

マルチエージェントシミュレータを用いたコンテンツ配信網 における流通モデルの評価

A Multi-Agent simulation Approach for Contents Management on Contents Delivery Network

山崎 重行[†]
Shigeyuki YAMAZAKI

奥田 隆史[‡]
Takashi OKUDA

井手口 哲夫[‡]
Tetuo IDEGUTI

1. まえがき

xDSL や FTTH, CATV などの常時接続ブロードバンド環境が充実し、ネットワークを介して映画などの大容量コンテンツが入手できる配信サービスが提供されてきている。そのようなコンテンツ配信サービスの一つとして P2P (Peer to Peer) 技術を使用した、コンテンツ配信網 (Contents Delivery Network: 以下 CDN) がある。このような CDN を P2P 型 CDN と呼ぶ。現在は、主に Gnutella, WinMX などといった P2P ファイル共有ソフトを使用して、インターネットコミュニティレベルのコンテンツの配信で使用されている。

しかし、この P2P 型 CDN では、CDN に参加している利用者の嗜好や性格により、コンテンツの選別が行われていることや、各利用者のコンピュータの回線容量や記憶容量、稼働時間などにより、CDN 内のコンテンツの配置状態や CDN の品質を求めることが困難であることが多い [1]。そこで、以上のような利用者の嗜好や性格および環境の影響で CDN 全体での品質が変化するのを表すためにマルチエージェントシミュレータ (以下 MAS) を用いて、CDN の利用者の複雑な嗜好を表すことによって、コンテンツが CDN 内でどのような流通状態になるのかを表現し、CDN の品質の評価する。

2. マルチエージェントシミュレータ

MAS とは、環境の状態を知覚し、自律的に処理を遂行するエンティティであるエージェントが複数で互いに協調・ネゴシエーションなどを行うことをシミュレートして問題を解決していき多数の自律したエージェントからボトムアップにシステムを構成する新しい問題解決手法である [2]。本研究では、マサチューセッツ工科大学の Mitchel Resnick 教授のグループにより開発された MAS である StarLogo [3] を使用する。

3. P2P 型 CDN

P2P 型 CDN で用いられている P2P 技術とは、1 つまたは複数のコンピュータがほかのコンピュータにサービスを与える従来のクライアント/サーバモデルとは対照的な概念である。P2P では、各コンピュータは対等であり、コンピュータのリソースやサービスを直接やりとりを行う。P2P では、各コンピュータが自律的に機能し、リソースの所有なども自分で制御している。

このような P2P 技術を用いた CDN では、リクエストを出したコンピュータが CDN 上で目的のコンテンツが在るコンピュータを探し出し、対象コンピュータと一対一で直接やり取りを行うことにより目的のコンテ

ツを取得する。次にコンテンツを取得したコンピュータは、他のコンピュータからそのコンテンツのリクエストがあった場合、前回入手したコンテンツを提供する側になる。このように、コンテンツを伝言ゲームのように受け渡していくのが P2P 型 CDN の大きな特徴である。コンテンツの流通の様子を図 1 に示す。

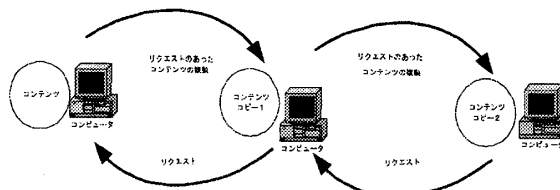


図 1: P2P 型 CDN

4. P2P 型 CDN の MAS モデル

P2P 型 CDN を MAS モデルを用いて表現すると図 2 となる。

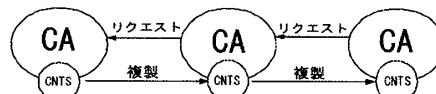


図 2: CDN でのエージェントモデル

図 2 で、CNTS はコンテンツを表している。CA はコンピュータエージェントを表しており、CDN に参加しているコンピュータとそれを操作する人を表したもので図 3 の属性を含んでいる。

図 3 において、コンピュータと人の属性がある。コンピュータの属性として、 N は保存容量とし、保存できるコンテンツの数を表す。 E_1, E_2 はコンピュータの環境を表しており CPU パワーと回線容量を示している。

次に人の属性として、参加度 P は、コンピュータを CDN に参加させている割合である。嗜好 T_i は、複合的な属性であり、

$$T_i = \sum_{i \in C} \omega_i C_i \quad C_i = 0, 1 \quad \sum_{i \in C} \omega_i = 1$$

とする。ここでコンテンツの種類を集めて C とし、種類 C_i に対しての重みを ω_i とする。 T_i が同一な CA の集団を、同一の嗜好グループとして扱うことにする。

CDN の品質を評価するために満足度 S を導入する。 S は、

$$S = \frac{\text{CA の合計成功リクエスト数}}{\text{CA の合計リクエスト数}}$$

と定義する。この値が大きいくほど、CDN に参加している利用者が希望のコンテンツを入手できる確率が大いということで CDN の品質が優れていることを表している。

[†]愛知県立大学 大学院 情報科学研究科

[‡]愛知県立大学 情報科学部 地域情報科学科

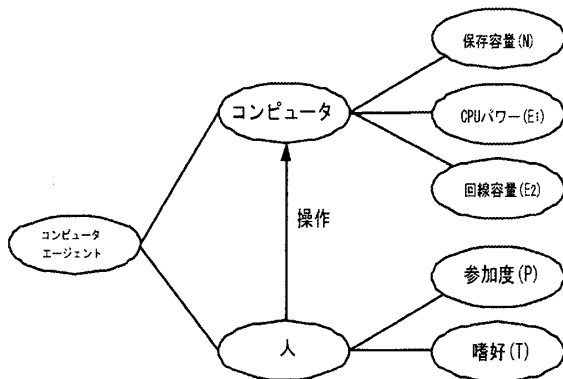


図3: エージェントの属性関係図

5. 数値計算例

嗜好グループを2種類とし、それぞれをグループ1, グループ2とする。コンテンツは2種類とし、コンテンツA, コンテンツBで、容量の違いによりそれぞれの平均転送時間が異なるとした。嗜好グループとコンテンツの属性を表1に示す。

