

2004年度卒業論文

P2Pを用いた
多人数同時参加型オンラインRPG（MMORPG）の実現

提出日： 2005年2月2日

指導： 山名 早人 助教授

早稲田大学理工学部情報学科

学籍番号：1G99P103-1

永塚 正博

概 要

数千人規模が同時に1つのサーバに接続してプレイするネットワークRPGであるMMORPG (Massively Multiplayer Online Role Playing Game) においては、近年のインターネットユーザの増加に伴い、サーバへの通信や処理といった負荷集中が発生しており大きな遅延が生じる等、ユーザの不満が高まっている。そのため、遅延軽減の必要性が高くなっている。

遅延軽減の方法として、多くのMMORPGでは、サーバや回線を追加増設することによりユーザを分散させ負荷の集中を防いでいる。しかし、MMORPGを運営する会社は長期的にユーザに対して課金を行い利益を上げるといったビジネスモデルを用いており、大規模なサーバ設置等の初期投資が困難な状況にある。

そこで、本論文では、サーバ・クライアントモデルを利用している現在のMMORPGに対してP2Pモデルを適用することによる遅延削減法を提案する。提案手法においては、P2Pモデルと従来のサーバ・クライアントモデルを両用するハイブリッドP2Pモデルを用いる。これは、ユーザ管理が必要なMMORPGにおいては、サーバ・クライアント間の通信を無くすことができないためである。

P2Pを用いることで、クライアント側への負担は増加することが考えられるが、実際に運営されているMMORPGの通信量を計測し、P2Pを用いた場合をシミュレーションしてみた結果、2004年12月現在の一般的なブロード回線(ADSL8Mbps~50Mbps)を利用する限りにおいて、クライアント側での負担増加による回線圧迫の問題は発生しないことが分かった。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	MMORPG	2
2.1	MMORPGとは	2
2.2	MMORPGの歴史	2
2.3	MMORPGの現状	2
2.3.1	代表的なMMORPG	3
2.3.2	通信モデル	4
2.3.3	通信内容	4
2.4	MMORPGの問題点	5
第3章	P2Pを用いたMMORPG	7
3.1	通信モデルの比較	7
3.1.1	サーバ・クライアントモデル	7
3.1.2	完全P2Pモデル	8
3.2	ハイブリッドP2Pモデル利用の提案	8
3.2.1	通信相手の決定方法	9
3.2.2	通信相手のIPアドレス取得	12
3.2.3	ハイブリッドP2Pの利点	12
3.2.4	ハイブリッドP2Pの問題点	12
3.2.5	まとめ	12
第4章	評価	14
4.1	検証方法	14
4.2	計測	15
4.3	考察	17
第5章	終わりに	21
付録A	MMORPG	23

第1章 はじめに

近年ブロードバンドの普及によるインターネットユーザ数の増加に伴い、インターネットを通して複数のユーザで仮想世界を共有する形の RPG である MMORPG においてもユーザ数の増加、開発競争の激化が見られる。ユーザのアクセスが増えることでサーバへの負荷が高まり、通信遅延が生じユーザの不満が高まっている。サーバ設置の初期投資を増やしサーバの性能や数を増やすことで多くのユーザを受け入れられるようにし通信遅延の軽減をすることが可能ではある。しかし大規模な初期投資の回収のためには、サービス開始後もゲームのアップデートを繰り返しユーザ離れを食い止め長期にわたって運営していかなくてはならない。競争が激化している中での長期運営の成功の保証はないためサービスを提供する企業も高額な投資は躊躇せざるを得ない。実際、現在日本国内においてユーザの獲得に成功し長く運営できている Ultima Online[1]、Lineage[2]、Ragnarok Online[3]、Final Fantasy XI[4] といった順調なゲームがある一方、運営を停止させた MMORPG もでてきている。

一方従来のオフラインのゲームは開発のための初期投資は MMORPG 同様必要ではあるものの、一度完成して販売してしまえばプログラムバグの修正が必要なことはあるが、サーバの設置、長期運営、アップデート、イベントの企画といった負担はなく MMORPG よりリスクが低いため、オフラインゲームを開発してきたゲームメーカーの多くは MMORPG に興味を示しつつも開発には踏み出せないでいる。

そこで本論文では、P2P を用いることでサーバの増設をせずに負荷を軽減するという方法を提案する。MMORPG はユーザの管理、キャラクターの管理のためサーバとの通信は欠かせないため、すべての通信を P2P にせずサーバと P2P による他クライアントとの通信両方を行うハイブリッド P2P モデルを用いる。

第2章でまず MMORPG の紹介および現状を述べ、その現状における問題点を述べる。第3章では第2章の現状の問題点をふまえ P2P を用いることを提案するとともに、さらに P2P を利用した場合の問題点を述べる。第4章で第2章の提案に基づきそれが現在の一般的な環境で可能かを問題点をクリアしながら評価する。第5章で本論文のまとめとして考察を行い、今後の課題を述べる。

第2章 MMORPG

2.1 MMORPGとは

MMORPG とは数千人規模のユーザが同時に 1 つの仮想世界を構築するサーバ群に接続してプレイするネットワーク RPG。(実際には MMORPG の運営会社はこの仮想世界を構成するサーバ群を複数用意している。)

MMORPG では多数の見ず知らずの人間が同じ仮想世界を共有し、ユーザ自身の代わりとなるキャラクタを操作してプレイする。基本的に MMORPG にはゲームの終わりは存在せず、ユーザは仮想世界の一員となって他のユーザと会話をしたり、一緒に冒険や戦闘をしたり、アイテムの売買をしたりといった日常生活を楽しむ。またサービス提供側の用意したイベントを他のユーザとともに楽しむ。そのためユーザとのコミュニケーションを楽しむ要素が強い。

2.2 MMORPGの歴史

世界初の MMORPG Ultima Online[1] のβテストサーバが 1997 年 6 月に設置され、9 月に正式サービスが開始された。サーバの増設、ゲーム内容のアップデートを続け 2004 年現在もサービスが続いている。

海賊版の存在によりパッケージ販売での収益得にくいアジアにおいては、接続料で収益をあげられるオンラインゲームが注目をあび、韓国を中心にオンラインゲームの開発競争が始まった。その中で Ultima Online[1] の成功もあり MMORPG も韓国を中心に開発競争が激化し、Lineage[2]、Ragnarok Online[3] が多くのユーザを集めることに成功している。

Ultima Online、Lineage、Ragnarok Online の成功を見た多くのソフトメーカーが次々に MMORPG の開発を開始し現在にいたる。

2.3 MMORPGの現状

世界初の MMORPG Ultima Online は現在もサービスが続いており、Lineage、Ragnarok Online も今なお多くのユーザを持ちサービスが続いている。

21 世紀に入り急激な 3D グラフィック技術の発達により 3D グラフィックを大いに活用したよりリアリティのある MMORPG がでてきている。フル 3DMMORPG としては Final Fantasy XI[4] や Lineage の続編 Lineage II[5] がユーザを多く獲得することに成功している。

