

P2P モデルのオンラインゲームにおける 複数要素を考慮したスーパーノードの選択手法

畠 中 紀 行^{†1} 植 田 和 憲^{†1}

本研究では、P2P ネットワークモデルのオンラインゲームにおけるスーパーノードの選択方法についての指針を与える。P2P ネットワークモデルのオンラインゲームでは、スーパーノードを選択する際に各ノードの性能として処理能力や回線速度、信頼性など複数の要素を調査した上で決定することが望ましいが、それぞれの要素について性能を調査できたとしても、複数の要素を単純に比較することはできない。そこで、基準点を設けたうえで各要素について定量化し、比較することで、複数の要素を考慮したスーパーノードを選択する手法を提案する。

Supernodes Selection Method Based on Performance and Adequacy of Peers on P2P Online Game Systems

NORIYUKI HATAKENAKA ^{†1} and KAZUNORI UEDA^{†1}

On online game systems based on P2P network model, supernodes are assigned transactions of the games. Although, system administrators of such P2P online game systems should consider performance and adequacy of peers which would be selected as supernodes of the systems, it is impossible to consider those factors with the same criterion. We therefore propose a new method to select nodes which are regarded as supernodes on these online game systems.

1. はじめに

近年、多数の人間が同時にインターネット等のネットワーク通信を介して同じ仮想空間を

共有する遊びであるオンラインゲームが注目を集めている。従来、オンラインゲームはクライアントサーバモデルで実現されてきた。クライアントサーバモデルでは同時にゲームに参加するユーザ数をあらかじめ想定して、帯域の拡張やサーバ増設などの設備投資を行う。しかし、この方法で遅延増大の抑制を意図しても、想定数以上のユーザが同時にゲームに参加すると、帯域やサーバの処理能力が不足し、遅延の増加が避けられずユーザの不満に繋がる。そこで、ユーザの増加に応じて、システム全体の処理性能を増加させることができるP2P ネットワークモデルに基づくオンラインゲームの研究が進み、P2P ネットワークモデルを採用した P2P オンラインゲームが実現した。しかし、処理を分割したことによる遅延の増大や悪意をもったノードによる不正の発生などユーザの不満につながる重要な問題を考慮する必要がある。そこで、遅延の低減や不正の防止を行うことでユーザの満足度の高いオンラインゲームをつくることが望まれている。

クライアントサーバ型のオンラインゲームにおいては一般に、能力が高くある程度一定なサーバ群がゲームの各処理を分担する。P2P オンラインゲームにおいては、処理を担当する各ノードを何らかの方法によって選出することになるが、クライアントサーバモデルと比較するとそれらのノードの性能は必ずしも一定ではない。それらのノードに一律の負荷がかかった場合、性能が低いノードは過負荷状態に陥り、かつ性能が高いノードの処理能力は有効に使われない、といった状態になる可能性がある。また、複数のノードで処理を担当する場合、処理を行うノードの数が増加すれば増加するほど処理結果の統合や同期を行うための処理に長い時間を要することになる。さらに、ゲームの運営者が管理するサーバによる処理とは違い、すべてのノードが信頼できるとは限らない。オンラインゲームにおける満足度は操作が反映されるまでの遅延時間や不正行為の有無に影響されるため、これらを P2P オンラインゲームでどのようにして改善するかが課題となる。

そこで本研究では、P2P オンラインゲームにおいて、各ノードの性能などに応じて処理を分散させ、状況に応じた適正なノード数で負荷分散を行う手法を提案する。具体的には、処理の分散に際し、処理性能が比較的高い・帯域が比較的高い・信頼性が比較的高いなどのノードを優先して選出し、それらのノードの性能に応じた負荷をかけることで、処理結果の統合や同期化を行うための処理に必要な時間の低減および不正の防止などオンラインゲームの満足度を高めることを目指す。性能が高いノードを決定するため、各ノードの処理能力、帯域、信頼性というパラメータを定量化し、それを基に各ノードの性能を比較する。

