

適応型コンテンツ配信ネットワークにおける OpenFlow を用いたリクエスト誘導

松下和機[†] 松本倫子[†] 吉田紀彦[†]

[†] 埼玉大学大学院理工学研究科

1 はじめに

サーバを地理的に分散配置させることで負荷分散を行うネットワーク形態であるコンテンツ配信ネットワーク (Content Delivery Network: CDN) では、オリジンサーバへのリクエストをミラーサーバに振り向けるリクエスト誘導が重要な要素技術になる。サーバの負荷などの条件によってネットワーク構成を変化させる適応型 CDN [1] のリクエスト誘導は、従来、Domain Name System (DNS) やメディアータ、ブラウザのクッキーを用いて実現されてきているが、DNS レコードの伝播時間やクライアントへの透過性、ブラウザ依存などそれぞれ問題点が挙げられる。

そこで、本研究では柔軟なネットワーク制御を可能とする Software Defined Network (SDN) に着目し、その主要技術である OpenFlow を用いた適応型 CDN のリクエスト誘導の手法を提案する。

2 適応型コンテンツ配信ネットワーク

適応型 CDN ではサーバの負荷などの条件によってネットワーク構成を動的に変化させる。従来の固定的な CDN ではサーバの処理能力を超えるアクセスがあった場合に対処することが難しいが、適応型 CDN では負荷に追従してサーバ数を変化させることでこれに対応することができる。また、アクセスが減少した際にはサーバ数を減少させるため、効率的に計算機資源を活用することができる。

中でも、Flash Crowds に着目した適応型 CDN として、FCAN (Flash Crowds Alleviation Network) [2] がある。Flash Crowds とは「特定のコンテンツを求めて大量のアクセスが集中することにより、短時間のうちにサーバの負荷が急上昇する現象」を指す。図 1 に示すように FCAN はクライアントからのアクセス量に応じて自律的にネットワーク形態を変化させ、Flash Crowds に効率的に対処できる。

3 OpenFlow

SDN の代表的実装である OpenFlow は、制御層と転送層間の標準通信インターフェースであり、OpenFlow コントローラ (制御装置) が OpenFlow スイッチ (転送装置) の振舞いを一括して管理する。条件を記述するマッチングルール、処理を記述するアクション、カウンタである統計情報の 3 つの構成要素からなる「フロー」と呼ばれる単位で制御を行い、OpenFlow スイッチ上のフローテーブルに従い、フローごとにデータの転送・破棄・書き換えなどの処理を実行する。

Request redirection using OpenFlow in Adaptive Content Delivery Network

Kazuki MATSUSHITA[†], Noriko MATSUMOTO[†] and Norihiko YOSHIDA[†]

[†] Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

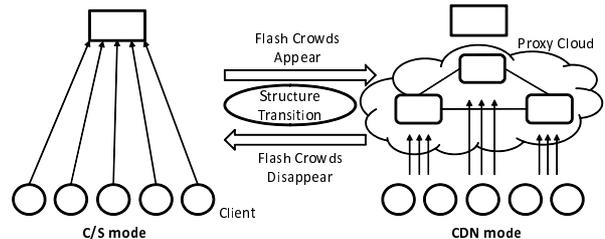


図 1: FCAN の概要図

4 OpenFlow を用いたリクエスト誘導

OpenFlow を用いて適応型 CDN のリクエスト誘導を実現する上で必要な要素は次の二点であると考えられる。一つは、リクエストの誘導先を選定するための評価値の導入、もう一つはネットワーク構成の変化に対応するための誘導先の動的な切替えである。

評価値の導入

リクエストの誘導先を決定する基準となるため、負荷分散の観点からサーバの負荷やレスポンス時間短縮の観点から経路情報などが挙げられる。本研究の実験ではサーバ負荷を評価値としている。

動的な誘導先の切替え

誘導先の切替えはフローテーブルを更新することで実現する。図 2 に示すようにマッチングルールに宛先 IP アドレス、アクションに宛先 IP アドレスの書き換えを指定することで、特定のサーバに向けられたリクエストの宛先を書き換えることが可能になる。OpenFlow コントローラが定期的に評価値を計算し、条件を満たす場合に OpenFlow スイッチ上のフローテーブルを書き換えることでリクエストを適切なサーバに振り向ける。

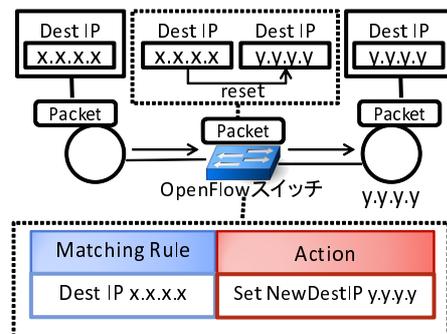


図 2: OpenFlow によるパケット書き換え例

5 実験

本研究での提案手法の有効性を確認するために実験を行った。OpenFlow コントローラの開発には OpenFlow フレームワークである trema [3] を用いる。実験は図 3 に示すように 5 台のサーバと 1 台のクライアント、1 台の OpenFlow スイッチから構成される仮想ネットワークでシミュレーションを行う。なお、仮想ネットワークは trema の機能の一つである。各構成要素の役割を表 1 のように定義する。

