

4U-01 メンバ間公平性保証方式における遅延格差吸収機構

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・ADSL などの高速回線が普及する一方で、携帯電話やモデムを介した低速回線も広く利用されている。このような高速・低速回線の混在するインターネット環境においては、ネットワーク対戦ゲームなどを利用する際に端末間の遅延差によりメッセージの到着順序がサーバ側で逆転する現象が起きる。それにより起こるユーザ間の不公平さを解消するための機構として、筆者らは対戦ゲームにおけるメンバ間公平性保証方式 (ICEGEM: Impartial Communication Environment for Game Members) を提案している。過去の文献 [1] で実験により遅延格差吸収機構についての有効性を検証したが、本稿ではインターネット環境により近い遅延時間の設定での制限時間の変動を測定する実験を行い、遅延格差吸収機構の有効性を検証する。

2 関連研究

上記のような逆転現象に対して順序を制御する [2][3] の研究がある。これらの研究ではサーバ側で一定時間クライアントからの応答パケットの待ち合わせを行っている。また、サーバ・クライアント間の時刻同期や全クライアントでの表示時刻の同期を行い、クライアントの応答パケット送信時刻によって順序の制御を行っている。しかしながら、遅延時間は常に変動しているので全クライアントで表示時刻を完全に同期させることは困難である。また、高速・低速回線の混在するインターネット環境での利用を想定していないことや制限時間内に全クライアントからの応答パケットがサーバに到着しても制限時間が固定であるので、無駄な待ち時間が発生するなどの問題がある。

3 ICEGEM

3.1 反応時間に基づく公平性保証

関連研究の問題を解消し、サーバ・クライアント間での時刻同期を必要としない反応時間に基づく公平性保証方式を提案している。図 1 に ICEGEM の反応時間に基づく公平性保証と遅延格差吸収機構の概要を示す。各クライアントはサーバからのメッセージを受信すると、そのイベントに対するユーザの反応時間 R と応答メッセージをサーバへ返信する。サーバ

A Synchronous Mechanism for Offering Impartiality to Game Members
Takashi Ishikawa, Susumu Ishihara, Tetsuo Ideguchi and Tadanori Mizuno
Shizuoka Univ., 3-5-1 Johoku, Hamamatsu, 432 Japan

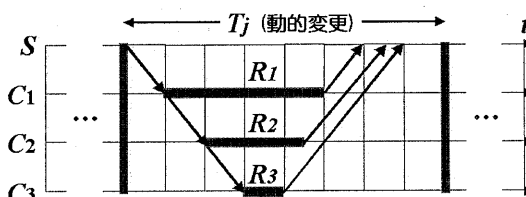


図 1 ICEGEM の概要

はメッセージの送信から j ターン目の制限時間 T_j までに各クライアントから受信したパケットに対し、反応時間 R に基づいて順序の制御を行う。これにより、サーバ・クライアント間の時刻同期及び端末間同期の必要がなく公平性を保証できる。

3.2 動的制限時間

動的制限時間では、全クライアントの遅延時間の測定・予測に基づいて、メッセージ順序の判定のための制限時間を動的に変更させ、さらに無駄な待ち時間を短縮させることで即応性を向上する。クライアント側では、クライアント側の制限時間 L_j を設け、反応時間がクライアント側の制限時間を超過した場合、ユーザの応答メッセージは、タイムオーバー情報とともに自動的にサーバに送信される。サーバ側の制限時間 T_j は、全クライアントの遅延時間の測定から予測される往復遅延時間 P_j に、クライアント側の制限時間 L_j を加算した値に設定する。以下にサーバ側の制限時間を求める式を示す。

$$T_{j+1} = \beta P_{j+1} + L_{j+1} \quad (1)$$

$$P_{j+1} = \alpha P_j + (1 - \alpha) \{ \max(D_{i,j}) \} \quad (2)$$

ここで、 i はクライアント番号、 D は往復遅延時間とする。また、 $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ は前ターンの予測往復遅延時間に与える重みづけで、 β は遅延変動を吸収するパラメータとする。 α 、 β の値は T_j によって緩やかな遅延変動に対しては吸収、パケットロスや突発的な遅延増加に対しては待ち合わせをせずパケット破棄が行われるように設定される。

サーバ側の制限時間 T_j までに全クライアントからの応答パケットを受信した場合、順序の制御が可能になるので、その時点から 1 ターンとして制限時間を短縮する。一方、通信路の途中でパケットロスを起こしたり突発的な遅延増加により T_j までに応答パケットが到着しない場合には、そのクライアントの遅延時間の履歴から予測受信時刻を超過した時点で、パケットロスか突発的な遅延増加が起きたと判断し、受信を待たずして制限時間の短縮を行う。この短縮により無駄な時間を省略し即応性を向上させることができる。

4 遅延格差吸収機構の評価実験

4.1 実験環境

クライアント側で表示された単語をタイプし、その反応時間が短かった順にランキング表示を行い、タイピングの速さを競うネットワーク対戦タイピングゲームを実装した。インターネット環境により近い遅延時間の設定での制限時間の変動を測定するため、以前の実験 [1] よりクライアントへの擬似遅延の設定値を小さく変更して実験を行った。