^{†1} 高知工科大学

Kochi University of Technology

2. オンラインゲームシステム

2.1 オンラインゲームを実現するためのネットワークモデル

クライアントサーバモデルは、サービスの提供を行うサーバとサービスを受ける立場のクライアントから成り立つネットワークモデルである。サーバには、サービスを提供するために必要なプログラムをサーバで処理しデータを転送するため、高い性能と十分なネットワーク帯域が求められる。オンラインゲームにおいて、サーバはゲームの運営会社が用意することが多く、サーバは信頼できる機器として扱われる。クライアントサーバモデルは、サーバの安定性や信頼性が高い、課金制度に向くというメリットがあるため、従来、オンラインゲームで採用されてきた。しかし、定常的に特定のサーバに対する負荷が許容範囲を超える状態に陥ると、対応する方法が少ないというデメリットがある。このモデルで同時に複数のサーバを運用する場合、負荷分散や同期を行うためにもサーバ等が必要となる。

P2P ネットワークモデルは各ノードが対等な立場（ピア）となるモデルである¹⁾。各ノードは、サービスを受けるユーザの立場とサービスを提供するクライアントの両方の性質を併せ持つ。システム全体の状態に応じて、提供されるサービスの内容は変化する。ネットワーク形態として、ノードの参加・離脱を管理するサーバを配置し、通信自体はノード同士で行うハイブリッド P2P 型やネットワークにおけるすべてのサービスを自律的に各ノードが提供するピア P2P 型などが存在する。ネットワークモデルとして P2P ネットワークモデルを採用するオンラインゲームにおいては、課金などに必要なユーザ管理システムを管理下のサーバで集中的に構築したい場合はハイブリッド P2P 型を採用することになる。

P2P ネットワークモデルによってオンラインゲームシステムを提供することには、ノードに任せることができる処理を割り当てられるノード群のノード数を調節しシステム全体の性能を向上させることができるというメリットがあるが、どのノードが信頼できるかという明示的な基準を示すことが難しいというデメリットもある。また、負荷を分散させ、データの同期を行うためには、それらの処理についてサーバが行っていた処理も同様にノードに割り当てる必要がある。

さらに、クライアントサーバモデルのオンラインゲームではサーバの停止の条件をある程度コントロールできるが、P2P オンラインゲームにおいては、各ノードの生存時間が明示的でなく、各ユーザが任意にゲームとの接続関係を切ることができるため、ノードが唐突に離脱する場合を考慮する必要がある。スーパーノードにあたるノードが急にゲームから離脱すると、ゲームの内容の一部が複製されずに破棄されてしまう。そこで、スーパーノードに

あたるノードがゲームから離脱してもゲームの状態を維持できるように、データをバックアップしておくバックアップノードの配置や、接続時間を考慮したアルゴリズムを用いて領域の複製回数を低減する手法が提案されている⁴⁾。

2.2 負荷分散

まず、P2P モデルにおける負荷分散手法としてノードの処理能力と回線速度を組み合わせ、性能を定量化し、比較する手法が提案されている⁶⁾。この手法では定量化した性能と負荷のデータ量と処理時間の間に相関関係をもたせ、各ノードの性能に応じた負荷を処理させることで、処理時間の均一化を行い、システム全体の性能を向上させている。この手法ではグリッドコンピューティングのようにひとつひとつのタスクが非常に大きく、単独のノードが数時間かかるような負荷を分散した場合を想定してシミュレーションを行っている。

次に、オンラインゲームに限定しない負荷分散手法として、各ノードの負荷の状況を監視し状況に応じて負荷を分散させていく動的負荷分散手法とあらかじめ決められたアルゴリズムに従って負荷を分散させていく静的負荷分散手法がある。動的負荷分散手法のアルゴリズムとして、既に確立されているユーザとサーバのコネクションの数を把握しておき、必要に応じて負荷を割りふる手法が挙げられる。静的負荷分散手法のアルゴリズムとして、ラウンドロビンが挙げられる。動的負荷分散手法は静的負荷分散手法と比較して、負荷分散のために必要な処理が多くなるが、負荷の偏りに対してより柔軟に対応することができる。