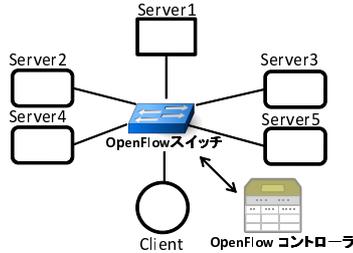


図 3: ネットワーク構成

表 1: 各構成要素の役割

ホスト名	役割
Server1	オリジンサーバ
Server2	ミラーサーバ
Server3	
Server4	
Server5	クライアント
Client	

簡単のためリクエスト数をサーバ負荷とし、適応型 CDN として FCAN を想定した実験を行う。具体的には、サーバ負荷が閾値を超えた場合に、オリジンサーバに向けられたリクエストをミラーサーバに振り向ける。本実験では閾値を T_1 と T_2 に設定し、 T_1 を超えた場合には Server1 から 2 台のミラーサーバにリクエストを振り向け、 T_2 を超えた場合にはミラーサーバを 4 台に増やしリクエストをそれぞれに振り向けていく。なお、サーバ負荷の十分な減少が認められた場合にはサーバ増加時とは逆の手順にてリクエストの誘導先を変更する。ミラーサーバ間のリクエストの切り替えはラウンドロビンを用いる。

図 4 は実験で用いたリクエストパターン及び閾値、また提案手法を適用した際の Server1 の負荷を表している。次に、図 5 は各ミラーサーバの負荷、図 6 は提案手法適用時の各サーバの負荷の平均の推移を示したものである。これらの図より、オリジンサーバに向けられたリクエストは Server1 の負荷の上昇に伴い、ミラーサーバに振り向けられ、平均負荷が抑制されていることが確認できる。

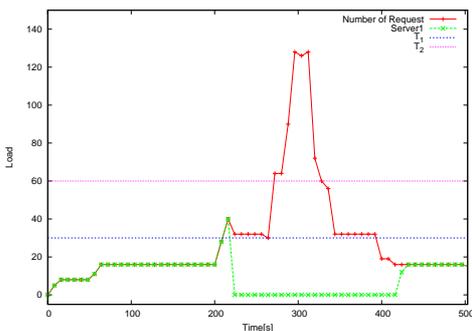


図 4: 提案手法適用時・非適用時の Server1 の負荷推移

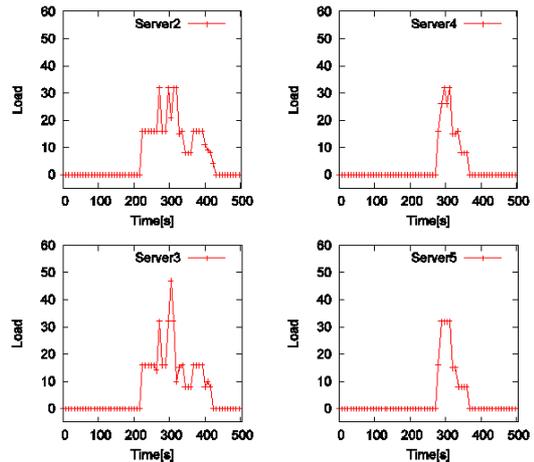


図 5: 各ミラーサーバの負荷

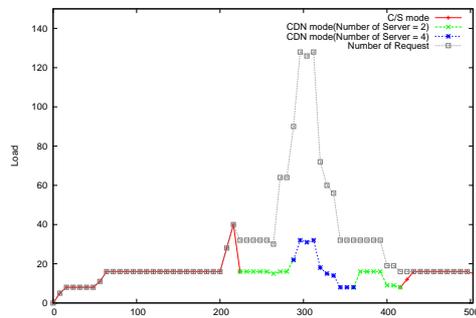


図 6: サーバ 1 台あたりの平均負荷

以上の結果から、複数のミラーサーバへのリクエストの分散、評価値としてサーバ負荷を採用した動的なリクエスト誘導先の切替えが実現できたため、OpenFlow を用いたリクエスト誘導が適応型 CDN の動的なネットワーク構成変化に対応できることが確認された。

6 まとめ

本研究では、適応型 CDN のリクエスト誘導として OpenFlow を用いた手法を提案した。現状としては、OpenFlow フレームワーク trema の仮想ネットワーク機能を用いた実験により、提案手法の有効性が確認された。

今後の課題として、ネットワーク構成の変化を検知しフローエントリを更新する仕組みや、評価値としてサーバの負荷状態や経路情報などを用いることが挙げられる。また、関連研究 [4] にて提案されている「Content ID」を実装することにより、より実用的なシステムになると考えられる。

参考文献

- [1] N. Yoshida, "Dynamic CDN against Flash Crowds", in Content Delivery Networks (R. Buyya, et al. eds.), Springer, 2008
- [2] C. Pan, et al., "FCAN: Flash Crowds Alleviation Network Using Adaptive P2P Overlay of Cache Proxies", IEICE Trans. Comm., E89-B:4, 2006
- [3] trema (<http://trema.github.io/trema/>)
- [4] O. M. M. Othman, et al., "On Demand Content Anycasting to Enhance Content Server Using P2P Network", IEICE Trans. Inf. & Syst., E95-D:2, 2012