

非構造化 Peer-to-Peer オーバーレイネットワークにおける Publish/Subscribe システムの実現

山本 佑太^{1,a)} 林原 尚浩^{1,b)}

概要: Twitter などで行われている非同期メッセージングモデルの 1 つに Publish/Subscribe(Pub/Sub) モデルがある. 現在 Pub/Sub モデルが使われているシステムの多くはサーバを使いメッセージの配信を行っている. しかし, このようなシステムではサーバが故障してしまうとシステム全体がダウンする可能性がある. そこで本研究では, 分散システムにおけるブロードキャスト手法の 1 つである Gossip アルゴリズムを用いた非構造化 Peer-to-Peer(P2P) における Pub/Sub システムの実現を提案する. 非構造化 P2P ベースのシステムは耐障害性・スケーラビリティにおいて優れており, ネットワークトポロジに依存しないデータの配信が可能となる. 一方でこのようなシステムはトポロジが変化するためデータの効率的な管理や配信という点で問題がある. 本研究では動的なトポロジ上での信頼性の高いデータの配置・管理手法について議論を行う.

1. はじめに

Publish/Subscribe(Pub/Sub) モデルが現在使われているシステムの多くは, サーバを用いたシステムが主流とされている. Publish(出版) では出版者が配信したメッセージがどのようなトピックに属しているかメッセージに付加し, メッセージを配信. Subscribe(購読) は購読者が必要とするトピックに属したメッセージを購読者へ配送し, 購読する事ができる. Pub/Sub モデルを実現するため必要な機構は主に以下の 4 つである.

- (1) 出版情報の管理
- (2) 購読情報の管理
- (3) コンテンツデータの配置
- (4) データの検索

本稿では上記の 1 つである「出版情報の管理」に注目を置き, 非構造化 Peer-to-Peer(P2P) の Pub/Sub システムの実現を目的とし, 実現に必要な機構などについて検討を行う.

Pub/Sub モデルとはメッセージの送信側が出版者, 受信側が購読者となり, 購読者は出版時にメッセージに付加されたトピック情報に基づき必要なトピックのみを購読する事ができる. Pub/Sub モデルでは出版者は常に出版者, 購読者は常に購読者ではなく出版者は購読者になる事ができ, またその逆も可能となるメッセージングモデルである.

非構造化 P2P オーバーレイネットワークの利点はメッセージを配送する際トポロジに依存されないためルーティングを必要とせず, フラッディングを使う事により柔軟な検索が可能となる. さらに途中のノードで故障や churn が起きた場合ネットワークを再構成するためのコストが低コストである. そして P2P のシステムはサーバを用いず, ネットワークへ参加するノードで必要な処理を行うため, 接続されるノード数が増加するほど, スケーラビリティが上がり, 高スケーラビリティかつ低コストである. しかし非構造化ネットワークの問題点はルーティングを行わずメッセージ配送はフラッディングなどを用いるため, ネットワークトラフィックの増加, ルーティングを行わないため到達性の問題, さらに本システムは P2P のネットワーク構造を採用するため, P2P の場合サーバではなく各ノードへ一時的にデータを保存するが, このような処理やノードの故障, churn によるデータ消失などが問題点として挙げられる. 本研究では各ノードの振る舞いに基づいた信頼性による出版データの配置について議論を行う.

2. 関連研究

山本ら [1] は非構造化 P2P システム上でのノードの有用性に基づいた問い合わせ処理を提案しており, この手法ではノードに関する情報を格納するための Direct Index(DI)を導入し, この DI を用いてノードの有用性(有用なデータを保持している)に基づいたルーティングを行っている. さらにノードの churn や故障対策を考慮し, データの複製を

¹ 京都産業大学 コンピュータ理工学部
603-8555 京都市北区上賀茂本山

a) g1145442@cc.kyoto-su.ac.jp

b) naohaya@cse.kyoto-su.ac.jp

行う事により問い合わせ処理の向上を実現している。

Vinay ら [2] は非構造化 P2P オーバーレイにおける Pub/Sub システムである PolderCast を提案している。このシステムではトピック毎にリング型のオーバーレイネットワークを構築する事でネットワークのノードへ保存されている必要なメッセージに対する 100%の発見率の保証、さらにリング型ネットワーク内のノード間でランダムリンクの作成、類似したデータを持つノードをリング型ネットワークへ属する隣接したノードへ配置する事により churn や故障対策を考慮したシステムを提案し、Twitter や Facebook の情報をトレースし実験を行う事で上記の特性を満たしていることを確認している。

