# 分散システム特論レポート

RFC2186, RFC2187 Internet Cache Protocol(ICP), Version2

情報工学専攻 修士 1 年 廣川研究室所属
田口 剛史

平成 12 年 10 月 13 日

## 1 ICP の概要

ICP ( Internet Cache Protocol) は、1994 年に Harvest プロジェクトで開発された Web キャッシュ間の対話を行うメッセージフォーマットである。ICP を用いて、neighbor キャッシュに存在する URL に関するヒントを交換し、近くのキャッシュにオブジェクトを見つけることができればより高速にデータを伝達することができる。また、neighbor キャッシュからの応答が到着しない時には、その neighbor キャッシュへのネットワークの経路が混雑、あるいは切断しているか、アプリケーションが実行されていないことが考えられる。それ以外の素早く応答してきたキャッシュを用いることにより、ネットワークの負荷のバランスを一定に保つことができる。

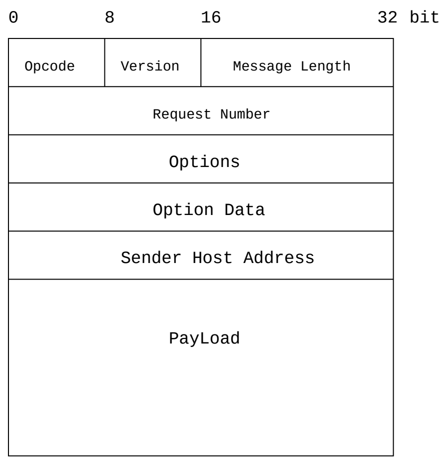


図 1: ICP メッセージフォーマット

## 2 ICP のメッセージ

### 2.1 メッセージのプロトコル実装

現時点の実装では、ICP はメッセージの伝送に UDP を用いているが、UDP に限られるという制限はない。ただし、ICP の問い合わせ / 応答の交換は高速に行われる必要があるため、TCP のようにオーバーヘッドがあるものよりは、UDP のような軽量なプロトコル上で実現されたほうがよい。

### 2.2 ICP のメッセージフォーマット

ICP のメッセージは 20 オクテットの固定長ヘッダーと自由長の payload からなると規定されている。

opcode: メッセージの種別
version： ICP のバージョン
message length: ICP メッセージのサイズ
request number： 照会・応答の対応を取る番号
options： オプション機能を示す bit フィールド
option data: オプションの仕組みをサポートするためのフィールド
sender host address： 送信者の IP アドレス。未使用
payload: オブジェクトの有無の問い合わせの要求 URL を格納

### 2.3 Opcode

Opcode は次の値からなるテーブルを持つ

| Value | Name |
|---|---|
| 0 | ICP_OP_INVALID |
| 1 | ICP_OP_QUERY |
| 2 | ICP_OP_HIT |
| 3 | ICP_OP_MISS |
| 4 | ICP_OP_ERR |
| 5-9 | UNUSED |
| 10 | ICP_OP_SECHO |
| 11 | ICP_OP_DECHO |
| 12-20 | UNUSED |
| 21 | ICP_OP_MISS_NOFETCH |
| 22 | ICP_OP_DENIED |
| 23 | ICP_OP_HIT_OBJ |

ICP_OP_QUERY： 指定 URL のキャッシュの問合せ
ICP_OP_QUERY メッセージを受け取ると、キャッシュはオブジェクトの有無を調べ、どのような応答メッセージを送るべきか決定する。以下の応答 opcode の中の一つが送られる。

ICP_ OP_ HIT： キャッシュオブジェクトの存在の応答
ICP_ OP_ MISS： キャッシュオブジェクトの不在の応答
ICP_ OP_ DENIED：アクセス拒否の応答
ICP_ OP_ HIT_OBJ：ICP メッセージの payload にキャッシュオブジェクトを格納した応答
ICP_OP_MISS_NOFETCH: キャッシュは存在せず、キャッシュがそれからのオブジェクト要求に答えたくないという応答
ICP_OP_ERR: 要求された URL の解釈に失敗した時の応答

