

# コーディネーター離脱に耐性を持つ P2P オンラインゲームの制御手法の検討

大島 賢司<sup>†</sup> 大関 和夫<sup>‡</sup> 平川 豊<sup>‡</sup>

芝浦工業大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻<sup>†</sup> 芝浦工業大学工学部情報工学科<sup>‡</sup>

## 1. 背景

FPS(First Person Shooting)というジャンルのゲームがある。これは一人称のシューティングゲームで、3D ゲーム空間内で銃を持ち、オンラインで他のプレイヤーと対戦する事が出来る。対戦はクライアント・サーバモデルで実現されている物が一般的であるが、近年 P2P モデルも増加している。中でも有名な SuddenAttack や AVA では、1 つのノードがコーディネーターとなり、他の参加ノードがそれに接続する Hybrid モデルと呼ばれるトポロジを採用している事が Han ら[1]により知られている。Hybrid モデルにおけるゲーム進行の流れを説明する。

- ① 参加ノードは自身のゲーム情報（ゲーム空間内の座標、体力、当り判定結果など）をコーディネーターに送信する。
- ② 各参加ノードからのゲーム情報を受け取ったコーディネーターは、自身のゲーム情報とそれらを統合した統合情報を作成、全参加ノードに送信、描画を行う。
- ③ 統合情報を受信した参加ノードはこれを元に描画を行う。

以上①～③を繰り返す事でゲームを進行させていく。ゲーム情報と統合情報の送信は固定間隔(40ms)で行われ、ノード間の時間は NTP(Network Time Protocol)等で同期しているものとする。また全ノード中で処理性能、通信帯域が優れているノードをコーディネーターとして選出する。

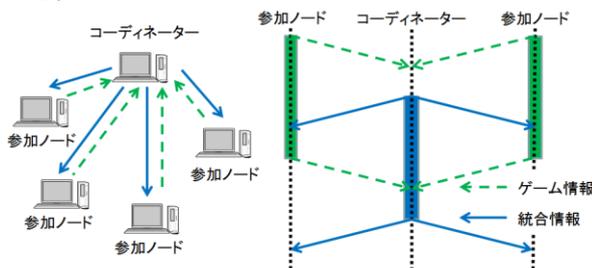


図1 Hybridモデルのトポロジとゲーム進行の流れ

## 2. 問題点

Hybrid モデルでは全ての情報はコーディネーターを経由してやり取りされる。従ってコーディネーターがクラッシュや通信障害によって異常離脱してしまった場合、新しいコーディネーターを決定してトポロジを再構築し、ゲーム進行が再開されるまでの間、全ノードで情報の送受信が滞ってしまう。そのため各ノードは描画を行う事が出来ずにラグが発生したり、ゲーム空間での行動が全体に反映されない等の不都合が起きてしまう。

特に FPS は競技性が高く、僅かなラグや遅延がゲームプレイに大きく影響する。そこで本研究ではコーディネーターの異常離脱が P2P オンラインゲームに及ぼす影響を低減する制御手法を検討する。

## 3. 提案手法

本研究ではコーディネーター、参加ノードに加えてコーディネーターを補助するバックアップノードを導入する。バックアップノードにはコーディネーターに次ぐ性能のノードを選出する。参加ノードはゲーム情報をバックアップノードにも送信する。それと同時にコーディネーターもバックアップノードへゲーム情報を送信する。これによりコーディネーターだけでなくバックアップノードも自身以外の全ノードのゲーム情報を受信し、統合情報（バックアップ統合情報）を作成、送信することができる。

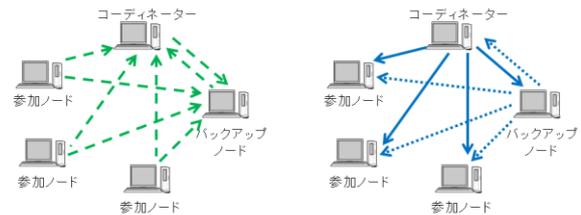


図2 バックアップノード導入時のトポロジ

バックアップノードはゲーム情報送信時にコーディネーターからの統合情報の受信を監視するタイマーをセットする。タイマーのセット値はゲーム情報を送信してからそれに対する統合情報を受信するまでの往復時間にそのジッタを加えたものとする。ジッタの導出には RFC3550 の定義を用いる。タイムアウトした時点でバックアップノードがコーディネーターからの統合情報の受信を確認出来ない場合、バックアップ統合情報をコーディネーターに代わって全参加ノードへ送信し、コーディネーターが離脱した際には直ちに引き継ぐ。

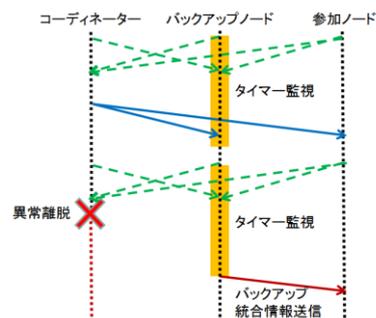


図3 バックアップ統合情報送信の流れ

Coordinator Failure Tolerance in Peer-to-Peer Online Game

<sup>†</sup>Kenji Oshima, <sup>‡</sup>Kazuo Ohzeki, <sup>‡</sup>Yutaka Hirakawa

<sup>†</sup>Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology

<sup>‡</sup>Shibaura Institute of Technology

バックアップノードへの統合情報がロスした、または突発的な遅延によってタイムアウト前に受信できなかった場合、コーディネーターが離脱していないにもかかわらずバックアップ統合情報を送信する事があるが、参加ノードは受信時に統合情報と見比べる事で描画するか破棄するか判定する。また参加ノードはバックアップ統合情報を受信したらバックアップ情報受信フラグを立てる。統合情報を受信した場合はフラグを下ろす。ゲーム情報送信時にフラグが立っていたらコーディネーター離脱フラグを立てて送信する。バックアップノードが一定数の参加ノードからコーディネーター離脱フラグの立ったゲーム情報の受信を確認したら、自身をコーディネーターへと状態遷移させ、次のバックアップ統合情報にコーディネーター変更フラグを立てて送信する。これを受信した参加ノードはランク表に従い自身の状態を遷移させ、通常のゲーム進行状態へ復帰する。