近澤ら [3] は構造化オーバーレイネットワークにおいて、各ノードにおける検索成功率と検索失敗履歴を用いる事により、故障ノード、悪意のあるノードの評価値を求め検出し、ルーティングに利用する方法を提案し、最終的に DHT のアルゴリズムである Chord へ適応し実験を行った結果必要なデータの検索成功率の向上を確認した。

3. 提案システム概要

本研究では「出版情報の管理」に重点を置き、信頼度を用いたコンテンツデータの配置により、高い対故障性を備えた非構造化 P2P オーバーレイの Pub/Sub システムを実現する。

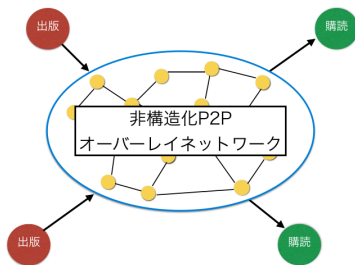


図 1 提案する Pub/Sub システム概要

3.1 出版情報の配送

出版情報を分散して保持させるためには、出版者からのメッセージの配送が必要となる。本研究ではこの配送機構をメッセージをランダムに転送する事によって伝搬する Gossip アルゴリズムを用いて行う。

3.2 データの耐故障性

Vinay ら [2] はノードの類似性を利用する事により耐故障性を実現していたが、参加ノードが少ないトピックデータを保持したノードなどが複数台同時に脱退や故障すると、データが完全に失われてしまう恐れがある。本研究では各ノードの参加/脱退や故障などの振る舞いからノードの信頼度を計算する。近澤ら [3] の信頼度を基に、信頼度を注目

する隣接ノード j に対し、隣接している全てのノードの集合を i とした時の注目しているノードの脱退、故障登録回数を $Nr(j)$ 、隣接したノードが持つ脱退、故障登録回数を $Nh(i)$ とする。この時のローカル信頼度 $Lt_{ij} = Nr(j)/Nh(i)$ 、グローバル信頼度 $Gt_{ij} = \sum_{i=0}^{n-1} Lt_{ij}$ と定義する。つまりローカル信頼度は自身が収集した情報のみで信頼度を計算、グローバル信頼度では自身の隣接するノードのローカル信頼度を考慮した信頼度である。信頼度はノードが故障、離脱を繰り返す度下がるものとする。これらの信頼度を使う利点として、ローカル信頼度のみを用いた場合、各ノードが持つ情報は各ノードが通信を行った情報のみを参照しており、これでは同じノードの信頼度に注目を置いた時、通信を行ったタイミングなどによって信頼度が異なってしまう。逆にグローバル信頼度のみを用いると新規参加ノードなどはすぐにはグローバル信頼度が計算する事が出来ない。そのため一時的にローカル信頼度を用いる必要がある。グローバル信頼度の更新時に頻繁に故障や脱退するノード(グローバル信頼度の低いノード)に保存されたデータなどは、グローバル信頼度の高いノードへ複製を行う。グローバル信頼度の情報が無いノードに関してはローカル信頼度を用いる。これにより購読者が必要とするデータの生存率を上げ、耐故障性の向上を図る。

4. まとめ

本研究ではノードの信頼度に基づくデータの耐故障性を備えた Pub/Sub システムを提案した。これにより、ノードの脱退や故障によるデータの損失を低減する事が出来る。今後は、提案手法によってどの程度出版したデータの生存率が向上するかを、シミュレーションによって定量的に評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 山田 太造, 相原 健郎, 高須 淳宏, 安達 淳 “非構造化 Peer-to-Peer システム上でのピアの有用性に基づいた問い合わせ処理,” 情報処理学会研究報告. データベース・システム研究会報告, 一般社団法人情報処理学会, 2004(72), 691-698, 2004-07-14 大学院研究年報 理工学研究科篇, 第 42 号/2012, 1345-2428,2012/07/01
- [2] Vinay Setty, Maarten van Steen, Roman Vitenberg, Spyros Voulgaris, “PolderCast: Fast, Robust, and Scalable Architecture for P2P Topic-Based Pub/Sub,” Lecture Notes in Computer Science Volume 7662, 2012, pp 271-291 269 - 272,12-14 July 2007.
- [3] 近澤文晃, “構造化オーバーレイネットワークにおける信頼度を用いた耐故障性の解析,” 中央大学大学院研究年報編集委員会, 中央大学理工学部事務室, 大学院研究年報 理工学研究科篇, 第 42 号/2012, 1345-2428,2012/07/01