従来は敵となるモンスターとの戦闘を中心としたものばかりであった MMORPG も、アイテムの生産ができるようなものや、商売でお金を稼ぐことを中心にしたもの、ヤンキーの世界を描きバイクを入手して競うものといった様々な MMORPG が現れ、ユーザの選択肢を増やしている。その結果、現在までにβテスト段階のも含めてすでに 50 作以上の MMORPG がでている。このことが逆にユーザの分散を招いて、中々ユーザの獲得に苦労している MMORPG もある。また、

知り合ったユーザ同士でコミュニティができるため一度ひとつの MMORPG をプレイしだすと他の MMORPG に移動しないユーザがでてくる。実際に初期に成功している MMORPG がユーザを抱えて離さないでいる。このため、ユーザ獲得競争は厳しいものになりつつある。

料金は Ultima Online や Final Fantasy XI がゲームクライアントをパッケージ販売し、さらに接続料もとっている。しかし、ほとんどの MMORPG がゲームクライアントは無料で公式サイトからダウンロードできるようにし、接続料だけをとる形にしている。ただし最初から有料なわけではなく、すべての MMORPG がオープンβテストとして無料プレイ期間をつくっている。これはテストのためだけでなく無料にすることで多くのユーザにプレイしてもらうことにより宣伝効果も狙っている。最近ではプレイ自体は完全に無料で、一部のアイテムはお金を支払って入手する形にすることで利益を得ようとする MMORPG がでてきている。

2.3.1 代表的な MMORPG

Ultima Online[1]

世界初の大規模・商用 MMORPG。家を建てたり店を営んだりとモンスターとの戦闘中心以外の生活スタイルをとることもでき、2004 年 12 月現在でも 25 万人のユーザがプレイしている。

Lineage Online[2]

韓国発の MMORPG。血盟というグループ同士で城を取り合う大勢による攻城戦が魅力の MMORPG。全世界で 2004 年 1 月までに 1000 万以上のユーザがプレイし、続編となる LineageII がサービス開始した後も韓国を中心に人気絶えない。

Ragnarok Online[3]

韓国発の MMORPG。キャラクタの親しみやすさ、初心者優しいユーザインターフェイス、コミュニティの発達により多くのユーザを獲得することに成功している。2004 年 9 月現在全世界 20ヶ国以上で 2800 万ものユーザを獲得している。同時接続者数は 85 万を超えた。日本国内でも非常に人気があり、有料サービスになってから 649060 アカountの登録 (2004 年 6 月 13 日現在) があり、同時接続者数が約 10 万になる。

Final Fantasy XI[4]

日本発のフル 3DMMORPG。リアルで綺麗なグラフィックが特色。多くの MMORPG が Windows 用しかないのに対して Final Fantasy XI は Windows 用だけでなく世界中で販売されているゲーム機 PlayStation2 でもプレイができる。オフライン RPG としてヒットした Final Fantasy シリーズのブランド力でコアな PC ユーザ以外からも多くユーザを集めている。2004 年 9 月現在全世界で有効キャラクタ総数 150 万、有効ユーザ 55 万人、同時接続者数 17 万人。

2.3.2 通信モデル

すべての MMORPG が、ユーザであるクライアントすべてがそれぞれサーバに接続するサーバ・クライアントモデルを採用している。

2.3.3 通信内容

MMORPG の通信は大きくわけてログイン時の通信とゲームプレイ時の通信の 2 つに分類される。

ログイン時

ユーザはゲームをプレイするためにクライアントで最初にログインサーバに接続しユーザ認証を行い、実際にゲームサーバに接続してプレイするまでには次のような工程を経る。

- ユーザ認証 (ID とパスワードの入力)
- 接続する仮想世界の選択
運営会社は仮想世界を複数設置することが多い。ユーザ認証の前に選択する場合もある。
- キャラクタの選択
MMORPG は複数のキャラクタを作成していれば切り替えてプレイすることができる。
- 選択したキャラクタのキャラクタ情報をうけとる
- 接続するゲームサーバの情報を受け取る

この後、受信したゲームサーバの情報を元にゲームの世界に入っていく。ここまでがゲームスタート時に 1 度だけ行う通信であり、通信負荷としては大きいものではない。

ゲームプレイ時

ゲームプレイ時の通信は大きく 3 つに分類できる。

- 同期通信
通信を確立しているために何も通信先に送信する情報がなくても定期的に小さいパケットをサーバ・クライアント間で相互に送信する。
- ユーザアクション (クライアント→サーバ)
ユーザの操作により発生する通信。
行動を起こすことをサーバに伝える。
このクライアントからサーバに送信される情報を詳細に示すと以下のものが存在する。
 - － チャットによる発言
 - － キャラクタの移動操作

- － 攻撃や魔法、ダンス、歌といった特殊技能（スキル）の発動
- 状態変化（サーバ→クライアント）
 - － 自分や他人のキャラクタのアクションにより発生するキャラクタの動作
 - － プレイヤー以外のサービス提供側が用意したキャラクタ（モンスターや商人）の動作

といったサーバがクライアントに知らせる通信。主にこの通信内容を元にゲームの画面が描画される。

ユーザはサーバからクライアントに送信される状態変化の情報を元にキャラクタの操作を行い。その操作がクライアントからサーバに伝えられる。その操作による変化が再度サーバからクライアントに送信というように、基本はユーザアクションによる通信と状態変化による通信の繰り返しになる。

2.4 MMORPGの問題点

MMORPGは成功しているものがあるものの多くの問題点を抱えている。

- 遅延

クライアント・サーバ間の経路によっては大きな通信遅延が生じる。
またユーザの増大に伴う通信量が増大やサーバの処理量が増大が遅延を生む。人気の高いMMORPGにおいては混雑時必ずといっていいほど発生する。これに対して複数の仮想世界を用意することでユーザの分散を図ってはいるが、設置の遅れでユーザ数が偏ってしまう。初めてのユーザは人の多い仮想世界にいきたがる傾向もありさらに偏りを大きくしている。

- BOT、マクロ、チート

ユーザが操作しなくても自動でモンスターと戦いキャラクタを成長させたりアイテムを入手したりするツールがある。それぞれのMMORPGごとに呼称は色々あるが主にBOT(robotの略)やマクロと呼ばれている。

また、ユーザが通常のクライアントを操作するだけでは不可能な行為を実現するツールがある。このようなツールはどのMMORPGでもチートツールとして知られている。

ほとんどのMMORPGにおいてクライアントで用意されたツール以外を使用することは禁止されているにも関わらずこのツールを利用するものが必ずでてくる。

BOT、マクロのようなツールは、用意されたパターンでしかキャラクタを操作できないため、人間が操作する一般のキャラクタのような行動をとれない。そのため、トラブルの原因になることがある。逆に、正確な時間管理、通常の人間の操作ではできないような連続入力のようなことを可能にしてしまうために、ツール使用者とツールを使用していない一般ユーザに差ができ、公平性を失う。また、ツールによっては通常のクライアントで人間がプレイするより多くのパケットを送信してしまうものもあり、回線やサーバに負荷を与え通信遅延発生を加速させてしまうことにもなりかねない。