クライアントサーバモデルのオンラインゲームにおいて、クライアントに与える情報を可視範囲に限定することで同期の回数を低減する手法やイベントの種類毎にサーバを分割することで負荷を分散させる方法、サーバが処理する仮想空間の領域を可視領域に基づいて分割することで負荷を分散させる方法がある⁵⁾。これらの手法を組み合わせることによって、負荷を一定の値以下まで分散することができる。

2.3 P2P オンラインゲームにおける負荷分散

これまでに、P2P オンラインゲームにおける負荷分散手法も提案されている^{7),8)}。この手法では、各ノードは担当ノード、子ノード、一般ノードの3種類に分類される。担当ノードはイベントの割り振りを行うノードであり、イベントの結果の通知、イベントの処理要求の受け入れも同時に行う役割も担っている。子ノードは実際にイベントを処理する役割を担う。一般ノードはゲームに参加するクライアントである。担当ノードの役割と一般ノードの役割は重複して構わないが、担当ノードと子ノードは重複させない。処理の流れとしては、まず、一般ノードがイベントを発生させた場合は、担当ノードに処理の依頼を行い、次に担当ノードが担当ノードと子ノードを使ってイベントの処理を行う。最後に担当ノードはイベ

ントが処理される毎に処理結果を処理結果を受け取る約束をしている一般ノードに配送する。なお、一般ノードは自ノードのアバタの可視領域に応じて担当ノードを選び、処理結果を受け取る約束をしておく。

仮想空間を均等な M 個の空間に分割し、分割した 1 つの空間につき、1 つの担当ノードを割り当てる。また、各担当ノードに対して、一定数の子ノードを割り当てる。一般ノードからの処理の依頼は担当ノードに対して送られ、担当ノードが子ノードに割り当てる。担当ノードは、子ノードに割り当てられているイベントの数と担当ノードに処理の依頼をする可能性のあるノードの数を数えており、これらから子ノードの負荷を想定する。子ノードの負荷がしきい値を超えたら、担当ノードに処理の依頼をする可能性のあるノードをふたつに分割して、子ノードを担当ノードに昇格させ、処理を代行させることで、各ノードにかかる負荷をできる限り均等に分散させている。システム全体の負荷が減少した場合は、必要に応じて子ノードの統合を行う。

一般ノードの所属を 1 つの可視領域に限定する場合、パーティー間のチャットやギルド間のチャット等、複数のサーバ・担当ノードに渡って同期を取るイベントでも処理できるような仕組みを考慮する必要があるが、この手法では、同時に複数の可視領域に所属することを許すことによってこの問題を解決している。

この手法では、担当ノードは不変という前提で行っているため、担当ノードと子ノードの遅延時間を測り、バックアップノードと、子ノードでバックアップノードの方が遅延時間が少ない場合、交代させている。図 1 にネットワークモデルを示す。

2.4 P2P オンラインゲームにおけるノードの信頼性

P2P ネットワークを構成する上で考慮しなければならない問題として、必ずしも全てのノードが協力的であるとは限らないという問題がある。この問題を解決するひとつの方法として、ノードの振舞いに応じて提供されるサービス量を柔軟に対応することで、格差サービスを実現する研究が進められている²⁾。この研究では、信頼性の連鎖を用いた評判問い合わせシステムを利用することで、悪意のあるノードとの取引を中止させることができると示されている。なお、既存手法では信頼性を示す指標として、過去のノードの振る舞いを平均する手法、確率的な構造を用いる手法、信頼できるノードの連鎖を利用する手法、などを挙げている。また、システムへの協調参加を促す手法として、サービスの提供の量に応じて金銭を支払う手法や、サービスの量に応じて受け取るサービスに格差を設ける手法を挙げ、ノードの振る舞いとして、積極的にシステムに貢献するノード、比較的積極的にシステムに貢献するノード、比較的消極的にシステムに貢献するノード、全くシステムに貢献しようと

