

Webトラフィックの地域的な傾向分析

Analysis of Locality Tendency of Web Traffic

上山憲昭⁽¹⁾⁽²⁾, 中野雄介⁽¹⁾⁽²⁾, 塩本公平⁽¹⁾
 長谷川剛⁽³⁾, 村田正幸⁽²⁾, 宮原秀夫⁽²⁾

(1)NTTネットワーク基盤技術研究所
 (2)大阪大学大学院情報科学研究科
 (3)大阪大学サイバーメディアセンター

2014.4.18

Webレスポンス時間の増大

- ◆ Webがインターネットの主要なサービス(全トラフィックの約60%を占有)
- ◆ 各オブジェクトの配信元の多様性が増し、Webトラフィックの通信パターンが複雑化
- ◆ ユーザの表示待ち時間が増大する傾向

一つのWebサイトは、様々な拠点から配信された多数のオブジェクトから構成

動的コンテンツ配信 画像配信サーバ (ニューヨーク) Webサービス
 広告サーバ (ロンドン) サーバ(日本)

ユーザ端末(ブラジル)

ユーザは1秒で遅延を意識し、8秒で他の活動を開始⇒
レスポンス時間の改善が重要

約1,000のサイトを閲覧したときのレスポンス時間の累積分布:
 50%のサイトは4秒以上、
 10%は9秒以上の待ち

Web通信構造分析

- ◆ Webサイトのジャンルによってコンテンツの配置傾向が異なるのでは?
- ◆ ジャンルに応じたキャッシュ制御によりレスポンス時間とNWコストを効果的に低減

アジアは遅延大 北米は遅延小 アジアも遅延小

あるジャンル(Scienceなどの)コンテンツは北米に集中
 そのようなジャンルのコンテンツを優先的にキャッシュ

Webのジャンルに応じたキャッシュ制御の可能性を考察するため、様々なWebサイトにアクセスした際の通信構造を測定分析

2013/9 NS研究会:
 ・単一の測定地点からWebページの通信構造を測定

本発表の目的:
 ・世界の様々な地点からWebサイトにアクセスした際の各種通信特性を測定
 ・Webサイトのクラスタ分析によりジャンルに応じたキャッシュ制御の可能性を考察

広域測定実験の手順

- (1)12のPlanetLabホストを測定ホストとして選択
- (2)測定プログラムを各測定ホストで指定時刻に実行して多数のWebサイトにバッチ処理でアクセスし、各種通信特性値を測定
- (3)収集測定データを分析用端末に集積し、Webサイトをクラスタ分析

測定対象 Webサーバ

測定地点: 北米 (Massachusetts, Wisconsin, California), 欧州 (Ireland, Germany, Russia), ロシア, オセアニア (Australia, New Zealand), アジア (Japan), 南米 (Ecuador, Argentina, Reunion), アフリカ

(1)測定設定 (2)HTTP送信・測定 (3)測定データ分析

PlanetLab: インターネット上に構築された実験用オーバーレイNWで、世界中に存在する約500のホスト上で様々なプログラムを実行可能

測定プログラムの動作概要

1. アクセスURLリストを作成
2. 指定時刻(12:00)に各PlanetLabホストはURLリストに従いWebページにアクセスし、発生した通信の各種情報を含むHAR(HTTP Archive)ファイルを取得
3. HARファイル中の各オブジェクトのURL情報から、MaxMindのGeoIP-DBを参照し、各配信サーバの位置座標や都市名を取得
4. 取得HARファイルから各種特性値データを抽出
5. Pingを用いて各配信サーバまでのRTTを測定

Web servers and caches, Geo-IP DB, Access URL list, PlanetLab host, Statistical data

(1)Reference (2)HTTP (3)Query & response (4)Extraction (5)Ping

アクセスURLリストの生成

- Alexaのサイトで公開されているランキング情報をもとに、16の各サイトジャンルから閲覧数上位300のサイトを選択
- 12の全ての測定地点でHARファイルが正しく取得できた927サイトを分析対象に選定

ジャンル	#sites	ジャンル	#sites
Business	40	Home	47
Computer	91	Shopping	68
News	27	Adult	102
Reference	109	Arts	60
Regional	73	Games	58
Science	86	Kids & teens	64
Society	83	Recreation	52
Health	52	Sports	53

*http://www.alexa.com/topsites

HARファイルの取得(1)

JSON(JavaScript Object Notation)

- 最初にHTMLが取得され、その中に埋込されているオブジェクト(Obj)を個別に取得
- HAR(HTTP Archive)ファイル: HTTPデータのヘッダ情報から各Objの各種通信特性値(サーバ距離, サイズ, 遅延時間, 等々)を算出し JSON形式で出力したもの

オブジェクト1:
サイズ: 100
遅延: 50
MIME type: jpeg
ホストの存在都市: osaka

オブジェクト2:
サイズ: 500
遅延: 200
MIME type: javascript
ホストの存在都市: NY

Objごとに、各種特性値がまとめられている。

Webサイト閲覧時の通信構造を HARファイルで取得

HTML: Obj 1, Obj 2
HTML解析

AJAX等により動的に生成される場合あり

HARファイルの取得(2)