- リアルマネートレード

多くの MMORPG においてゲーム内通貨やアイテムを現金で売買するリアルマネートレードは禁止されている。

しかし、禁止されているにもかかわらずリアルマネートレードを行うユーザはでてくる。リアルマネートレードは取引する際のユーザ間トラブルやゲーム内のアイテム相場の混乱を引き起こすことになる。

- アップデート

サービス開始前の開発費やサービスを行うための設備への投資を回収するには長期間多くのユーザにプレイしてもらう必要がある。長くプレイしてもらうために新要素を追加してユーザ離れを食い止め、新規ユーザも獲得していかなければならない。これが続けられないと他の MMORPG にユーザを奪われてしまう。

そのためゲーム開発当初から長くアップデートが続けられるような構想をしておかないと途中で新要素として追加する内容が尽きてしまうことになる。

クライアントやサーバのプログラムも初期からアップデートを考慮にいった柔軟なシステムにしておかないと、後で無理やり機能を押し込むことになりバグの原因になったり、無駄な処理やパケットを生みプログラムの不安定化や遅延を生むことになる。

表 2.1: MMORPG 問題点

遅延	遅延による円滑なゲームプレイの妨害
BOT、マクロ、チート	禁止されているツールを使用するユーザの出現によるトラブルの発生
リアルマネートレード	アイテムやゲーム内通貨の現金取引によるトラブルの発生やアイテム相場の混乱
アップデート	ユーザの維持、獲得のためにアップデートを継続していかななくてはならない

第3章 P2P を用いたMMORPG

第二章でMMORPGの問題点として特にユーザにとって不満とされているのが通信遅延である。操作したはずなのに何も動かない。操作したように動いてくれない。そのために遅延が治まってみたら自分のキャラクタが敵に倒されてた。遅延がひどい場合はサーバとの同期がとれなくなってサーバから切断されることもある。こういったことでユーザの苛々がたまることになる。

通信遅延はユーザが集まれば集まるほど発生しやすくなり、人気のあるMMORPGにおいては避けられない問題である。この遅延は通信量、処理量、経路の距離の3つが主な原因となることが多い。

遅延を解決する方法としてサーバの性能向上や増設、サービス提供側の回線能力の増強を行うことで通信量や処理量による遅延の解決は可能であり、実際に今のユーザが集中してるMMORPGすべてにおいて行われていることである。しかしこの方法では経路の距離による通信遅延は解決しない、また多くの投資が必要になってくる。そのためユーザの管理のしやすさや開発のしやすさ、セキュリティの問題で避けられてたP2Pの利用を本論文で提案する。

3.1 通信モデルの比較

MMORPG への P2P の導入を考える上で、サーバ・クライアントモデルと比較を行う

3.1.1 サーバ・クライアントモデル

すべてのクライアントはサーバのみと通信を行う。

利点

- すべての通信をサーバで監視することが可能
ユーザの管理、不正のチェックが行いやすくなる

- 開発がしやすい

HTTP サーバやFTP サーバ、DNS サーバーといった多くのインターネットサービスに昔から利用されているモデルなため開発がしやすい。

欠点

- 通信がサーバに集中する
処理、通信ともに大きな負荷がかかりやすい

3.1.2 完全 P2P モデル

通信はサーバを介さずそれぞれ通信の必要な相手 (Pier) に直接接続して通信する。

利点

- 分散処理
処理量や通信量の分散するため一点に負荷が集中しにくい
- 経路距離の短小化
Pier が多く存在すればレイテンシが短い相手が増加するため、サーバを介する通信より遅延を小さくできることがある。

欠点

- 一点での通信監視が不可能
サーバが存在しないため必ずすべての通信が通過するポイントが存在しない。
そのためユーザの管理が困難、Pier 同士で不正を行われると察知する方法がない。
- Pier の通信量が増加する
サーバ・クライアントモデルではサーバとの通信だけで済むが、P2P モデルの場合他の複数の Pier に同じ内容の通信をすることがある。同じ通信をした分だけサーバ・クライアントモデルより通信量が増加する。
- 開発が難しい
サーバ・クライアントモデルほどの歴史がなく開発がしにくい
特に企業においては管理がしづらい P2P は利用しにくく、そのため P2P 技術の開発や浸透がサーバ・クライアントモデルと比較して遅れている。
技術者の間では注目を集めている P2P 技術も多くのソフトメーカーにはまだまだ認知されてるとは言えない。

3.2 ハイブリッド P2P モデル利用の提案

P2P の利用は処理や通信の分散が行えるために既存の MMORPG の問題点である遅延の原因の軽減にはつながるが、MMORPG においてユーザの管理ができなくては利益がえられない。2.4 で述べたように不正が後をたたない中、不正の察知が困難であるのも問題点となる。

そこでサーバを介する必要がある通信はサーバ・クライアントモデルを利用し、他のクライアントと直接の通信で十分なものは P2P モデルを利用して直接伝える。また、必要ならサーバにも伝え他のクライアントにも直接伝えることも可能である。このようなサーバ・クライアントモデルと P2P モデル両方の利点を生かしたハイブリッド P2P モデルを MMORPG に用いることを提案する。

3.2.1 通信相手の決定方法

P2P で通信をするにあたり P2P 相手を作るのに 2 つのパターンが考えられる。

- 方法 1

1 つは自分を中心に自分の画面内 (図 3.1 の円) にいるキャラクタを P2P 通信相手とする方法。この方法だとクライアントごとに通信相手が異なるため、クライアント発の情報はそれぞれのクライアントがすべての P2P 通信相手に直接情報を伝える必要がある。

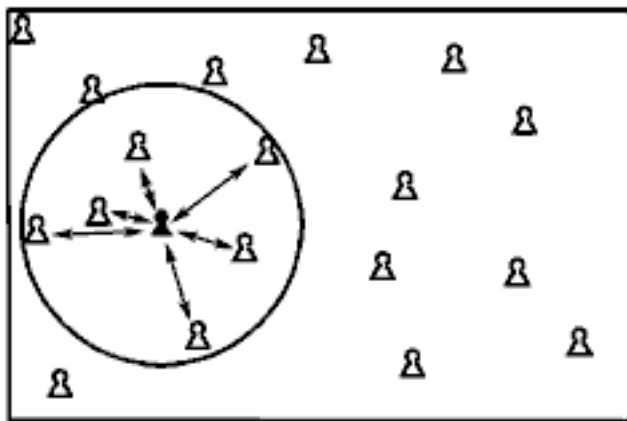


図 3.1: 方法 1

- 方法 2

2 つ目はマップの座標を柵目状に分割し、そのそれぞれの柵にいるキャラクタ同士でグループ (図 3.2 斜線部分) を組み、そのグループ内で通信を行う。グループ内のクライアントであればどのクライアントも同一の通信相手を持つため、グループ内での情報伝達の順番を予め設定しておける。その中で P2P グループ通信ができる。

