

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2007～2008
課題番号：19560379
研究課題名（和文）ピア行動特性の類似度を考慮したオーバレイネットワークトポロジー構成法
研究課題名（英文）Overlay network topology considering with characteristics of peer behaviors
研究代表者 朝香 卓也（ASAKA TAKUYA） 京都大学・大学院情報学研究科・准教授 研究者番号：30346043

## 研究成果の概要：

本研究では、コンテンツ配信サービス等をおこなうオーバレイネットワークにおいて、各ピアの行動特性の類似度を陽に考慮したコンテンツ要求転送方式の考案および方式の評価を行った。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1800000	540000	2340000
2008年度	1700000	510000	2210000
年度			
年度			
年度			
総計	3500000	1050000	4550000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学

キーワード：オーバレイネットワーク，P2P，べき乗則，クラスター

## 1. 研究開始当初の背景

オーバレイネットワークとは実際のネットワーク上において、端末（ホスト）間に論理的なリンクを構築することにより実現した論理ネットワークのことである（右図参照）。オーバレイネットワークでは、各端末が自律分散的に協調制御することにより、従来のネットワーク技術だけでは実現が困難であったネットワークのスケラビリティの確保、あるいは信頼性の確保が可能となる。これまで、オーバレイネットワーク技術は、主に Peer-to-Peer (P2P) ネットワーク技術として研究開発および実用化が図られてきた。

具体的には、P2P 型コンテンツ配信、アプリケーション層マルチキャスト、P2P 型 VoIP 等があげられる。将来的には、ユビキタスネットワーク環境の実現を目指したオーバレイセンサネットワーク、あるいはモバイルモビリティやサービスモビリティのためのシームレスコミュニケーションサービス等が検討されている。これら様々なアプリケーションの発展に寄与することが期待されるオーバレイネットワーク技術の研究開発は、極めて重要な課題であると考えられる。これまで、オーバレイネットワーク技術に関するさまざまな研究開発が行われてきた。例えばコンテンツ配信におけるホスト間の

負荷分散の検討,あるいはホストやネットワークの故障に対応するための高い耐障害性の確保の検討等が行われてきた。しかしながら,これら従来の研究では各ピアは独立にコンテンツ(情報)要求をし,独立にデータ転送が行われることを想定しており,各ピアの行動特性の類似度を考慮したものはなっていない。特にオーバーレイネットワークトポロジー構成法の研究開発は充分ではなく,オーバーレイネットワークの規模が大きくなるに従い特定ピアへの負荷の集中や実ネットワークにおけるトラフィック負荷の偏りの発生等の問題があった。現実のネットワークでは,各ピアの行動特性の類似として,各ピアの要求あるいは保持するコンテンツ(情報)の類似,オーバーレイネットワーク内での接続箇所の類似,あるいは要求トラフィック発生過程の類似等が考えられ,これらの類似の仕方に極端な偏りがあることが予想される。例えば,要求コンテンツの類似性はコンテンツの人気度の偏り(Zipfの法則)として現れ,接続箇所の類似はスケールフリーのトポロジーとして現れる。これらの偏りはオーバーレイネットワークの利点であるスケラビリティや信頼性という観点からは,非常に不利に働く可能性がある。

## 2. 研究の目的

上記の問題に対して,本研究ではネットワークの各ピアの行動特性の類似度を陽に考慮したオーバーレイネットワークトポロジー構成法の提案を行う。各ピアの行動特性の類似度を考慮してトポロジーを構成することにより,前述のさまざまな偏りを是正し既存技術での問題の解決を目指す。特に,行動特性の類似度の高いピア群をクラスター化することが有効な手段と考えられることから,様々なクラスター化アルゴリズムをトポロジー構成法へ適用し,その有効性を検討する。

## 3. 研究の方法

具体的な検討手順として,

- (1) 各ピアの行動特性類似度の分類整理およびネットワーク性能への影響の解析的評価
- (2) 各ピアの行動特性類似度を考慮したオーバーレイトポロジー構成法の提案と解析的評価
- (3) 提案したトポロジー構成法を実装したプロトタイプの実成と評価を行う。

まず(1)では,ネットワーク性能に関連する各ピアの行動特性を列挙分類を行う。前述の要求コンテンツ(情報)の類似やオーバーレイネットワーク内での接続箇所の類似等以外にも様々なピアの行動特性を考慮することが可能であり,それらを列挙した上でその特徴に応じて分類整理を行う。また,得られた各種行動特性類似度の指標とネットワークトポロジーとの関係をネットワーク性能の観点から分析評価する。例えば,あるピアグループにおいて流通するコンテンツの偏りがあるという条件のもとで,いくつかのネットワークトポロジーを与え,そのネットワーク性能を比較評価する。このような評価をさまざまな行動特性指標に対して行うこととする。

次に(2)では,(1)の分析結果を踏まえて,オーバーレイネットワークのトポロジーとしてどのような特性を満足すればネットワーク性能を高くすることができるかを検討する。行動特性類似性は,さまざまなサービス条件に依存することが想定されることから,類似性の高低によらずネットワーク性能を常に高く維持するための要求条件を明らかにする。また,この要求条件を満足するトポロジーを決定するための新たな自律分散アルゴリズムおよび実際にネットワークを構成するためのプロトコルの発案を行う。さらに(3)では(1)(2)の提案法を実際のシステムとして具体化するため実装をし,複数の計算機を用いてその基本性能を評