- phantomJS(ブラウザの機能を提供)+netsniff(HARファイルを抽出)を用いることで、バッチ処理で多数のサイトのHARファイルを取得

```

{
  "pages": [
    {
      "started": "2013-01-30T15:04:34.000Z",
      "navigation": "GET",
      "url": "http://www.google.com/",
      "mimeType": "text/html",
      "status": 200,
      "headers": [
        {
          "name": "Server",
          "value": "GSE/3.0"
        },
        {
          "name": "Date",
          "value": "Tue, 30 Jan 2013 05:44:12 GMT"
        },
        {
          "name": "Expires",
          "value": "no-cache"
        },
        {
          "name": "Cache-Control",
          "value": "no-cache"
        },
        {
          "name": "Content-Type",
          "value": "text/html"
        },
        {
          "name": "Content-Length",
          "value": "101"
        },
        {
          "name": "Connection",
          "value": "close"
        }
      ],
      "content": "HTML content"
    }
  ],
  "request": {
    "method": "GET",
    "url": "http://www.google.com/",
    "headers": [
      {
        "name": "Host",
        "value": "www.google.com"
      }
    ]
  },
  "response": {
    "status": 200,
    "headers": [
      {
        "name": "Server",
        "value": "GSE/3.0"
      },
      {
        "name": "Date",
        "value": "Tue, 30 Jan 2013 05:44:12 GMT"
      },
      {
        "name": "Expires",
        "value": "no-cache"
      },
      {
        "name": "Cache-Control",
        "value": "no-cache"
      },
      {
        "name": "Content-Type",
        "value": "text/html"
      },
      {
        "name": "Content-Length",
        "value": "101"
      },
      {
        "name": "Connection",
        "value": "close"
      }
    ],
    "content": "HTML content"
  }
}
    
```

HARファイルの例(www.google.com)

取得データ

- 各受信オブジェクトに対して、HARファイルから以下の情報を抽出(GeolPのAPIを用いてホスト名から都市名と座標を取得)

データ項目名	Key
HTTP 送信先ホスト名	"request"-"url"
ホストの存在する国名	GeoIP: "country_name"
ホストの存在する都市名	GeoIP: "city"
ホストの経度	GeoIP: "latitude"
ホストの経度	GeoIP: "longitude"
サイズ (byte)	"response"-"content"-"size"
総遅延時間 (ms)	"time"
コネクション接続時間 (ms)	"timings"-"blocked"
DNS 名前解決時間 (ms)	"timings"-"dns"
TCP コネクション確立時間 (ms)	"timings"-"connect"
HTTP リクエスト転送時間 (ms)	"timings"-"send"
サーバ応答待ち時間 (ms)	"timings"-"wait"
レスポンス転送時間 (ms)	"timings"-"receive"
SSL/TLS 時間 (ms)	"timings"-"ssl"
MIME Type	"response"-"content"-"mimeType"

- さらにアクセスした各オブジェクト配信サーバにpingを送付してRTTを計測

各特性値の地理的傾向に基づくサイトクラスタ分析

- 同一のWebサイトでも、発生通信パターンはアクセス地点に依存
- 12の各測定地点の12の各通信特性値(左下表)に基づきWebサイトをクラスタ分析し、サイトジャンルによる傾向の差異を分析
- 測定地点XからWebサイトYにアクセスしたときの特性値 v_x を要素とするベクトル $v(y)$ を元にk-means法で各サイトをクラスタ化

平均サーバ距離
サーバ距離の分散
平均サーバRTT
サーバRTTの分散
平均オブジェクトサイズ
オブジェクトサイズの分散
平均オブジェクト取得遅延時間
オブジェクト取得遅延時間の分散
オブジェクト数
アクセスホスト数
アクセス都市数
レスポンス時間

$v(1) = (V_{1,1}, V_{2,1}, V_{3,1})$ Webサイト y_1

$v(2) = (V_{1,2}, V_{2,2}, V_{3,2})$ Webサイト y_2

測定地点 x_1 , 測定地点 x_2 , 測定地点 x_3

クラスタリング手法

- k-means法: 非階層型クラスタリング手法の一つで、クラスタの重心を用いて、各要素を k 個のクラスタに分類
 - 各要素を重心の距離が最も近いクラスタに分類する処理をクラスタが収束するまで反復

- k-means++法: 距離の離れた要素を初期クラスタの重心に設定することで、分類精度を向上
 - ランダムに一つの要素を選び、クラスタ重心に設定
 - 各要素 x に関して、その最近傍重心との距離 $D(x)$ を計算
 - $D(x)^2$ に比例する確率に従い、新しいクラスタ重心としてランダムに一つ要素を選択
 - k 個のクラスタ重心が選択されるまで上記処理を反復
 - 以後はk-means法を用いてクラスタを生成

クラスタ数 k の最適選定

- Jain-Dubes法*を用いて最適なクラスタ数 k を設定
 - 要素数が n のときに、 $2 \leq k \leq 1 + \log_2 n$ の範囲で各クラスタ数 k のクラスタリングを実施
 - 次式で定義されるコスト $p(m)$ が最小となる k を選択

$$p(k) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{1 \leq j \leq k} \left\{ \frac{n_i + n_j}{\xi_{ij}} \right\}$$

$$n_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} D(x_i^{(j)}, m_j) \quad \xi_{ij} = D(m_i, m_j)$$

$x_i^{(j)}$: クラスタ j 内の i 番目の要素, n_j : クラスタ j の要素数

m_j : クラスタ j の重心, $D(a,b)$: ベクトルaとb間の距離

- 各クラスタに属する要素のクラスタ重心に対する距離Aの平均値の、二つのクラスタの重心間の距離Bに対する比率を、最小化することに相当

*A. K. Jain and R. C. Dubes, Algorithms for clustering data, Prentice-Hall, 1988