図 1 負荷分散ネットワークモデル
Fig.1 The network model aimed for load distribution

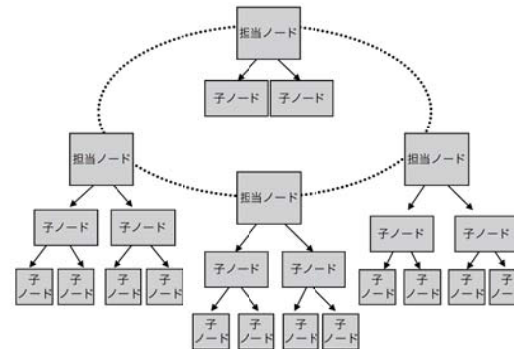
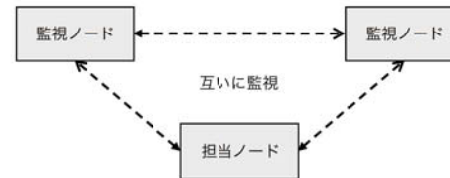


図 2 監視ノードによる不正検出機構
Fig.2 Cheat detection by observer nodes



しないノード、システムに害を与えようとする悪意を持ったノードを想定している。

また、P2P オンラインゲームでは、処理を担当するノードによってユーザ情報や処理結果が不正に改ざんされる可能性がある。そこで、図 2 のように担当ノードを他のノードの監視ノードとし、不正の発生を検知する機構を設ける。この手法では、担当ノードと監視ノードでの処理結果に矛盾が無ければゲームに一貫性があり不正が行われておらず、担当ノードと監視ノードでの処理結果に矛盾があればゲームの一貫性が保たれておらず不正が行われている可能性があるとして定義されている³⁾。

3. スーパーノード選択手法の提案

これまで述べたように、クライアントサーバモデルによるオンラインゲームにおける固定

のサーバを設置せずに、ゲーム内の処理を分割し複数のスーパーノードに処理させることで十分な性能を持つ P2P ネットワークモデルを採用したオンラインゲームシステムを構築することが可能であると考えられる。また、ノード同士の情報交換によって悪意のあるノードを排除するなどの手法によりゲーム内の処理を担うスーパーノードの信頼性を確保することも可能であると考えられる。そこで本研究では、これらを実現する手法を前提としてスーパーノード選択を行える手法及びフレームワークについて提案する。

3.1 オンラインゲームにおけるユーザの満足度

オンラインゲームにおけるユーザの満足度は、遅延の程度と不正行為の頻度によると考えられる。

オンラインゲームにおける遅延は、サーバにリクエストを出してから結果が反映されるまでの時間を指す。多人数同時参加型オンライン RPG と呼ばれるオンラインゲームではサーバに対してリクエストを出してから結果が返ってくるまでの時間が 400ms 以上経過するとユーザに遅延が発生していると感じさせる。遅延が発生している状況として、サーバや担当ノードに対して処理能力以上の負荷がかかり、過負荷状態になって処理が追いつかず処理遅延が発生している状況や、サーバや担当ノードに対して帯域以上のネットワーク負荷がかかり、ネットワークが混雑していてパケットが届かず通信遅延が発生している状態が挙げられる。オンラインゲームでは、仮想空間上に様々なオブジェクトとユーザの分身であるアバタが実装される。また、オブジェクトやアバタの状態の変化を伴う処理をイベントと呼ぶ。周期的なゲームデータの更新・保存などのイベントの発生によるゲームデータの更新・保存が負荷となる。そのほかにも、ユーザ間のメッセージ交換であるチャットやオブジェクトである NPC (Non Player Character) やパーティー・ギルドシステム等に関わるイベント発生によっても負荷が発生する。ユーザ数が増加すると、これらのイベントの発生数が増加し、負荷の増大の原因となる。

オンラインゲームにおける不正は、「オンラインゲーム不正事例報告書」⁹⁾ による定義では「それぞれのゲームの運営規約で禁止されていることを実行すること」全般を指すとされる。不正は悪意を持ったユーザが行い、不正が発生するとゲームシステム内で想定される範囲外の利益を特定のユーザが得ることとなり、それ以外のユーザの不満の原因となる。

本研究では、ユーザの満足度を遅延や不正の問題の合計数が一定数以下に保たれている状態を指すとする。具体的には、ひとつのイベントに対して、400ms 以上の遅延の発生や、データの改ざんが行われるたびに、問題の発生回数としてカウントし、この回数が低ければ低いほどユーザの満足度が高いと定義する。以下では、これらの頻度を下げることを目的と