#### 4. 評価

ネットワークシミュレータ QualNet に本手法の制御モデルを実装し、バックアップノードを備えない既存手法と比較した。コーディネーターの離脱がゲームに与える影響については、コーディネーター離脱による各ノードが統合情報を受信できない期間の最大時間で評価する。また提案手法のオーバーヘッドの検討を行う。

##### 4.1 既存手法

既存手法の制御方法について以下に示す。

- ① ゲーム情報を送信する度にコーディネーターからの統合情報の受信を監視するタイマーをセットする。
- ② タイムアウト時に統合情報の受信が確認できない場合はランク表に従い、次のコーディネーター候補ノードにコーディネーター離脱フラグを立てたメッセージを送信する。
- ③ コーディネーター候補ノードが一定数の離脱フラグ付きメッセージを受信したら、コーディネーターへ状態遷移し、参加ノードに自身が新コーディネーターになった通知と共にゲーム情報の送信を要求する。一定数に届くまでの間に、コーディネーターから統合メッセージを受け取った時はカウンタをリセットする。
- ④ 新コーディネーターは全ノードからのゲーム情報を集めて統合メッセージを作成、参加ノードへ送信する。以降、通常のゲーム進行状態へ移行する。

##### 4.2 シミュレーション条件

ゲーム情報、統合情報は [1] よりそれぞれ 1000Byte/packet, 100Byte/packet に設定した。端末・ネットワーク間のリンクに 10ms, 20ms, 30ms, 40ms の 4 パターンの伝送遅延を設定した場合、遅延がコーディネーター離脱に与える影響についてシミュレーションにより解析した。

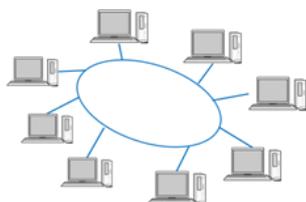


図4 シミュレーション環境

##### 4.3 シミュレーション結果

図5にコーディネーターの離脱によって統合情報の配信が滞った時間を伝送遅延別に示す。プレイヤー数が4人、伝送遅延を40msに設定した時、提案手法では比較モデルと比べて統合情報の配信が滞った時間を71%短縮する事が出来た。プレイヤー数8人、伝送遅延40msの場合も60%短縮された。

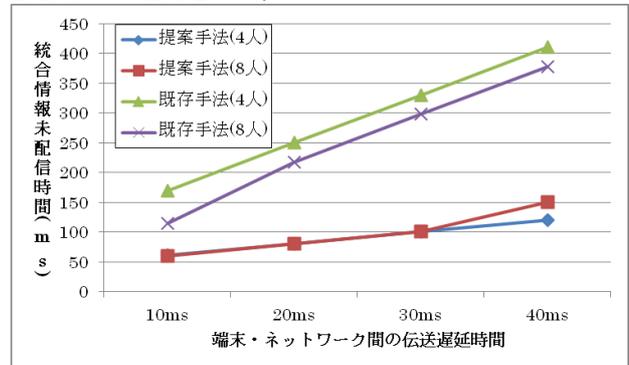


図5. コーディネーター離脱による統合情報未配信時間

##### 4.4 オーバーヘッド

本手法ではバックアップノードにゲーム情報を集めるために通信が増加する。ゲーム情報パケットが 1000Byte で 40ms 周期でコーディネーターに送信するので、参加ノードの必要上り伝送速度は既存手法で 200Kbps だが、提案手法ではバックアップノードにも送信するので 400Kbps となる。従って最大上り伝送速度 1Mbps の ADSL 回線利用者の場合、参加ノードとして既存手法では最低 20% の上り実効速度が必要条件であったが、提案手法では最低 40% の上り実効速度が必要となる。また、コーディネーターもゲーム情報をバックアップノードに送信するので、必要上り伝送速度が本来の統合情報送信に加え 200Kbps 増加する。例えば、通常は広帯域回線利用者がコーディネーターとバックアップノードになるが、もし参加者に FTTH 回線利用者がおらず、上り実効速度 0.6Mbps の ADSL 回線利用者がコーディネーターになった場合には、既存手法では 31 人対戦が上限であったが、提案手法では 21 人対戦が上限となる。

#### 5. 結論・今後の課題

本手法では Hybrid モデルトポロジにバックアップノードを導入する事で、コーディネーターが異常離脱した際のゲームへの影響を最小限に抑える制御手法の提案、シミュレーション評価を行った。結果としてコーディネーター離脱時に発生する各ノードへの統合情報の未配信時間を大きく低減し、コーディネーターの異常離脱がゲームに及ぼす影響を抑える事が出来た。今後の課題としては、新コーディネーター候補の決め方に他ノードとのネットワーク距離を考慮する事でより迅速なトポロジ再構築を目指す事が挙げられる。

#### 6. 参考文献

- [1] Yong-Tae Han, Hong-Shik Park, "UDP based P2P game traffic classification with transport layer behaviors", *Communications, 2008. APCC 2008. 14th Asia-Pacific Conference on*, On page(s): 1 - 5, Volume: Issue: , 14-16 Oct. 2008