

CVE における位置情報を利用した オーバーレイ P2P ネットワークの提案と評価

中井 優志[†] 柴田 義孝[†]

[†]岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科

1 はじめに

近年, ネットワーク技術と CG (Computer Graphics) 技術の進歩により CVE (Collaborative Virtual Environment) と呼ばれるアプリケーションの提案が行われている. これは CG による三次元仮想環境を構築し, ネットワークを利用した通信によって複数人が協調作業を行うアプリケーションである. CVE は大規模化が進み, 多くの利用者参加の実現が行われてきたが, 一方で CVE のスケーラビリティが問題となっている.

本研究では CVE に参加可能な利用者の数に着目し, 仮想環境における位置情報に基づく オブジェクトの P2P (Peer-to-Peer) オーバーレイネットワークを提案する. CVE に参加する計算機が CVE における位置に基づいた オーバーレイネットワークを構築することで三次元仮想環境における位置に基づいた通信が可能となる. これによって通信の局所化による効率的な通信が可能となる. 本稿ではこの手法の提案と評価結果を報告する.

2 関連研究

CVE におけるネットワーク構成の提案としては DHT (Distributed Hash Table) を用いたオーバーレイネットワークの提案 [3] や Voronoi Scheme による勢力図に基づくオーバーレイネットワーク [2], P2P Message Exchange Scheme [4] などが挙げられる. これらはいずれも CVE のためのオーバーレイネットワーク構築法であるが, DHT を用いたオーバーレイネットワークにおいてはネットワーク探索におけるキーの設定が困難であるという問題点がある. また, Voronoi Scheme においては計算負荷が高いという問題がある. P2P Message Exchange Scheme においてはノード数の増加にしたがって論理ネットワークの分断が発生することが知られている. 分断は抑えることが可能であるが, 代わりにメッセージの交換数が増加する.

本稿では位置情報を基準とした単純な接続先選択と, オーバーレイネットワークにおけるルーティングを実現することによってこれらの問題を解決する.

3 距離情報に基づくオーバーレイネットワーク

本稿で提案するオーバーレイネットワークは, CVE アプリケーションにおける論理的な位置情報を基にしており, オブジェクト間の距離に比例した通信の必要

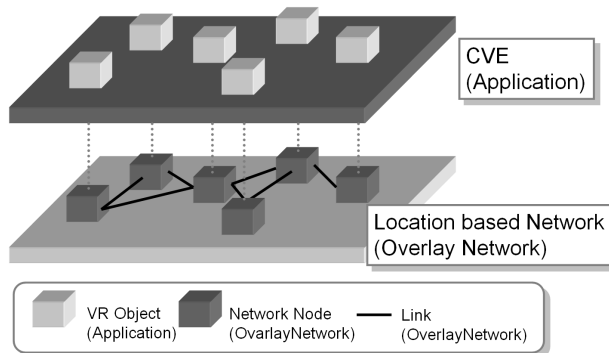


図 1: 位置情報に基づいたオーバーレイネットワーク

性を前提としており, オーバーレイネットワークにおいて位置座標を定義し, 座標上にネットワークノードを配置していくことによって CVE における論理空間と対応したオーバーレイネットワークを構築する.

3.1 仮想空間とオーバーレイネットワークの対応

提案するオーバーレイネットワークの概要を図 1 に示す. CVE レイヤーにはアプリケーションにおいて提供されるコンテンツオブジェクトが VR Object として配置される. この位置関係は仮想空間における位置に対応している. 一方の Location Based Network レイヤーには VR Object と位置的に対応した Network Node が配置される. この Network Node は各方向においてもっとも距離が近い Network Node との接続を行うものとし, 三次元空間において $+x, -x, +y, -y, +z, -z$ の 6 方向を想定している. 最終的に近接するノード間の接続がオーバーレイネットワークとなり CVE アプリケーションにおける通信路として機能する.

また, VR Object の移動に伴う位置情報に変更があった場合はそれに従い Network Node も移動し, このときネットワークの接続は更新されネットワークが再構築される.

3.2 ルーティングとメッセージ通信

構築されるオーバーレイネットワーク上においてはルーティングが行われる. ルーティングの対象はノードとメッセージとし, ノードが移動した際や, メッセージを特定のノードに届ける際にこの機能が働く. 送信元から送信先の方向を算出し, 方向が一致するリンクを候補とし, 距離が最短となるリンクを選択していくことによって送信先まで対象をルーティングする. メッセージは送信元, 送信先をノードとしアプリケーションの通信に用いられる. また, メッセージをネットワーク全体へ送信し, 条件に合致するノードからの

Proposal and evaluation of Overlay Peer-to-Peer Network using location information in CVE

[†] Yushi Nakai (yushi@sb.soft.iwate-pu.ac.jp)

[†] Yoshitaka Shibata (shibata@iwate-pu.ac.jp)

Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University ([†])