表 1 考慮すべき要素とその要素に関わる処理

Table 1 factors which should be considered and tasks which are concerned with the factors

イベントの概念	イベントの具体例
顧客の個人情報の管理	ユーザの本名や生年月日等のデータの管理
ユーザアカウント管理	ユーザのログイン ID とパスワードの管理
仮想通貨の管理	仮想通貨の残高の管理、購入履歴の作成
アイテムやオブジェクトに関連するイベント	オブジェクトの移動・人工知能の管理
アバタ関連	アバタの移動・アバタのグラフィックデータの更新
ユーザ間コミュニケーション	ユーザ間チャット

する。

3.2 想定環境とネットワークモデル

本研究では多人数同時参加型オンライン RPG (MMORPG: Massively Multiplayer Online Role-Playing Game) と呼ばれるジャンルのオンラインゲームをハイブリッド P2P 型ネットワークモデルで実現することを考える。多人数同時参加型オンライン RPG と呼ばれるジャンルのオンラインゲームでは、共有される仮想空間に対して数百～数千人規模のプレイヤーが同時参加する。ハイブリッド P2P 型ネットワークを採用するのは、ユーザ情報などの扱いが厳しいデータを個人のノード上で分散管理するのは妥当でなく、そのようなデータはゲームシステムの提供者による一元管理下に置かれるべきであると判断したためである。

また同時に、想定数以上のユーザが同時にゲームに参加してもゲームシステムの提供者の通信帯域やサーバの処理能力の不足が発生することを防げる P2P のメリットを活かすため、できる限り多くのイベントの処理をハイブリッド P2P 型ネットワークにおける P2P 側で実現し、ハイブリッド P2P 型ネットワークにおけるサーバで管理する情報は最小限に留める。尚、負荷分散についてはサーバでイベントを処理する場合は、第 2.2 節で述べたようなサーバの既存の負荷分散手法を用い、スーパーノードでイベントを処理する場合は、第 2.3 節で述べたような P2P の既存の負荷分散手法を用いる。このとき、既存の負荷分散手法で担当ノードや子ノードにあたるノードは本論文で提案するスーパーノードの選定手法で選んだスーパーノードから選ぶ。オンラインゲーム中で扱うイベントの種類を表 1 に示す。表 1 に示したイベントの中で顧客の個人情報の管理やユーザアカウントの管理、仮想通貨の管理はユーザ情報に関わるイベントであり、サーバで扱う。それ以外のイベントはスーパーノードで扱う。スーパーノードが行う処理には、表 1 のイベントに加えて、バックアップノードの構成、不正の監視、ロードバランスのようなイベントの種類毎にタスクを分割しタスクひ

表 2 考慮すべき不正
Table 2 cross which should be considered

考慮すべき不正	その具体例
チート	不正にゲーム内の通貨やゲーム内のアイテムを作成する
BOT	入力を自動化し、ゲームに参加する時間を不正に水増しする
モラルの欠如 なりすまし	チートを行えるプログラムを作成し、公開する
RMT	不正に得たユーザ情報を基に本来のユーザ情報を持つユーザに不利益を与える行動を取る 現実のお金を使って、ゲーム内のアイテムを売買する

とつに対してひとつのイベント処理機構を持たせる負荷分散に関わる処理などがある。

オンラインゲームにおいて想定される不正の例を以下の表 2 に示す⁹⁾。BOT やモラル欠如、なりすまし、RMT と呼ばれる不正はゲームデータの改ざんが発生しないため不正行為の基準を設けることが難しい。一方、チートと呼ばれる不正は不正が発生する毎にゲームデータの改ざんが必ず発生するため、不正の基準が設け易い。そこで、本研究では本研究ではチートと呼ばれる不正に限定して不正の監視を行う。本提案手法では、不正を行っていないかどうかの監視をひとつのタスクとして処理し、不正を検知する。具体的には、第 2.4 節における担当ノードを他のノードの監視ノードとし不正の発生を検知する機構を設ける既存の手法を用いる。この手法を実現するにあたり、1 つのイベントに対して 3 回計算する処理及び、3 回計算した結果から多数決を取る処理を実現する仕組みを用意する必要がある。従って実際のネットワークを組むためにまず、想定ネットワークを 3 つ作成し、次にそれぞれのネットワークがお互いを相互監視するという手順を踏む。