CAの数をそれぞれのグループで50とし(合計100), 各グループのCAからの各コンテンツに対するリクエストは、リクエスト発生率 $\lambda=0.125$ のポアソン分布に従って発生する。それぞれのコンテンツの転送時間は、指数分布に従うものとし、平均転送時間 μ^{-1} である。また、コンテンツ転送中は、他のリクエストを受け付けられないものとする。すべてのCAのその他の属性 N, P は、すべて同一とし、 $N=10, P=1.00$ とする。

コンテンツの初期配置数を表1の(a),(b),(c),(d)とした場合で、グループ1, グループ2, 全CAそれぞれの満足度を S_1, S_2, S_{ALL} とし、それぞれ5回ずつ試行を行った時の平均値を取った結果である。20単位時間後の収束値を表2に示し、それぞれが0.5に達するまでの単位時間を表3に示す。また、 S_{ALL} の推移を図4に示す。

表3より収束値はグループ1, グループ2に関わらずほぼ同じ値になった。だが、表2の立上がり時間においては、(c)よりも(b)のほうが3割程度短縮されている。立上がり時間については、平均転送時間の少ないコンテンツBの初期配置数が、コンテンツAに比べ立上がり時間に与える影響が大きいと言える。(c)の場合においては、収束値は(b),(c)とほぼ同じであり、図4より S_{ALL} の推移も(b)とそれほど変化は無く、満足度の改善効果が少ない。

表1: 嗜好グループとコンテンツの属性

	平均転送時間 μ^{-1}	嗜好状態		初期配置数			
		グループ1	グループ2	(a)	(b)	(c)	(d)
コンテンツA	1.00	0.4	0.6	1	1	2	2
コンテンツB	0.67	0.6	0.4	1	2	1	2

表2: 収束値

初期コンテンツ配置数	S_1	S_2	S_{ALL}
(a)	0.89	0.89	0.89
(b)	0.94	0.93	0.93
(c)	0.93	0.93	0.93
(d)	0.95	0.94	0.94

表3: 立上がり時間

初期コンテンツ配置数	グループ1	グループ2	全体
(a)	4.11	4.11	4.11
(b)	1.55	2.21	1.91
(c)	2.43	3.11	2.76
(d)	1.60	2.10	1.90

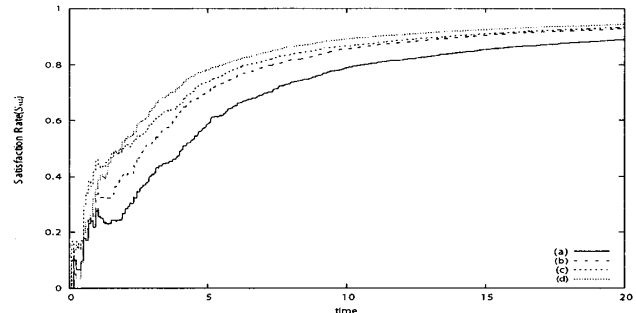


図4: 初期配置数による全体の満足度の推移

6. おわりに

本研究では、異なる嗜好状態のグループが存在しているP2P型CDNにおいて、初期に配置するコンテンツの種類ごとの数を変化させ、コンテンツの流通状態を表すことができた。数値例より、複数の嗜好グループがある場合でも[5]と同様に嗜好初期配置数のコンテンツの数を増やすことに改善効果が少なくなることが確認できた。また、立上がり時間においては、初期配置数で平均転送時間の短い物を多くすることが、全体の立上がり時間が改善することがわかった。しかし、グループ間での満足度の収束値に大きな違いが無く、大きく偏った嗜好属性の場合を検討する必要があると考えられる。

今後としては各エージェントにコストの概念を導入して、エージェントが希望のコンテンツを入手するために必要なコストや、コスト当たりの利得などを表現する。そして、P2P型CDNにおけるマーケティングモデルを構築し、コンテンツの流通を制御するためにはどのようなマーケット戦略が有効なのか検討することである[4]。

本研究では、平成16年度総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(特定領域重点型研究開発、次世代ネットワーク技術)の補助を受けて行われた。

参考文献

- [1] 鍋島公章, “CDNとCDSPビジネスの動向と展望”, <http://www.kosho.org/Publication/NI2002/NI2002.ppt>.
- [2] 大内東, 山本雅人, 川村秀憲, マルチエージェントシステムの基礎と応用, コロナ社, 2002.
- [3] Mitchel Resnick, *Turtles, Termites, and Traffic Jams*, The MIT press, Cambridge, Massachusetts, London, 1994.
- [4] 岡太彬訓, 木島正明, 守口剛 マーケティングの数理モデル, 朝倉書店, 2001.
- [5] 山崎重行, 奥田隆史, 井手口哲夫 “コンテンツ配信網におけるマルチエージェントシミュレータを用いた評価”, 平成16年度電気関係学会東海支部連合大会公演大会論文集, 名古屋工業大学, 2004年9月(投稿中).