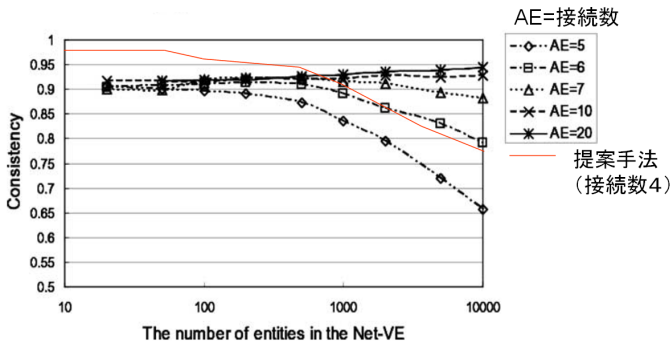


図 2: 一貫性評価

レスポンスを得ることでネットワーク全体への問い合わせを実現する。

4 性能評価

本システムのスケーラビリティに対する有効性を確認するためシミュレーションによる性能評価を行った。評価項目はノード数の増加に対する一貫性評価、データ転送量評価、計算負荷の評価である。

4.1 一貫性評価

一貫性 Consistency は N をノード数, $P(i)$ をノード i における実際に接続を行ったリンク, $Q(i)$ をノード i における本来接続すべきリンクとした際に

$$Consistency = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P(i)}{Q(i)} \quad (1)$$

として求められる [4]。この時本来接続すべきリンクは論理的に計算したものであり、実際に接続を行ったリンクの算出はシミュレータ上で P2P 通信により得られた結果である。実験結果を図 2 に示す。これは P2P Message Exchange Scheme において行われた結果に提案手法の評価結果を重ねたものである。P2P Message Exchange Scheme においては 1 ノードあたりの接続数を示す AE が 1 ノードあたりの接続数となる。AE が増加するに従い一貫性が向上していることがわかる。

一方で提案手法の接続数を 2 次元空間に限定し 4 接続と設定した場合、提案手法においてより高い一貫性を得ることができた。

4.2 転送量評価

転送量の測定としては、シミュレータ上でオーバーレイネットワークの構築を行い、同条件でノードを移動させる場合に発生するデータの転送 Byte 数を計測した。比較対象は Voronoi Scheme である。[1] これは公開されている [2] の実装となっている。測定結果を図 3 に示す。転送量は提案手法、Voronoi Scheme 共に指数オーダーで増加することが確認できた。実転送量に関しては若干提案手法が少ないという結果が得られた。

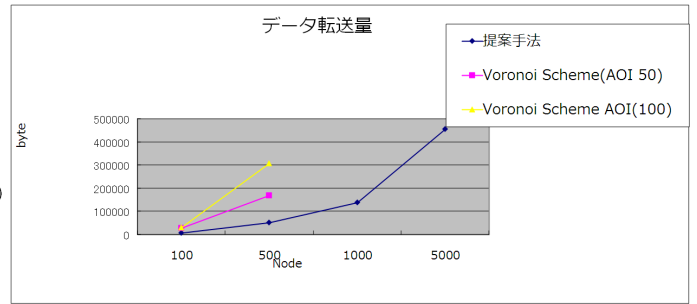


図 3: データ転送量

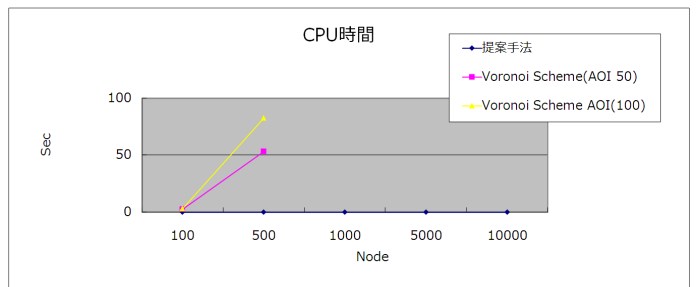


図 4: 1 ノードあたりの計算負荷

4.3 計算負荷評価

負荷測定の対象としてはオーバーレイネットワーク構築に必用となる CPU 時間であり、アルゴリズム固有の計算部分の測定を行った。比較したのは転送量と同じく Voronoi Scheme である。Voronoi Scheme は通信対象を決定するために Voronoi 図を各ノードにおいて算出する必要がある。一方で提案手法においてはノード間の距離の算出のみを行うため、比較すると提案手法が低い負荷でネットワークを維持することが可能である。

5 まとめ

本稿では CVE における位置情報を利用したオーバーレイ P2P ネットワークを提案し既存手法との比較評価を行った。

提案手法により大規模な CVE 実現が期待できる。今後の課題としては評価対象を変えての性能評価と、今回行っていない End-to-End 遅延の測定やデータ転送量の測定が挙げられる。

参考文献

- [1] VAST - scalable peer-to-peer (P2P) network for virtual environments (virtual worlds, MMOG and simulations). <http://vast.sourceforge.net>.
- [2] Shun-Yun Hu and Guan-Ming Liao. Scalable peer-to-peer networked virtual environment. In *NetGames '04: Proceedings of 3rd ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games*, pages 129-133, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.
- [3] B. Knutsson, H. Lu, W. Xu, and B. Hopkins. Peer-to-peer support for massively multiplayer games, 2004.
- [4] Y.Kawahara, H.Morikawa, and T.Aoyama. A peer-to-peer message exchange scheme for large scale networked virtual environments. In *ICCS2002: Proceedings of 8th IEEE international Conference on Communications Systems*, 2002.