3.3 負荷分散の流れ

提案手法において想定するネットワーク構成図を図 3 に示す。ログイン処理はアカウント管理サーバによって行われる。ネットワークに参加するノードは、まずこのアカウント管理サーバにアクセスしてログイン処理を依頼する。ログイン処理が完了すると、実際に処理の分割を管理するスーパーノードの配下として参加する。ログイン処理を終えたノードはいずれかのスーパーノードに参加要請を行った後にその配下として所属し、各種処理をスーパーノードあるいはスーパーノードを介して処理を分担する他のノードに依頼する (図 4)。P2P オンラインゲーム内でのいくつかの処理は選出されたスーパーノードによって分担されるが、スーパーノードは各ノードからの処理依頼を処理を担当するノードへと振り分けるためのゲートウェイの役割も持つ。ユーザの処理依頼は、まずゲートウェイの役割を担うスーパーノードを仲介役として、タスクの種類に応じたノード群に渡される。スーパーノードによるゲートウェイの役割には、負荷分散管理に関わる処理が含まれる。

図 3 想定ネットワーク
Fig. 3 Network model
アカウント管理サーバ

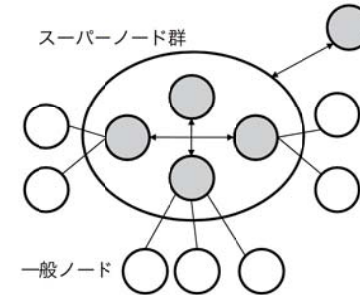
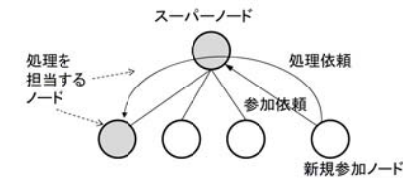


図 4 ノードの参加と処理依頼



3.4 スーパーノードの選定手法

スーパーノードの選出は、定量化された性能を指標として行われる。オンラインゲームにおいて、スーパーノードを決定するときには、処理性能やネットワーク帯域、信頼性、接続時間等複数の要素を考慮する必要がある。表 3 に考慮すべき要素とその要素に関わる能力が低い場合に発生する問題を示す。提案手法では、これらの複数の要素を同時に高い水準で満たすことがユーザの満足度を高めることにつながると考え、各要素が一定以上のノードを性能が高いノードであると定義しそれらをスーパーノードとして選択する。各要素についてのノード性能の定量化にはこれまで研究がなされてきているように、たとえば、一定サイズのパケットをノードに送信し帰ってくるまでの時間を測定して回線速度を調べる、一定の処理をノードに送信し処理が終了して帰ってくるまでの時間を測定して処理能力を調べるなどの方法が考えられる。また、信頼性の定量化についても、信頼できるノードの連

表 3 考慮すべき要素とその要素に関わる能力が低い場合に発生する問題

Table 3 Important facotrs for server nodes and problems concerned with the factors

要素の名称	発生する可能性のある問題
各ノードのシステムへの貢献度	不正行為や処理遅延等全ての問題
信頼性	不正行為
担当ノードになってからのゲームへの参加時間	担当領域の情報の消失
単位時間あたりの処理能力	処理遅延
同時に処理できるタスクの上限	処理遅延
単位時間あたりの通信速度	通信遅延
帯域	通信遅延

鎖によって他のノードの過去の振る舞いを知り、他のノードの過去の振る舞いを平均化し、信頼できるかどうかを判断することで信頼できるノードの輪を作成するなどの方法を用いることで実現できる。尚、このときの各要素は値が大きいほど性能が高いと定義する。

