

少数キャッシュ構成による Anycast CDN の遅延低減効果の評価

Evaluation of Effect of Latency Reduction of Limiting Cache Server Configuration in Anycast CDN

正井 楓人

上山 憲昭

Futo Masai

Noriaki Kamiyama

立命館大学情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

既存の Anycast CDN では、すべてのコンテンツ要求に対して構成 CS 数が最大の CS セットを回答する。しかし、このアプローチは地域ごとのコンテンツ人気の違いを考慮していないという課題を抱えている。また、Anycast 配信では同一 IP アドレスに割り当てられるサーバ数の増加に伴い、配信サーバの選択の適正度が低下することが報告されている。これらの問題を解決するため [2] で筆者らは、遺伝的アルゴリズムを用いることで、コンテンツの人気の空間的局所性を考慮して少数の CS から構成される複数の CS セットを作成する方法を提案した。本稿では、本方式の遅延低減効果を実測 RTT を用いて評価する。

2. 遺伝的アルゴリズムによるリング構築

本稿で扱うリングの構成方法及び、配信サーバ選択方法は [2] で筆者らが述べた遺伝的アルゴリズムを用いたリング構成方法及び各コンテンツに適切なリングを割り当てるアルゴリズムを使用している。遺伝的アルゴリズムでは、地理的に分散した多様な AS を包括したリングを構成する。コンテンツとして、本サイト [3] で得られる、2024 年の 6 月から 8 月における全世界の人気 Web サイトランキングにて、需要上位 5 カ国で需要比率が 9 割以上を占める 261 個の Web ページの国ごとの需要比率のデータを取得した。AS は CAIDA の公開データセット [4] から、AS ランキングに基づき上位 300 個の AS トポロジと、コンテンツ需要上位国に属する AS が最低一つは含まれるように、追加で 50 個の AS 情報を収集した。本稿では、リング数が 20、リングを構成する AS 数は 10 となるように遺伝的アルゴリズムを用いてリングを構成した。

3. 平均遅延の評価方法

本稿では、遺伝的アルゴリズムで構成したリング集合に含まれる全ての AS が一つのリングにあることを既存手法として、遺伝的アルゴリズムでリング構成した方法と比較する。RTT は、RIPE Atlas で測定を行い、需要上位国からリング内の最適な AS に向けて ping を実行する。面積上位 6 カ国は最大 50 の測定地点から、それ以外の国は最大 20 の測定地点から 3 回 ping を送信するように設定し、計測結果を平均することで需要上位国における平均 RTT を算出する。需要上位国ごとの RTT に、需要上位 5 カ国の要求比率が 1 となるように正規化した需要比率をかけて合計することでコンテンツごとの RTT を求める。すなわち、コンテンツ m の国 i における需要割合を $T_{m,i}$ 、コンテンツ m の需要が i 番目の国を $r_{m,i}$ 、コンテンツ m の国 i における平均 RTT を $A_{m,i}$ とするとき、コンテンツ m の $RTTO_m$ を次式で定義する。

$$O_m = \frac{\sum_{i=1}^5 (A_{m,r_{m,i}} \times T_{m,r_{m,i}})}{\sum_{j=1}^5 T_{m,r_{m,j}}} \quad (1)$$

O_m は、最適な AS が選択されたときの値であり、最適でない AS が選択されることを考慮する必要がある。[1] で筆者らは、ユーザが最も近い CS に誘導されなかったとき、多くの場合で近くの CS に誘導されるとしている。そのため、最適でない AS への誘導はリング内に需要国と同じ国の AS が複数存在するときのみに発生するとし、複数存在する AS の選択肢の中から遅延時間が最大の AS を選択する。

4. 評価結果

リング内で最適な AS を選択したときの Web サイトの平均遅延時間は、既存手法で 28.47ms、遺伝的アルゴリズムで 45.67ms となった。また、Web サイトの遅延時間の累積分布を図 1 に示す。既存手法では、ほとんどの Web サイトで 50ms を下回るが、遺伝的アルゴリズムで構築したリングでは 50ms を超える Web サイトが 80 個ある。これらから、最適な AS が選択される状況下では、既存手法が優れているといえる。

次に、最適な AS が選択されないことを考慮する。最適な AS が選択されないことを考慮したコンテンツ m の RTT は、最適

な AS が選択されない確率を p 、最適な AS が選択されたときの RTT を O_m 、最適な AS が選択されないときの RTT を S_m としたとき、 $O_m \times (1 - p) + S_m \times p$ で計算する。図 2 は、最適な AS が選択されない確率 p を変化させたときの、Web サイトの平均遅延時間の変化を示している。遺伝的アルゴリズムで構築したリングは、 p を変化させたときも RTT がほぼ一定となるが、既存手法では p の上昇と共に RTT も増加する。最適ではない AS が選択される確率が低い状態では既存手法が優位となり、28%付近からは遺伝的アルゴリズムを用いた手法が優位となる。

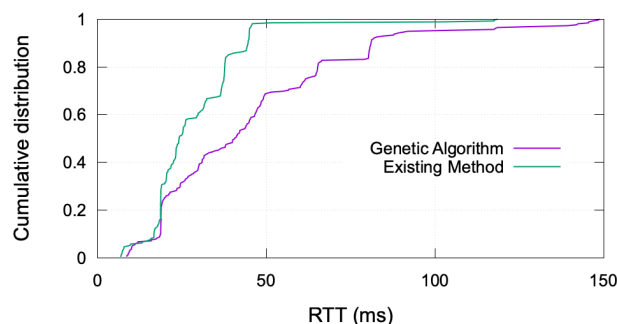


図 1: Cumulative Distribution of Website Latency

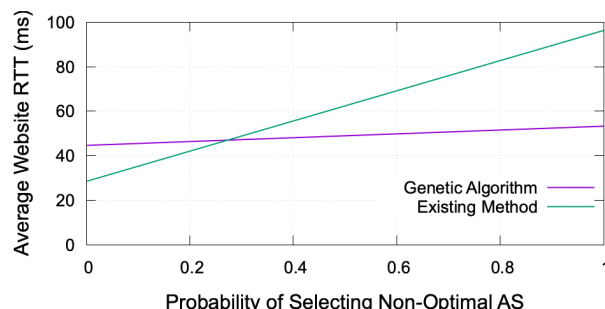


図 2: Average access latency of webpages against p , ratio of non-optimally selecting AS

5. まとめ

遺伝的アルゴリズムを用いて少数 CS で構成したリングと最大の CS で構成されたリングを使う既存手法について、Webpage 閲覧時の RTT を評価した。最適な AS が選択されるとき、既存手法の方が優れた遅延時間を示した。しかし不適切な AS が選択される確率が 28%を超えると、遺伝的アルゴリズムを用いた方式の方が優れた遅延時間を示した。

謝辞 本研究成果は JSPS 科研費 23K11086, 23K21664, 23K28078 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Matt Calder, et al., Analyzing the Performance of an Anycast CDN, ACM IMC 2015
- [2] Chihiro Kato and Noriaki Kamiyama, Designing Server Sets for Anycast CDN Using Genetic Algorithm, IEEE ICC 2024
- [3] Similar web web page, <https://www.similarweb.com>
- [4] CAIDA web page, <http://www.caida.org/data>