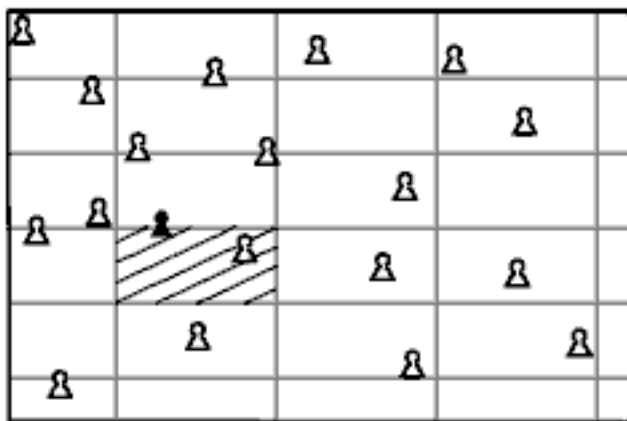


図 3.2: 方法 2

方法 1

クライアント発の情報はユーザの操作によるキャラクタのアクション、発言である。MMORPGにおいて他のキャラクタの情報のほとんどは画面内に入ってきたときに必要となる。ただし、実際にはキャラクタが画面内に入る時にスムーズな表示を行うため、画面に見える範囲より大きい範囲のキャラクタ情報を受け取るのが普通である。そして自分の範囲内にいるキャラクタの範囲内には、必ず自分が入っている。よって、すべてのクライアントが、範囲内にいるキャラクタに自身の動作の情報を送信するようにすれば、情報の必要なキャラクタから動作情報が必ず送信してくることになる。

サーバから送信された通信内容の受信の確認を伝える応答を除けば、クライアントからサーバに送信される情報の 100%がそのユーザの操作によるキャラクタアクションになる。そのためクライアント発の情報はほぼ 100%P2P 化できる。

クライアントからサーバに送信される情報には 2.3.3 のゲームプレイ時の通信内容で示した通り、チャット、キャラクタ移動、攻撃やスキルの発動がある。

チャットはサーバを通すことでサーバに内容の履歴を保存される可能性におびえるより、P2P で直接相手に伝えた方が秘匿性が守られユーザにとっては安心してプライベートな会話を楽しむことができる。ここでチャットに関する通信はサーバは関与しないため負荷が軽減する。

キャラクタの移動はサーバにも伝えておかないとゲームを始めたら前回ゲーム終了時にいた場所と違うところから始めることになる。終了時にのみサーバに伝えるという方法もクライアントが正常な終了ができなかった場合サーバに伝わらないため現実的な方法ではない。そのためクライアントはサーバに伝えると同時に他クライアントへも P2P で直接移動したことを伝達する。こうすることで移動の情報を直接受け取ったクライアントはサーバを経由するより早く移動の動作を知ることができる。また、そのためにサーバは他のクライアントへは移動の情報を伝える必要がないため負荷が軽減する。

攻撃やスキルの発動もキャラクタの移動同様クライアントはサーバと他クライアント両者へ送信することでサーバから他クライアントへの情報伝達の必要がなくなり負荷が軽減する。ただし、攻撃やスキルは移動とは違ってそのアクションをすることで間接的な変化がおきることがある。攻撃や魔法による対象のダメージ、死亡したといった変化である。これについてはサーバがしっかり範囲内のキャラクタには伝達する必要がある。

伝わるべき情報は情報元から直接伝わるため経路距離が短くなる利点がある。しかし、サーバ発の情報はサーバがすべてのクライアントに直接送信するため、サーバ発の通信におけるサーバへの負荷軽減はない。

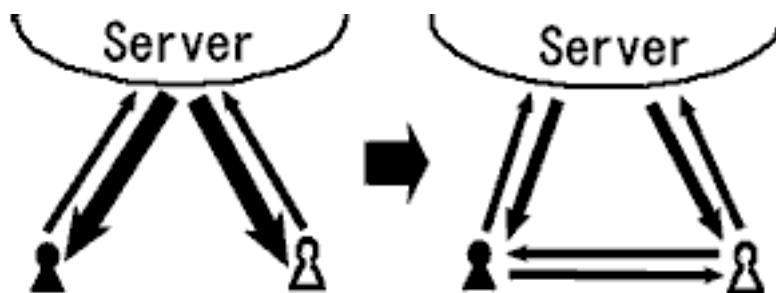


図 3.3: サーバ・クライアントモデルと方法 1 における 2 者間の送受信

方法 2

この方法では、エリアにいるキャラクタのクライアント同士で P2P グループを結成する。実際にはスムーズにエリア間の移動を行うために今いるエリアだけでなくそのエリアを囲む八方のエリアの P2P グループにも入っておく必要がある。この 9 エリアに他キャラクタが入ってきた場合サーバから通知されるようにする。この 9 エリアが他キャラクタの認知範囲である。

同じ P2P グループに参加しているもの同士同じ内容の P2P グループを共有するため、グループ通信による情報伝達が可能である。

サーバ発の情報は、サーバは P2P グループ内の一部に送信し後は送信したクライアントが P2P 内にサーバの代理で情報を伝達することができる。

クライアント発の情報も自身がすべての送信すべき相手に発信する必要がなく、P2P グループで情報を循環させればよい。しかし、自分発の情報を P2P を利用して循環させることで負荷が軽減するかわり、他のクライアント発の情報の循環の手助けをする必要があるため、結果クライアントの通信量が減少することはない。また、循環によってサーバの負荷軽減の助けになることもない。さらに直接すべてのクライアントに送信した方が経路距離も短いため、クライアント発の情報は P2P グループを利用しての循環は推奨できない。

クライアント発の通信を P2P グループだけでなくサーバに送る必要があるかどうかは方法 1 と同様である。

グループ通信で情報を伝達する場合、情報元から直接受信とはならないことがある。この場合は経路距離が長くなってしまう。その代わりに、サーバ発の情報はサーバが直接すべてに送信する必要がないためサーバの負荷軽減ができる。逆にクライアントへの負荷は高まる。