複数の要素について定量化がなされたとしても、それぞれの単位が違うため単純に比較することはできない。例えば、同じ通信に関わる要素でも回線速度と平均遅延では単位が異なる。複数の要素を考慮したとき性能の高いノードを一概に決めることはできないため、本研究では、複数の要素について十分な性能を有しているノードを優先してスーパーノードとして選定する方法を採用する。そのとき、ノード性能の比較は、その要素で必要とされる性能を十分満たしているとされる値を基準にした相対的な値で行われる。具体的には、定量化後のそれぞれの能力を P_1, \dots, P_n 、それぞれ性能の基準値を BP_1, \dots, BP_n とすると、 $\min\{\frac{P_1}{BP_1}, \dots, \frac{P_n}{BP_n}\}$ で表わされる。各ノードの値を比較して、この値が高いノードから選択してスーパーノードの候補にしていく。これによって、各要素が一定以上のノードを優先してスーパーノードにすることができ、処理能力や回線速度は速いが信頼性に劣るノードをスーパーノードと選定し不正行為が行われる危険性が高まるといった問題を回避しやすくすることができる。

複数の要素を考慮し、性能の高いノードをスーパーノードにしても、問題が発生する可能性がある。そこで、問題が一定回数以上発生した場合、スーパーノードを入れ替えることで引き続き問題が発生しユーザの満足度を低下させることを防止する。具体的には、ユーザのノードもしくは監視処理を行っているノードが問題の発生を検出したとき、その発生回数をカウントしておき、それが一定回数を超えたら、スーパーノードに選ばれていないノードからスーパーノードを再度選びなおし、該当スーパーノードと入れ替える。

4. おわりに

本研究では、ユーザの満足度が高いオンラインゲームを実現するための P2P オンラインゲームにおけるスーパーノードの選択方法に対する指針を示した。本研究では、単純に比較できない複数の要素を考慮してノードを選択するため、各要素を一度定量化した上で比較する手法を提案した。ユーザの不満は一定時間内に遅延の発生やデータの改ざんなどの問題の発生回数の累計が一定数に達することであると定義し、不具合が発生し難いノードを選択することでユーザの不満が発生することを予防することを目指した。オンラインゲームでは、仮想領域やタスクを区切ることができ、処理を細分化し易い。そこで定量化の基準として一定数のイベントを一定時間の間維持できるノードをスーパーノードとする基準のひとつとして示した。

今後の課題として、より具体的な比較方法、より公平な比較方法の提案が挙げられる。

参 考 文 献

- 1) 江崎 浩：P2P 教科書，インプレス R&D，東京 (2007).
- 2) 伊藤洋輔，河野浩之：P2P 環境下の評判モデルによる公平性保証，電子情報通信学会 第 18 回データ工学ワークショップ (2007).
- 3) 居細工高人，山本真也，村田佳洋，柴田直樹，安本慶一，伊藤 実：P2P ベースマルチプレイヤネットワークゲームにおけるチートの分散検出手法，電子情報通信学会研究報告，pp.13–18 (2006).
- 4) 金田裕剛，高橋ひとみ，斉藤匡人，間 博人，徳田英幸：P2P 型大規模マルチプレイヤオンラインゲームにおける領域負荷分散性の一考察，電子情報通信学会情報 技術研究報告， Vol.106, No.578, pp.363–368 (2007).
- 5) Jaeook, N.: MMORPG ゲームサーバプログラミング，ソフトバンクパブリッシング，東京 (2005).
- 6) 塩谷康夫，片山 薫，石川 博：P2P における分散ハッシュテーブルを用いた静的負荷分散方式，電子情報通信学会第 17 回データ工学ワークショップ，pp.119–126 (2006).
- 7) 山本真也，村田佳洋，安本慶一，伊藤 実：P2P 環境でのネットワークゲーム向け負荷分散機構と評価，情報科学技術フォーラム講演論文集， Vol.FIT2004, No.4, pp. 265–266 (2004).
- 8) 山本真也，村田佳洋，安本慶一，伊藤 実：マルチユーザネットワークゲームにおける負荷分散および遅延時間を考慮したイベント配送機構の提案，情報処理学会研究報告， Vol.2005, No.33, pp.99–104 (2005).
- 9) 社団法人コンピュータエンターテインメント協会：オンラインゲーム不正事例報告書 (2007). available at <http://onlinegame.cesa.or.jp/pdf/houkoku20070726.pdf>.