# 3 キャッシュ階層

ICP を開発した Harvest プロジェクトの開発者は、Web キャッシュ階層の接続が大切だと考えた。キャッシュ階層とは、概念的な親子関係や、同僚の関係を持つ proxy サーバの集まりである。バックボーンに近いキャッシュが、バックボーンから遠いキャッシュの親キャッシュとなり、子から要求されたオブジェクトを持っていない場合、親キャッシュがオブジェクトを取って来て子キャッシュに送る。このように階層的にオブジェクトを格納することで、バックボーンの帯域幅の有効利用ができ、組織外への情報提供サーバの負荷を減らすことができる。
neighbor キャッシュとは、cache-hop が一つだけ離れた parent か sibling を指す。
parent キャッシュ … あるキャッシュからの要求に対して、オブジェクトを有無にかかわらず、オブジェクトを送信する
sibling キャッシュ … あるキャッシュからの要求からに対して、オブジェクトを持つときのみ、オブジェクトを送信する

### 3.1 ICP 処理のイベントの流れ

1. ローカルのキャッシュが、クライアントから HTTP の要求を受け取る
2. そのローカルのキャッシュが ICP 問い合わせを送る
3. neighbor キャッシュがその問い合わせを受け取り、ICP 応答を返す
4. ローカルのキャッシュがその応答を受け取り、どこに元の要求を送るかを決定する

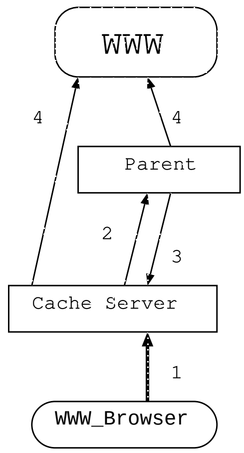


図 2: ICP の通信手順

### 3.2 FireWall

Firewall の内側では、Firewall がただ 1 つの parent となるか ( この場合 ICP を用いる必要はない )、内部の sibling キャッシュに ICP 問い合わせを行い、応答がなければ parent ( Firewall ) に要求を出す。

### 3.3 マルチキャスト

マルチキャストアドレスに ICP 要求を出すことは可能であるが、ICP 応答は慣習としてユニキャストアドレスのみに送られる。
理由としては次のことがあげられる。
・他のグループのメンバーが予期しない応答を受け取ってしまう
・後に続く HTTP 要求がユニキャストルートとなるので、受け手の送り手の間の接続を指し示すべきである。

## 4 ICP のセキュリティ

コネクションレス方式を取る UDP 上の ICP にはセキュリティの問題がある。

- ICP_OP_HIT_OBJ はオブジェクトデータを含むため、特に攻撃に弱い。そのため使用すべきではない。

- ICP メッセージを偽造したり、書き換えたり、割り込ませたり、ブロックしたりすることで HTTP 要求をだめにするのは以下の 2 つの場合である。
  - キャッシュが Firewall の内側にあり、オリジナルサーバに直接接続できない場合
  - 要求がキャッシュにないとき、偽の ICP_OP_HIT 応答によって、HTTP 要求が sibling に転送され、その sibling キャッシュが元のキャッシュの代わりに要求を送るのを拒否する場合

- ICP メッセージを偽造したり、書き換えたり、割り込ませたり、ブロックしたりすることで簡単に HTTP 要求をある neighbor キャッシュに送らせる ( 送らせない ) ことができる。neighbor キャッシュも疑わしいものだったら、偽のコンテンツを提供したり、キャッシュ階層を汚染することができる。

- ICP メッセージをブロックしたり、遅らせたりすることで既に満たされている HTTP 要求をより遅らせる場合

## 5 ICP の実装例 — Squid

squid は FTP や gopher、HTTP データオブジェクトに対応した、web クライアントのための、高性能な代理キャッシュサーバである。全米科学財団( NSF )によって支援されている、National Laboratory for Applied Network Research の Duane Wessels がコード開発を主導している。
以下の URL にソースコードが置かれている。
ftp://squid.nlanr.net/pub/

## 6 まとめ

本文中に述べたように、ICP を用いることによって階層的なキャッシュ間で、効率的な HTTP オブジェクトの取得と、HTTP トラフィック軽減が期待できる。しかし、RFC ではキャッシュ階層の運用上の話は書いていないので、

- 2 つのキャッシュ間で同じ HTTP オブジェクトを大量に持っている場合は ICP による問い合わせの効果が上がらない。

- ICP のキャッシュ間での通信時間が ICP を使わず直接 HTTP オブジェクトを取得する場合より大きくなることがある。

などの問題がある。
したがって、ICP を実際に利用する際にどのように階層を構成するかが、大きな問題となる。