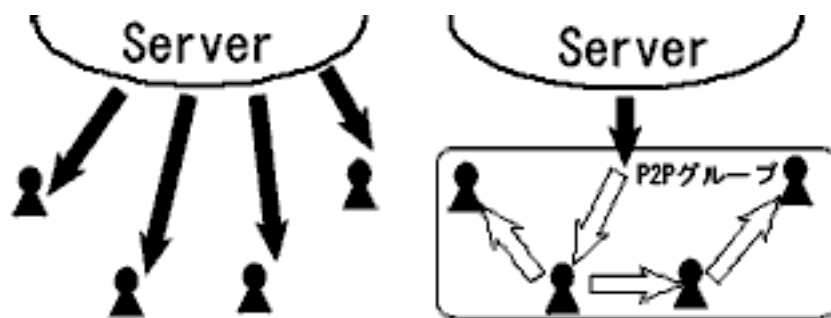


図 3.4: サーバ・クライアントモデルと方法 2 におけるサーバ発の情報の流れ

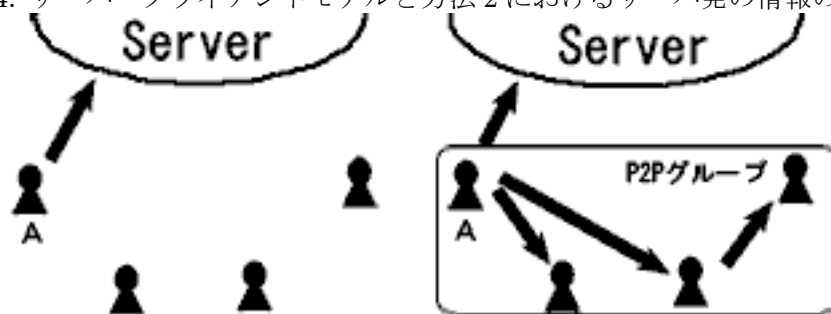


図 3.5: サーバ・クライアントモデルと方法 2 におけるクライアント (図中 A) 発の情報の流れ
実際にはそれぞれのクライアントすべてに対して同じような通信が発生する

3.2.2 通信相手の IP アドレス取得

P2P を行うためには通信をする相手の IP アドレスやポート番号を知っておく必要がある。これを知る方法は次のようにして実現できる。

すべての MMORPG においてキャラクタごとに固有の値が割り振られている。キャラクタ認知範囲内に他のキャラクタが入ってくるときに、キャラクタ固有の値と共にキャラクタの表示に必要な外見上の情報がサーバから送られてくる。そしてその固有値のキャラがどういう動作をしたのかが固有値と共に送られ表示することで、画面上で他のキャラクタが動く。この時の固有値のかわりに相手のキャラクタの IP アドレスとポート番号の値を利用することで、通信相手の IP アドレスとポート番号を知ることができる。

3.2.3 ハイブリッド P2P の利点

- 遅延の減少

クライアントがサーバとの通信の一部を完全に P2P に移行した場合、サーバの通信量、処理量が減ることになる。サーバに送信する必要がある内容についてもクライアントがサーバとの通信の一部をサーバと通信すると同時に P2P でクライアントに直接通信することで、サーバ経由で他のクライアントに伝えられる内容が直接先に伝えられるため、サーバ経由で情報が伝わる前に描画の準備ができる。

- チャットの秘匿性向上

サーバ・クライアントモデルではサーバを経由するためサーバにチャットでの発言がログとして保存される可能性がある。P2P で会話したい相手と直接通信をすることで第三者に内容を知られる可能性が低くなる。

3.2.4 ハイブリッド P2P の問題点

ハイブリッド P2P モデルを用いた場合に以下のような問題点が想定される。

- クライアントの通信量の増大

サーバを介して他のクライアントに伝えられていた通信内容を直接クライアントに伝えるようにすると、伝える相手となるクライアントはサーバとは違い複数になる。そのため、クライアントの通信量が増大することが考えられる。

- 開発難易度の上昇

サーバ・クライアントモデルと比較して研究段階のものが多く、プログラミングの手助けをするライブラリ群も使いにくい。サーバ・クライアントモデルではサーバがダウンしないのを前提にプログラミングできるのに対して、P2P は通信相手がダウンしていることを考慮に入れる必要がある。

3.2.5 まとめ

従来のサーバ・クライアントモデルとハイブリッド P2P モデルを比較すると表 3.1 の通りになる。

表 3.1: サーバ・クライアントモデルとハイブリッド P2P モデルの比較

比較項目	サーバ・クライアント	ハイブリッド P2P
サーバの通信量	× すべての通信はサーバを通る	△ 一部の通信を P2P に置き換えることで サーバの通信量を減らすことができる
クライアント の通信量	○ 必要な通信はサーバ相手にのみ	△ 同じ内容の通信を複数の Pier に送信する
遅延	× サーバへの負荷高、 クライアントへの経路長	○ サーバの負荷低、 クライアントへの経路短
チャット の秘匿性	× 発言内容がサーバを通過する	○ 発言を伝えたい相手に直送できる
開発難易度	○ 使用実績多 (HTTP,FTP) く 通信はサーバ・クライアント間 のみで構造が単純	× 通信はサーバ・クライアント間だけでなく クライアント間通信もあるため構造が複雑。

第4章 評価

ハイブリッド P2P モデルを利用することで、クライアント側の通信量が増加することは 3.1.2 の P2P モデルの欠点で述べたとおりである。この通信量の増加が実現可能な範囲のものであるかどうかを検証する。

4.1 検証方法

まず既存のサーバ・クライアントモデルの MMORPG の通信量を計測する。計測した通信量に元々通信を P2P で行うように置き換えた場合のクライアントでの全通信量を計算し評価する。通信の計測は、Ethereal[6] を用いてネットワークを流れるプロトコルをキャッチし、その内容を解析する。

検証に用いる MMORPG は、

- 日本国内、海外共にトップクラスのユーザ数を獲得している。
多くのユーザが望む MMORPG でなくては評価に値しない。
- 通信量が多いと判断される。
キャラクタの動きが他 MMORPG と比較して俊敏なためキャラクタの動作による通信量が多いと予測される。
キャラクタグラフィックが 2D かつ小さいため画面内にキャラクタが多く入りやすく、ユーザが多いため画面内に入る他キャラクタの数が多いため通信量が多いと予測される。

という理由から Ragnarok Online を選択する。

ゲームにログインする時の通信は P2P に置き換えようがないことと、ゲームをプレイする最初の通信であり通信量がゲームプレイ中より少ないことから検証しない。

ゲームプレイ中は通信は、ゲームの状況により通信量の変化が考えられることから

- 通信量が最も低くなる状況
- 一般的な行動をしている状況
- 通信量が最も高くなる状況

の 3 つに分けて計測を行い、さらにそれぞれの状況の通信を 2.3.3 のゲームプレイ時の通信内容の分類、同期通信、同期通信以外のサーバからクライアントに送信される通信、同期通信以外のクライアントからサーバに送信される通信の 3 つに分けて検証する。

4.2 計測

4.1 で述べたとおり通信量が最低、一般的、最高になる状況 3 つに分けて 2004 年 12 月 1 日から 12 月 3 日までの 3 日間に計測した。

計測環境は、クライアントを動作させるのに使用した P C のスペックが、

- CPU:Pentium Xeon 2.2GHz × 2
- RAM:2GB
- LAN:10/100Base-TX

回線には、最大 100Mbps を複数人で共有する光ファイバ回線を用いた。計測前後に 50Mbps 以上の帯域が確保されてることを確認し、計測中は帯域が急激に圧迫されたときに発生する通信の断続化がないか確認することで、複数人利用による帯域圧迫が計測結果に影響しないようにした。

表には計測時間、その間の全通信量、サーバからクライアントに送信された通信の量 ($S \rightarrow C$)、クライアントからサーバに送信された通信の量 ($C \rightarrow S$) を示す。

