

ICN を用いた IoT サマリデータのキャッシュ法の提案

Proposal of Caching Method of IoT Summary Data Using ICN

佐々木 鳩
Hayate Sasaki
上山 憲昭
Noriaki Kamiyama
福岡大学 工学部 電子情報工学科
Faculty of Engineering, Fukuoka University

1. はじめに

Internet of Things (IoT) デバイスの普及に伴い, IoT デバイスが収集する位置に紐づいたデータを利用したサービスが期待されている。IoT データは不特定多数の IoT デバイスが生成するため, DNS を用いた名前解決による現在のインターネットプロトコルによるデータ転送は非効率的なことから, 名前解決が不要な ICN (Information-Centric Networking) を用いて IoT データを転送することが注目されている。これまで位置の紐付いたデータに名前を付与する方法や FIB の構成方法などが多く研究されてきた。しかし, どのようにキャッシュデータを活用していくかについては検討されていない。そこで本稿では, 特定の地域に存在するセンサ情報の平均値, 標準偏差, サンプル数を取得するサービスを想定し, 平均値や標準偏差の演算結果をキャッシュして再利用することを検討する。そしてキャッシュデータを活用することにより, どの程度, 1 回の配信における転送データの総経由ホップ数を低減可能かを評価する。

2. 想定条件

対象となる IoT サービスとして, 指定したエリアの指定種類データ (気温, 気圧, 降水量など) の平均値, 標準偏差を取得するものを想定する。配信方式は, サービス利用者がデータを取得したいタイミングでデータを要求する Pull 型配信とする。センシングデータの属性として地域 ID, 取得日時, データ種別 (気温, 気圧, 降水量など) を持たせる。

地域 ID には Z 記法を用いる。Z 記法は対象となる正方形エリアを再帰的に 4 分割し, 各分割したエリアに 0 から 3 の 4 進数を割当てる。この 4 進数は桁数に応じて分割したエリアを表すことができる。Z 記法を用いることで, 指定したいエリアを 4 進数の組み合わせで表現できる。

Z 記法で全桁を指定した各最小エリアに 1 つの常時 ON 状態のゲートウェイ (GW) を設置し, GW は最短距離にあるエッジルータに接続されている。IoT デバイスは自身の存在する最小エリアの GW と間欠的に接続し, センシングデータを送信し, GW は受信したデータを蓄積する。ただし GW のキャッシュ容量は無限とする。GW 間は K 階層のツリー状にネットワークトポジト構成し, 利用者は最下層ルータに接続される。

3. 提案方式

各ルータにおいて, Z 記法の任意の領域に対する受信データのサンプルデバイス数, データの総和, データの二乗和の 3 つをキャッシュする。ただしサマリデータのみを転送するためデータサイズは小さいことから, キャッシュ容量制約は考慮しない。サービス利用者は, 場所 Prefix, 最古取得時刻, データ種別を指定して Interest を転送する。Interest を受信したルータは FIB を参照し, 要求エリアに含まれる全ての GW に Interest が転送されるよう要求 Prefix と合致する全ての隣接ルータに Interest を転送する。ただし各ルータで要求エリアの全部もしくは一部のデータをキャッシュしている場合, その部位のデータについては Interest を転送せずに, そのルータから要求 GW に向かってデータを配信する。

要求エリアに含まれる GW に Interest が到達した際は, GW は時間範囲, データ種別の条件を満たす蓄積済みデータに対し, サンプルデバイス数, データの総和, データの二乗和の 3 つを計算し, その結果 (サマリデータ) を接続エッジルータに転送する。サマリデータを受信したルータは PIT に従い隣接ルータにサマリデータを転送するが, 要求エリアの全データが含まれている場合には, 同時に受信データをキャッシュする。その結果, 任意の Z 記法エリア内の全データがキャッシュされた場合は, それらを集約したサマリデータを新たに計算し, キャッシュする。