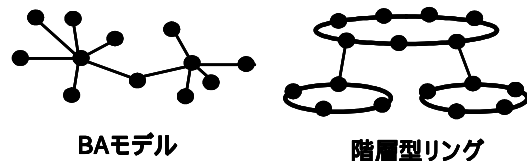


図 2 オーバーレイネットワークのトポロジー例

価する。

## 4. 研究成果

### (1) 2007年度

各ピアの行動特性類似度の分類整理,ネットワーク性能への影響の解析的評価  
ネットワーク性能に関連する各ピアの行動特性を列挙し分類を行った。前述の要求コンテンツ(情報)の類似やオーバーレイネットワーク内での接続箇所の類似等以外にも様々なピアの行動特性を考慮することが可能であり,それら想定されるものを全て列挙した上で,その特徴に応じておよびネットワーク性能に与える影響度の観点から分類を行った。

また,得られた各種行動特性類似度の指標

とネットワークトポロジーとの関係を明らかにするため、ネットワーク性能分析評価を行った。具体的には、たとえば、あるピアグループにおいて流通するコンテンツの偏りがあるという条件のもとで、いくつかのネットワークトポロジーを与え、そのネットワーク性能を比較評価した。簡易モデルを構築し、2007年度に購入したシミュレーション評価用計算機を用いてシミュレーション評価をおこなった。なお、2007年度に限り、テストベッド用実験装置Ⅰをシミュレーション用のサブの計算機として用いた。

各ピアの行動特性類似度を考慮したオーバレイトポロジー構成法の1次案の検討

前述の分析結果を踏まえて、オーバレイネットワークのトポロジーとしてどのような特性を満足すればネットワーク性能を高くすることができるかを検討した。行動特性類似性は、さまざまなサービス条件に依存することが想定されることから、類似性の高低によらずネットワーク性能を常に高く維持するための要求条件を明らかにした。この要求条件を満足するトポロジーを決定するための新たな自律分散アルゴリズムおよび実際にネットワークを構成するためのプロトコルの1次案の発案を行った。

## (2) 2008年度

オーバレイトポロジー構成法の詳細検討と解析的評価

前年度に検討を行った自律分散アルゴリズムおよびプロトコルの詳細検討を行った。さらに、前年度に作成したシミュレータを拡張し、アルゴリズムおよびプロトコルの性能の定量評価を行った。ここでの評価は、各行動特性の類似度を極端に設定し、アルゴリズムおよびプロトコルの限界性能を明らかにした。また、この結果は、テストベッド環境での評価の基礎データとして用いた。

テストベッド環境の構築

2008年度購入済みのテストベッド用実験装置Ⅱとテストベッド用実験装置Ⅰを用いてテストベッド環境の構築およびプロトタイプ作成を行った。本プロトタイプは、SUNのP2PプラットフォームであるJXTA上で実現することとする。また、この際、従来のTCP/IPプロトコルアーキテクチャとの親和性を十分に検証し、それらと互換性をもった形での実装をする。その後、本プロトタイプ単体での機能検証を行う。この時点で、これまでの性能評価結果を踏まえて方式のさらなる詳細検討を行う。また、必要に応じて、計算機シミュレーションでの機能検証および追加の性能評価を行った。

検証および追加の性能評価の終了後、前述のテストベッド環境上において、コンテンツ

の伝送実験を行った。さらに、実験ネットワーク上において、さまざまな回線速度およびネットワーク品質環境を実現することにより、提案技術のさまざまな環境に対する有効性および限界性能について評価を行った。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3件)

森 友則, 朝香卓也, 高橋達郎, "P2P ネットワークにおけるコンテンツの人気度を考慮したレプリケーション法の提案," 電子情報通信学会論文誌, 有, Vol. J92-B No.1, pp. 54-68, January 2009.

三角 拓也, 茶木悠紀子, 朝香卓也, 高橋達郎, "センサネットワークのための測定データ駆動型クラスタリングを用いた経路制御方式" 電子情報通信学会論文誌, 有, Vol. J91-B No.12, pp. 1746-1749, December 2008.

Wan Yi, Takuya Asaka, and Tatsuro Takahashi, "A Hybrid P2P Overlay Network for Non-Strictly Hierarchically Categorized Content," IEICE Transactions on Communications., 有, vol. E91-B, no.11, pp. 3608-3616, November 2008.

[学会発表](計 4件)

Tomonori Mori, Takuya Asaka, and Tatsuro Takahashi, "A Novel Cooperative Caching Scheme for Unstructured Peer-to-Peer Networks," IEEE Consumer Communication and Networking Conference (CCNS2009), 11, January 2009, Las Vegas.

Wan Yi, Takuya Asaka, and Tatsuro Takahashi, "A Hybrid P2P Overlay Network for Non-Strictly Hierarchically Categorized Content," Cluster Computing and the Grid (CCGrid2008), pp.41-48, 21, May 2008, Lyon.

Wan Yi, Takuya Asaka, Tatsuro Takahashi, "On the design of the cache based P2P YouTube-like VoD system," 電子情報通信学会技術研究報告, no. NS2008-104, pp.93-98, 13, November 2008, 日本大学福島キャンパス.

森 友則，朝香卓也，高橋達郎， "動画共有サイトにおけるコンテンツ人気度推移の分析，" 電子情報通信学会技術研究報告，no.NS2008-103 ,pp.87-92 ,13,November 2008.

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

朝香 卓也 (ASAKA TAKUYA)  
京都大学・大学院情報学研究科・准教授  
研究者番号：30346043

### (2)研究分担者

高橋 達郎 (TAKAHASHI TATSURO)  
京都大学・大学院情報学研究科・教授  
研究者番号：30324677