通信量が最も低くなる状況

周囲に他のキャラクタがいない状態で何もせずに放置している状況が最も通信量が低くなる。その状況下での通信量は表 4.1 の通りである。

表 4.1: 通信が最も低くなる状況下での通信量

	時間 (秒)	全通信 (Bytes)	$S \rightarrow C$ (Bytes)	$C \rightarrow S$ (Bytes)
Sample1	3592	89138	38186	50952
Sample2	3592	88752	37854	50898
Sample3	3592	87822	36673	51149

一般的な行動をしている状況

街の外にでての冒険、モンスターとの戦闘が MMORPG において一般的な行動といえる。このモンスターとの戦闘で倒したときに得る経験値やアイテムでキャラクタが成長したり、お金を得たりするためモンスターとの戦闘はゲームの中で欠かせない行動である。一緒に戦う仲間を集めて会話を楽しみながらプレイしたり、冒険先で仲間を見つけたりと MMORPG の醍醐味である他のキャラクタの出会いの場にもなり MMORPG において重要な役割を果たしている行動である。

中にはモンスターとの戦闘のかわりに料理、釣り、アイテム製造などで経験値やアイテムを得ることができる MMORPG も存在するが、そういうゲームにおいてもモンスターとの戦闘が中心となっている。

その状況下での通信量は表 4.2 の通りである。

Sample1～Sample4 は、戦闘を行った場所の違いである。

表 4.2: 一般的な行動をしている状況下での通信

	時間 (秒)	全通信 (Bytes)	$S \rightarrow C$ (Bytes)	$C \rightarrow S$ (Bytes)
Sample1	2215	1365942	836884	529058
Sample2	3599	2540927	1602727	938200
Sample3	3601	2573220	1646384	926836
Sample4	2238	1635280	947731	687549

- Sample1

動ける範囲が広いマップのため、キャラクタやモンスターの密度が低い。人気のある場所で混雑している。移動せずに場所固定でモンスターの出現を待つスペースがあるためにキャラクタの移動は少なめになる傾向がある。

- Sample2

動ける範囲が Sample1 より狭く、キャラクタの密度が高い。ユーザ数は Sample1 と同じぐらい。キャラクタに対するモンスターの比率が Sample1 より低いため、索敵のために移動を多くする傾向がある。

- Sample3

Sample2 と動ける範囲は同等。ユーザ数が Sample2 より多くなっている。

- Sample4

動ける範囲、ユーザ数共に Sample1 と同じぐらいだが、一緒に行動する仲間が少ない。一緒に行動をとる人が少ない場合、次の行動の決定までの時間が短くなる。そのため、大勢で行動するより移動量が増える。Sample4 では行動量が特に多くなるようにプレイしたものを計測した。

通信量が最も高くなる状況

最もキャラクタが集中するゲーム内の街の中を最大の移動速度で動き回る。その状況下での通信量は表 4.3 の通りである。

表 4.3: 通信量が最も高くなる状況下での通信

	時間 (秒)	全通信 (Bytes)	$S \rightarrow C$ (Bytes)	$C \rightarrow S$ (Bytes)
Sample1	111	432294	378613	53681

なお、実際にはこの状況より通信量が増える状況がある。特定のキャラクタにおけるアクションを必要以上に連続で発生させることで上回ることができる。しかし、このアクション連打により発生する通信は縮小の余地があり、また、この行動はゲーム内で嫌われる行動であり行うことはあまりないため除外した。

4.3 考察

通信量が最も低くなる状況における通信はすべて短い同じ内容のパケットの繰り返しであった。これはサーバとクライアントが接続を確立しておくための同期通信である。この同期通信の単位時間当たりの通信量を全通信、サーバからクライアントに送信された通信 ($S \rightarrow C$)、クライアントからサーバに送信された通信 ($C \rightarrow S$) それぞれについて計算すると表 4.4 の通りになる。

また、一般的な行動をしている状況と通信量が最も高くなる状況における単位時間あたりの通信量はそれぞれ表 4.5、表 4.6 の通りになる。

表 4.4: 通信量が最も低くなる状況下での単位時間あたりの通信量

	全通信 (bps)	$S \rightarrow C$ (bps)	$C \rightarrow S$ (bps)
Sample1	198.5	85.0	113.5
Sample2	197.7	84.3	113.4
Sample3	195.6	81.7	113.9
平均	197.3	83.7	113.6

表 4.5: 一般的な行動をしている状況下での単位時間あたりの通信量

	全通信 (bps)	$S \rightarrow C$ (bps)	$C \rightarrow S$ (bps)
Sample1	4933.4	3022.6	1910.8
Sample2	5648.1	3562.6	2085.5
Sample3	5716.7	3657.6	2059.1
Sample4	5845.5	3387.8	2457.7
平均	5571.4	3455.7	2115.6

表 4.6: 通信量が最も高くなる状況下での単位時間あたりの通信量

	全通信 (bps)	$S \rightarrow C$ (bps)	$C \rightarrow S$ (bps)
Sample1	31156.3	27287.4	3868.9

通信量が最も低くなる状況での通信はすべて同期通信なので P2P 化できない。P2P 通信を行う相手も存在しない。このため、P2P 化によるクライアントの通信量増大は全くない。

次に一般的な行動をしている状況及び通信量が最も高くなる状況でのクライアントの通信量の増加の予測をする。まずは、それぞれ同期通信を除いた通信量を算出すると表 4.7 のようになる。

表 4.7: 同期通信を除いた単位時間あたりの通信量

	全通信 (bps)	$S \rightarrow C$ (bps)	$C \rightarrow S$ (bps)
一般的な行動	5374.1	3372.0	2002.0
通信量が最も高くなる	30959.0	27203.7	3755.3

クライアント発の情報をすべて P2P で送信する場合、3.2.1 の通信相手の決定方法の方法 1, 2 共に必要な通信相手すべてに直接送信することになる。通信相手の数を x とすると、同期通信を除いたクライアント発の情報の送信量は、以下のようになる。

- 一般的な行動をしている状況 : $2002.0x$ bps

- 通信量が最も高くなる状況：3755.7xbps

同期通信を除いたサーバ発の情報の受信量は、3.2.1 の通信相手の決定方法 1 の場合だと、サーバから直接受信するので、それぞれ最高でも 3372.0bps、27203.7bps になる。実際には、サーバ・クライアントモデルではクライアント発の情報がサーバ経由で伝わっているが、P2P にすることでその分の通信量が省かれるため低い値になる。

方法 2 の場合、P2P グループ内でグループ通信を行うため、最悪の場合を考えると、サーバから受け取った通信を自身が経路役となって他のグループ内のクライアントすべてに送信する場合が考えられる。この場合の通信量は、サーバからの受信量と他の通信相手 x 分の送信を合計して、