図 1 に示すネットワーク構成における Interest の転送例を述べる。ルータ R1 にサマリデータ (1/1/0) が, ルータ R12 にサマリデータ (1/1/2) がキャッシュされている状態で, 地域 Prefix 1/1 の要求が外部ネットワークからあった場合, サマリデータ (1/1/1) とサマリデータ (1/1/3) のみを取得する。また, 全ての

サマリデータが集まるルータ R1 にサマリデータ (1/1) をキャッシュする。

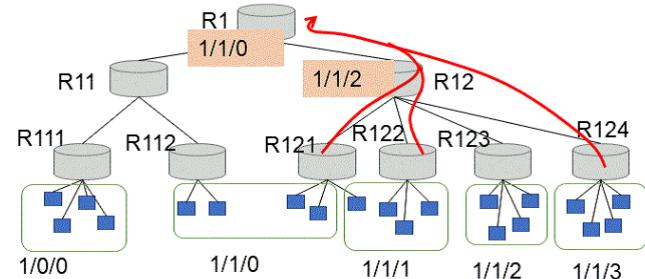


図 1: 地域 prefix が 1/1 の要求に対する配信例

4. 性能評価

東京の千代田区を中心とする 1 辺が 16km の正方エリアを東西・南北方向に 4 分割する処理を 6 回反復する。最小エリアは 1 辺が 250m の正方エリアとなる。最小エリアごとに 1 つ GW を設置し, IoT デバイスを最小エリアの人口比に応じて設置する。ルータは想定エリア内に含まれる 58 個の NTT 局舎の位置に配置する。ルータのトポロジは深さ 3 のツリー型を想定し, 最上位のレイヤ 1 のルータは大手町の NTT 局舎に割り当て, レイヤ 2 のルータはエリアが均等にカバーされる 3 つの駅の近くに存在する 3 個の NTT 局舎, レイヤ 3 のルータはエリアが均等にカバーされる 12 個の NTT 局舎, レイヤ 4 のルータは残りの 42 個の NTT 局舎に各々設置する。また各ルータを 1 つ上のレイヤの最寄りのルータに接続する。そして各 GW を最も近い位置に存在するレイヤ 4 のルータに収容する。FIB とキャッシュのデータ構造にはトライ木を使用する。

最小エリアの人口比に比例した確率でランダムに選択した GW から平均 1 個/秒のレートのポアソン過程で要求を発生させる。各配信要求に対し, 要求エリアの Z 記法の桁数 z を $1 \leq z \leq 6$ の範囲で Zipf 分布 $p(z) = c/(7-z)^\theta$ に従う確率 (c は正規化定数) でランダムに選択し, さらに各桁の値を 0~3 の範囲でランダムに選択する。図 2 に, $\theta = 0.7$ に設定し, キャッシュされたデータの有効期限 (TTL) を変化させたときの平均総ホップ長 η をプロットする。ただし η は各配信要求に対して配信されたデータを構成する各最小エリアのデータの配信ホップ長の総和の平均値である。提案方式 (Partial cache) に加え, キャッシュを用いない場合 (No cache) と, 最小エリアの単位で経由ルータ上でキャッシュする場合 (Simple cache) の結果を示す。TTL の増加に伴い Partial cache と Simple cache はキャッシュデータ量が増加するため, 平均総ホップ長が減少するが, 提案方式は他方式と比較して TTL の全領域で総ホップ長を大きく低減する。

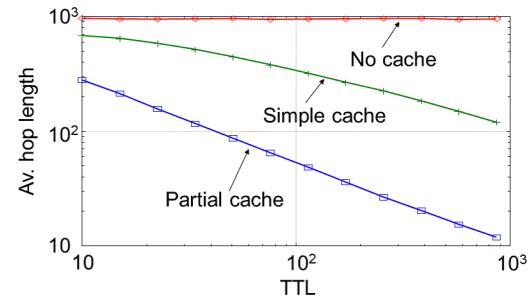


図 2: TTL に対する平均総ホップ長

謝辞: 本研究成果は, JSPS 科研費 18K11283 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。