実験環境は、サーバと全クライアントは同一の LAN に存在し 100Mbps で接続されており、クライアント内で端末ごとにそれぞれ異なった擬似遅延を設けた。Client1, Client2 には、それぞれ 0[sec], 0.5[sec] の固定往復遅延をクライアント内で発生させた。Client3 では初期往復遅延 1.0[sec] から毎ターン ± 0.1 [sec] 以内の範囲でランダムに増減させた。また、突発的な遅延増加として、5(%) の確率で片方向 2[sec] 程度の遅延が起こるように設定した。それぞれ平均往復遅延時間は、0.004, 0.501, 0.864[sec] となった。

4.2 実験内容

実験項目を表 1 に示す。 α , β , クライアントの制限時間の値はそれぞれ以前の実験 [1] で求めた適切値 0.75, 1.5, 1.5[sec] とした。

表 1 実験項目

	クライアント環境	測定データ
実験 1	Client1, 2, 3	遅延時間と βP_j
実験 2	Client3×3	遅延時間と βP_j
実験 3	Client3×3	短縮ターン数と短縮時間

4.3 制限時間の変動

実験 1 の結果を図 2 に示す。図中には (1) 式中の T_j から L_j を差し引いた待ち合わせ時間 βP_j もあわせて示す。Client1, 2 の固定遅延に対して Client3 は緩やかな変動部分と突発的な遅延増加部分があり、 βP_j はこの緩やかな変動を吸収して Client3 のゲームへの参加を助ける役目を果たしている。一方、突発的な遅延増加に対してはゲームスピードを損ねる原因となるので破棄している。以前の実験ではクライアントの遅延時間が大きい値であったため、それにより βP_j の値も大きくなり遅延変動にあまり関係なく余分な時間を待ち合わせに費やしていた。一方、実験 1 では遅延時間を小さく設定したことにより余分な待ち合わせ時間をとることなく、Client3 の緩やかな遅延変動に対しては吸収することができた。

実験 2 で得られた遅延変動と βP_j を図 3 に示す。実験 1 と同様に 3 つのクライアントの緩やかな遅延変動が吸収されているのが確認できる。しかしながら、30 ターン前後での User2 の遅延時間が増加により待ち合わせ時間 βP_j の値も大きくなってしまい、即応性を損ねる原因となってしまった。遅延格差吸収機構の制限時間を求める (1)(2) 式の再検討が必要と考える。

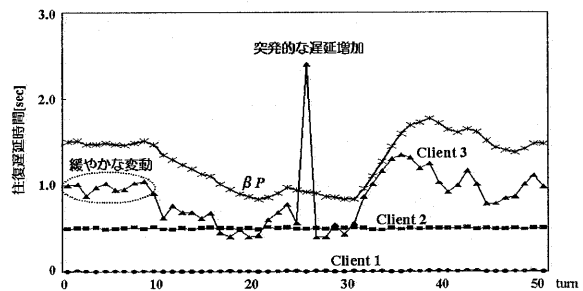


図 2 実験 1: Client1, 2, 3 の場合の制限時間の変動

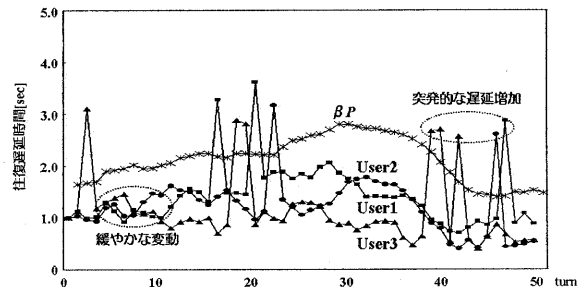


図 3 実験 2: Client3×3 の場合の制限時間の変動

4.4 制限時間の短縮効果

実験 3 では 100 ターン中 93 ターンサーバ側で制限時間の短縮が行われた。総ゲーム時間は 434.6[sec] で総短縮時間は 80.9[sec] となり、約 20(%) 近くの時間を短縮させることができた。サーバ側の制限時間の短縮が行われた回数のうちわけは、制限時間以内に全パケットが到着した場合が 79 ターンで、遅延時間の小さい端末の未受信パケットがある場合が 14 ターンであった。サーバ側の制限時間の短縮により、ゲームの即応性を向上させる効果があったといえる。

5 おわりに

本稿ではメンバ間公平性保証方式の遅延格差吸収機構について実験により遅延時間の予測と制限時間の短縮の効果を検証した。その結果、遅延差のある端末間において緩やかな遅延変動は吸収を行い、突発的な遅延増加は破棄することができた。さらに、制限時間の短縮により即応性を向上させることができた。

今後の課題としては、ユーザの反応時間を偽証された場合への対処と、遅延格差吸収機構の制限時間を求める (1)(2) 式の再検討である。

参考文献

- [1] 石川貴士, 石原進, 井手口哲夫, 水野忠則: メンバ間公平性保証方式の同期機構の特性評価, 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信, Vo.2000, No.15, pp. 81-88, (2000).
- [2] Y. Ishibashi and S. Tasaka : A group synchronization mechanism for live media in multicast communications, in *Conf. Rec. IEEE GLOBE-COM'97*, pp. 746-752, (1997).
- [3] 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).