- 一般的な行動をしている状況：3372.0($x + 1$)bps
- 通信量が最も高くなる状況：27203.7($x + 1$)bps

となる。

よって P2P 化した場合のクライアントの全体の通信量は最大で、

- 方法 1
 - － 一般的な行動をしている状況：2002.0 x + 3372.0 + 同期通信 197.3(bps)
 - － 通信量が最も高くなる状況：3755.7 x + 27203.7 + 同期通信 197.3(bps)
- 方法 2
 - － 一般的な行動をしている状況：5374.1 x + 3372.0 + 同期通信 197.3(bps)
 - － 通信量が最も高くなる状況：30959.0 x + 27203.7 + 同期通信 197.3(bps)

グラフにすると方法 1 が図 4.1、方法 2 が図 4.2 の通りになる。

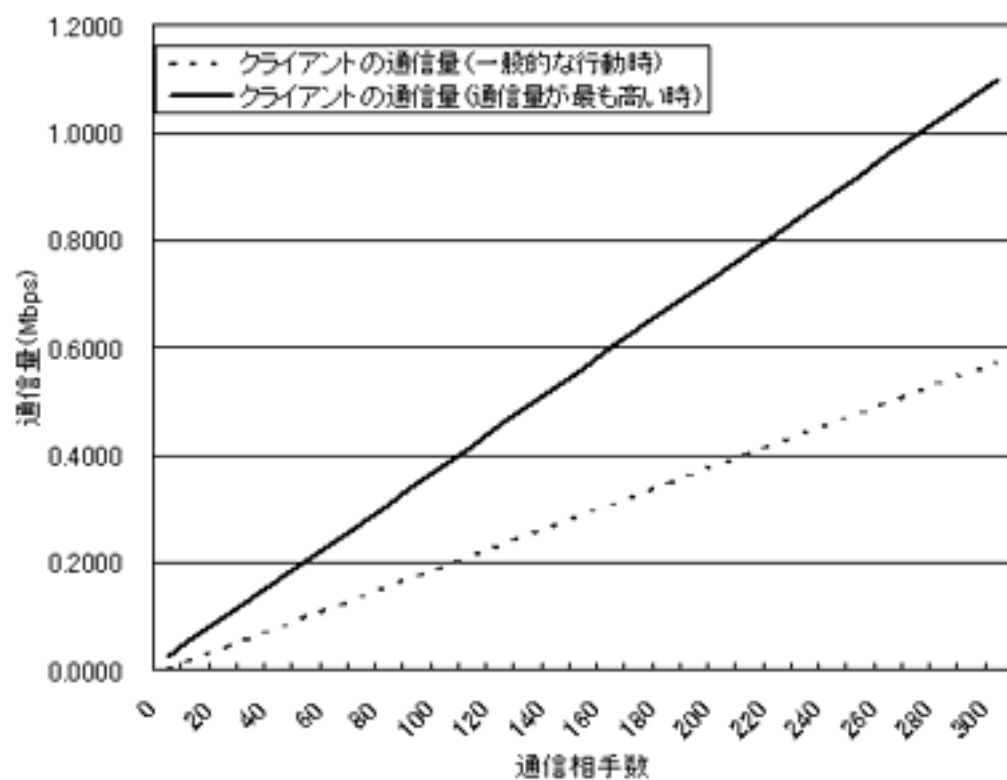


図 4.1: 方法 1 におけるクライアントの通信相手数と通信量の関係

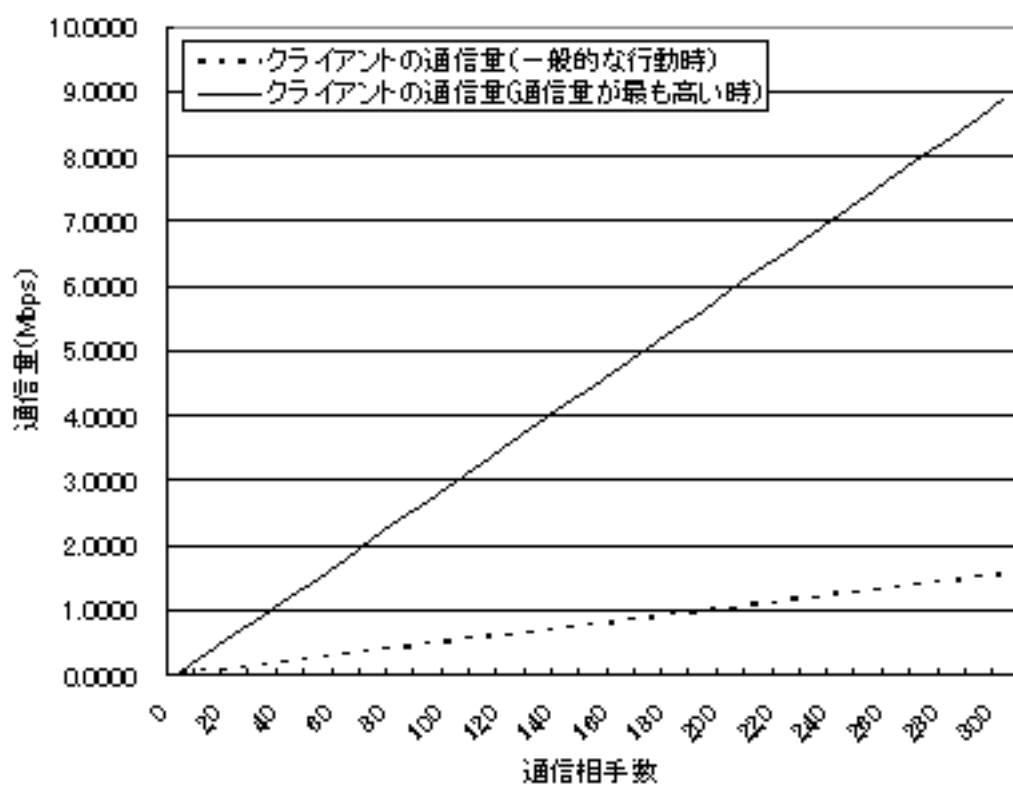


図 4.2: 方法 2 におけるクライアントの通信相手数と通信量の関係

ここで少し大げさに 200 人のキャラクタが認知範囲内にいたとする。(実際にはそこまで大勢のユーザが集まる状況はまず起こらない。また、ユーザが極端に集合すると一人一人の動きは鈍化する傾向にある) その場合の通信量は $x = 200$ なので、

- 方法 1

- － 一般的な行動をしている状況 : $403969.3(\text{bps}) = 0.3853(\text{Mbps})$
- － 通信量が最も高くなる状況 : $778541(\text{bps}) = 0.7425(\text{Mbps})$

- 方法 2

- － 一般的な行動をしている状況 : $1078389.3(\text{bps}) = 1.028(\text{Mbps})$
- － 通信量が最も高くなる状況 : $6219201(\text{bps}) = 5.931(\text{Mbps})$

方法 1 の場合、上りの帯域が小さい ADSL (50Mbps サービスで 3Mbps) においても、ADSL 回線の場合基地局から大きく離れて経路による損失が激しくないかぎり、最悪の場合を考慮して算出したこの結果でも十分足りる通信量である。

