往復遅延時間の設定 ($L_j = 3$)

反応時間を含めない往復遅延時間の計算は、

$$D_{i,1} = B_{i,1} - \text{const}$$

となる。ここでは図2のように $D_{1,1} < D_{2,1} < D_{3,1}$ であるとする。

また、C側でも制限時間を設け、制限時間を越えるとC側で破棄することによって無駄なトラフィックを軽減する。このクライアント側での制限時間と最大遅延時間の和によって、サーバでの最大待ち合わせ時間が T_j が決定する。 $D_{i,1}$ の最大値からS側での最大待ち合わせ時間は(初期) $T_2 = \alpha \max(D_{i,1}) + L_1$ となる。ここで、 α を、遅延変動係数とし、初期設定においてのみ往復遅延時間は全てのCの情報が見られるまで行う。

3.2.2 イベント順序制御

2ターン目以降のイベント順序制御と動的な待ち合わせ時間の変更について説明する。まず、Sが全Cにイベントパケットの送信を行う。各Cはパケットを受信し、イベント命令と反応時間 $R_{i,j}$ の値の情報を付加し、Sに送信する。Sは各Cからのパケットを受信し、 $R_{i,j}$ により順序制御を行う。ここで L_j を越えたパケットはC側で破棄されるので、 T_j までに受信したパケットはすべて順序制御の対象となる。

j ターン目に受信した全Cからのパケットにより

$$D_{i,j} = B_{i,j} - R_{i,j}$$

となる。 $D_{i,k}$ ($k = 1, 2, \dots, j$) から適切な手法で得られる $D_{i,j+1}$ の予測値を $\widetilde{D}_{i,j+1}$ とすると、 $T_{j+1} = \alpha \max(\widetilde{D}_{i,j+1}) + L_{j+1}$ となり、次のターンでのSの待ち合わせ時間は T_{j+1} に変更する(図3)。常に変化する遅延時間に対して1ターンごとにSの待ち合わせ時間を動的に変更する。

3.2.3 待ち合わせ時間の短縮

図4のように、 T_j までに全Cからの応答を受信したその時点で1ターンとし順序制御を行うことにより待ち合わせ時間の短縮を行う。ここで問題となるのが、図3に示すように、Sは必ずしも最大待ち合わせ時間 T_j までに全Cからのパケットを受け取るわけではないということである。つまり、C側の制限時間によって、パケットが送信されずに破棄されていたり、ネットワークの途中でパケットが落ちている場合がある。一般的に最大遅延時間

$$\max_i(\widetilde{D}_{i,j}) - L_j < \widetilde{D}_{k,j}$$

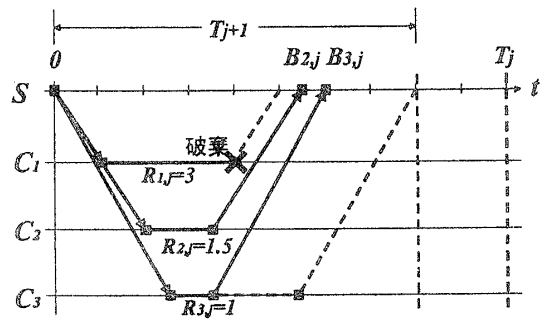


図3 待ち合わせ時間の変更 ($L_j = 3$)

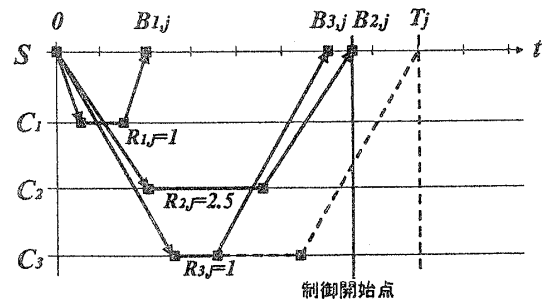


図4 待ち合わせ時間の短縮

を満たすCが存在し、そのうちSがまだパケットを受信していないものの集合を Y とすると、

$$T'_j = \max_{i \in Y} (\widetilde{D}_{i,j} + L_j)$$

まで待ち合わせるか、もしくは、クライアント $i \in Y$ からのパケットをすべて受信した時点で、順序制御を開始する。この短縮により、Sでの無駄な待ち合わせ時間を省略することができ、リアルタイム性の向上させることができる。

4 おわりに

リアルタイム性の強いネットワークアプリケーションでの公平性を保つための順序制御を提案した。今後、予測値 \widetilde{D} 、変動係数 α 、制限時間 L_j の適切値をプロトタイプにより検証を行い、本提案通信方式を設計・実装するにあたり、評価シミュレーションとしてネットワーク対戦型サッカーゲームを設計・実装し、評価を行う。

参考文献

- [1] 徳永博之, 関野公彦, 久保田創一, 佐藤栄: リアルタイムグループウェアにおけるイベント順序制御の一考察, 情処学 DPS 研報, 82-30, pp. 171-176, (1997.4).
- [2] 伊関宏心, 富永英義: マルチメディアシステムにおけるイベント順序制御手法の提案, 電子情報通信学会総合大会, B-7-174, pp. 295, (1998).
- [3] 桑子純一, 瀬崎薫: 分散環境におけるメディア同期, 信学技報 SSE98-100, IN98-81, pp. 67-72, (1998.9).
- [4] 橋芳郎, 石橋豊, 田坂修二: Δ 因果順序制御を用いたメディア同期方式の性能評価実験, 信学技報, SSE98-203, IN98-175, pp. 25-30, (1999.3).