

サービスの満足度を考慮した IoT データのキャッシュ制御法

Caching Method of IoT Data Considering Service Satisfaction

佐々木 颯

上山 憲昭

Hayate Sasaki

Noriaki Kamiyama

福岡大学大学院 工学研究科 電子情報工学専攻

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。これまでに位置に紐付いたデータに名前を付与する方法や FIB (forwarding information base) の構成方法などが多く研究されてきた。また著者らは、IoT データ集合の平均値と標準偏差を提供する IoT サービスのキャッシュ制御法を提案した [1]。しかし IoT では膨大なデータが収集され、ユーザの満足度は取得するデータ数に対し非線形に変化するが、ユーザの満足度を考慮した IoT データのキャッシュ制御法は未検討である。そこで本稿では、サービスの満足度を考慮したキャッシュ制御法を検討する。そして検討するキャッシュ制御法を活用することによる満足度と 1 回の配信における転送データの総経路ホップ数との関係性を評価する。

2. 提案方式

エリアとデータの種類の、満足度を指定してデータを要求し、途中の経路ルータに要求データを満たすデータがある場合、経路ルータからデータを配信することを想定する。エリアの指定には 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 記法により分割を行った最小エリアを z とする。あるサービスの対象エリアを A とすると、エリア A に存在するセンサーの中の x 個のセンサーからデータ y を取得できたときのサービスの満足度を $U(y, A, x)$ 、データ y の各エリア A に対する需要比を $D(y, A)$ と定義する。また、最小エリア z を含むエリア A の集合を A_z とする。各ルータ n におけるデータ y の各エリア A に対するキャッシュされているデータ数を C_n とすると、 C_n は次式で表せる。

$$C_n(y, A) = \sum_{z \in A} m_{n,y,z} \quad (1)$$

$m_{n,y,z}$ はルータ n でキャッシュしている、最小エリア z から取得されたデータ y の個数。

新たにデータを受信したルータ n は、キャッシュ容量が不足した場合、データをキャッシュに残す効用 $W_n(y, z)$ を求める。 $W_n(y, z)$ は次式より得られる。

$$W_n(y, z) = \sum_{A \in A_z} D(y, A) \left\{ U(y, A, C_n(y, A)) - U(y, A, C_n(y, A) - 1) \right\} \quad (2)$$

W_n がルータ n で最小のデータを削除する。

3. 性能評価

東京の千代田区を中心とする 1 辺が 16km の正方形エリアを東西・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 の正方形エリアとなる。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/秒のレートでのポアソン過程で要求を発生させる。

図 1 に、1 回の要求で取得されるデータ数を変化させたときの満足度をプロットする。エリアの桁数 r の 1 から 6 ごとの結果を示す。取得データ数の増加に伴い満足度は増加する。 r の値が小さいほどエリアが大きい (最小エリアの数が多い) ことを示し、満足度を高めるためには多くのデータが必要であることを示している。

次に各配信要求に対し、要求エリアの Z 記法の桁数 r を $1 < r < 6$ の範囲で Zipf 分布 $p(r) = c/(7-r)^\theta$ 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、要求が求める満足度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。キャッシュサイズが 100, 1,000, 10,000 の場合の結果を示す。3 つのキャッシュサイズのいずれも、図 1 からわかるように満足度が増加することで必要な最小エリアのデータ数が増加するので、満足度の増加に伴い平均ホップ長は増加する。キャッシュサイズが 1,000 の場合、要求満足度の増加に伴いキャッシュからデータを取得できる可能性が低下し、平均ホップ長が大きく増加する。一方、キャッシュサイズが 100 の場合、キャッシュにデータが少なくオリジナルまで要求が到達することが多いため、全体的に平均ホップ長が高く、満足度の増加に伴う増加の程度も小さい。またキャッシュサイズが 10,000 の場合、キャッシュにデータが多く存在し、キャッシュからデータが配信されることが多いため、全体的に平均ホップ長が小さく、増加の程度も小さい。

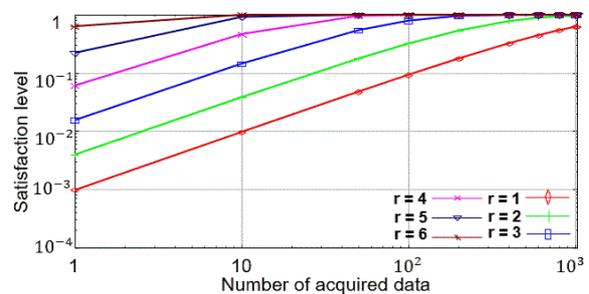


図 1: 取得データ数に対する満足度

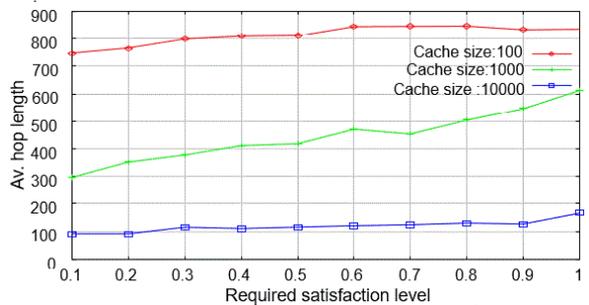


図 2: 満足度に対する平均ホップ長

4. まとめ

本稿では満足度を考慮したキャッシュ制御方式を提案し、要求満足度と平均ホップ長の関係性を示した。今後は検討したキャッシュ方式と他の方式との比較を行い、検討した方式の効果を評価する。

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。

[1] Hayate Sasaki and Noriaki Kamiyama, Summary Cache of IoT Data Using ICN, to be published at IFIP/IEEE IM 2021 (Poster Session), May 2021