方法 2 の場合、通信量が最も高くなる状況下で高く見積もると帯域を上回る通信量になってしまうが、一般的な行動をしている状況下で高く見積もった値では十分足りる通信量である。また前述したように、200 のクライアントと同時に通信を行うような状況はまず起こらず、ユーザが極端に集中すると一人一人の動きは鈍化する傾向にあり、算出された値に到達することはない。そのため、方法 2 の場合でも P2P 化は可能である。

今後、光ファイバーの普及が進めば P2P 化による通信量の増加は問題にならないと考えられ、通信量においては P2P 化は可能であると判断する。光ファイバーの普及は、大手通信事業者が一般世帯向けサービスを開始し、2004 年 12 月には ADSL 回線業者最大手 YahooBB も光ファイバーサービスの提供を開始したため、2005 年のブロードバンド回線の普及の主役は ADSL から光ファイバーに急速に移行すると予測する。

しかし、ブロードバンド回線を利用している場合は通信量において十分 P2P 化は可能ではあるが、ISDN や PHS の場合は無理がある。これからの時代はブロードバンドであるかもしれないが、実際に現在の MMORPG では ISDN や PHS 回線でプレイしているユーザもいる。2004 年 4 月現在で、ブロードバンド回線普及率 47.8% とまだ半数近くがナローバンド回線を利用している。[7] このようなユーザに対してはサーバ・クライアントモデルでプレイできるようにするなどして通信量の増加を抑える必要がある。

第5章 終わりに

本論文では、MMORPGにおけるユーザの増加に伴う通信遅延を解決するために、P2P技術を用いてサーバへの負担の軽減を行うことを提案した。ハイブリッドP2Pモデルを用いることでP2Pの問題点を吸収し、通信量における数字上の答えはP2P化可能であることがわかった。

しかし理論上可能であっても、実際にハイブリッドP2P型のMMORPGの開発をするのは困難であるという問題点は残っている。サーバ・クライアントモデルではクライアントはサーバと1:1で対話をするだけで済んだものが、複数の相手と通信をする必要があり、またその通信相手は動的に決定される。この複雑なハイブリッドP2P型のMMORPGの開発を容易にするために、今後、MMORPGに特化したミドルウェアの作成を提案し、実際に利用可能なミドルウェアを作成していく予定である。

また、今後のMMORPGの将来像として、

- ブロードバンドを生かした音声チャット
- 違うMMORPG間でのコミュニケーションを取る手段の提供
- MMORPGで現実の商品を購入できるようなバーチャルショッピングモールの提供
- モジュールとしてアプリケーションの組み込みを可能にする

といった他のアプリケーションの融合をさせたMMORPGを提案する。様々なアプリケーションとの融合はあらゆる情報にアクセスでき、購入できたり、開発できたり、学習できたりとコンピュータで可能なことをMMORPGから直接できるようにする。わかりやすいMMORPGのGUIを操作することでコンピュータのあらゆる機能が操作できれば、コンピュータに詳しくないユーザでもコンピュータを使いこなせるようになるのではないだろうか。

参考文献

- [1] Ultima Online <http://www.jp.uo.com/>
- [2] Lineage <http://www.lineageonline.jp/>
- [3] Ragnarok Online <http://www.ragnarokonline.jp/>
- [4] Final Fantasy XI <http://www.playonline.com/ff11/>
- [5] Lineage II <http://www.lineage2.jp/>
- [6] Ethereal <http://ethereal.netarc.jp/>
- [7] 総務省, 平成 15 年「通信利用動向調査」の結果
http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040414_1.html

付 録 A MMORPG

MMORPG 名	公式サイトアドレス
A3	http://www.a3online.jp/
Appie Online	http://www.appie.jp/
Asgard	http://gamewww.nexon.co.jp/asgard/
Corum Online	http://www.corum.jp/
CRONOUS	http://www.cronous.jp/
CROSGATE	http://saru.square-enix.co.jp/crossgate/
Dark Age of Camelot	http://jp.darkageofcamelot.com/
Depth Fantasia	http://saru.square-enix.co.jp/depthfantasia/
DILMUN	http://www.you-to.jp/dilmun/
Dinastia	http://www.s-garden.com/
Dragon Raja	
ELANCIA	http://gamewww.nexon.co.jp/elancia/
ELEMENTALIA	http://www.elementalia.jp/
Eternal Chaos	http://www.gamania.co.jp/ec/
EVE Online	http://www.eve-online.com/
EVERQUEST	http://www.jp.everquest.com/
EVERQUEST II	http://www.playonline.com/eq2/
Fantasy Earth	http://www.playonline.com/fe/
Final Fantasy XI	http://www.playonline.com/ff11/
Flyff Online	http://www.flyff.jp/
GODIUS	http://gamespace24.net/game/godius/
Granado Espada	http://granadoespada.com/jp/
GUILD WARS	http://www.guildwars.com/
Helbreath	http://www.helbreathusa.com/
KNIGHT ONLINE	http://www.knightonline.jp/
Lineage	http://www.lineageonline.jp/
Lineage II	http://www.lineage2.jp/
M2	http://www.m2online.jp/
Mabinogi	http://www.mabinogi.com/jpn/
Maple Story	http://gameweb.nexon.co.jp/maplestory/
Master of Epic	http://moepic.com/
MIX MASTER	http://www.elementalia.jp/

MMORPG 名	公式サイトアドレス
MU	http://www.muonline.jp/main.asp
N-Age	http://gamespace24.net/game/nage/
OUTLIVE ONLINE	http://www.platon.co.jp/~akake/outlive/
Pristontale	http://www.pristontale.jp/
R.O.S.E.	http://www.roseon.jp/index.asp
R.Y.L	
Ragnarok Online	http://www.ragnarokonline.jp/
RED STONE	http://www.redsonline.jp/
Rubies of Eventide	http://www.cyberwar.com/
Seal Online	http://www.sealonline.co.jp/
Shadowbane	
Star Gate Online	http://www.sgoj.com/
STAR WARS GALAXIES	http://www.japan.ea.com/swg/
Stone Age	http://www.stoneage.to/
STRUGARDEN	http://www.strugarden.jp/
Tales Weaver	http://gameweb.nexon.co.jp/talesweaver/
SRICKSTER	http://www.trickster.jp/
Tales of Eternia ONLINE	http://www.toeo.jp/index.html
TANTRA	http://www.tantraonline.jp/
Ultima Online	http://www.jp.uo.com/
World of Warcraft	http://www.worldofwarcraft.com/
風の王国	http://gameweb.nexon.co.jp/kaze/
巨匠伝	http://www.gamania.co.jp/kd/
幻創遊記	http://mme.netdragon.jp/
コスモぐらし	http://cosmogu.com/
疾走、ヤンキー魂。	http://yantama.com/
新天上碑	http://1003b.gameon.co.jp/
大航海時代 Online	http://www.gamecity.ne.jp/dol/
天下無双	http://www.elysium-online.jp/
童話王国	http://gamespace24.net/f-kingdom/
信長の野望 Online	http://www.gamecity.ne.jp/nol/
服従	http://jp.91.com/
闇の伝説	http://gameweb.nexon.co.jp/yami/