

電子タグ利用環境下における効率的なキャッシュ構築手法

佐藤 圭嗣 横溝 和宏

日本アイ・ビー・エム株式会社

1. はじめに

従来「もの」を管理識別する媒体としてバーコードが広く利用されてきたが、近年これに代わる手段として電子タグが検討され始めている⁽¹⁾。電子タグは、非接触で情報の読取・書込ができ、保存できる情報量もバーコードと比較して非常に大きい。また、同時に複数のタグを識別すること（一括読取：アンチコリジョン機能）も可能であり、物流、食品、医療等様々な分野での業務の自動化・効率化を実現することができる重要な要素技術として期待されている。特に、安心・安全を求める社会的ニーズの高まりから、食品や工業製品等の生産から流通を経て消費に至るまでの個品単位での履歴追跡管理（トレーサビリティ）の重要性が高まっており、電子タグはその識別媒体として注目されている。

電子タグ利用環境では、従来一般的であった製品単位での管理ではなく、個品単位での管理が可能になる一方、管理すべき情報量が飛躍的に増大することは避けられない。トレーサビリティのような事業者間、業界間に渡る利活用の場合には、電子タグの流通経路を担う各主体が独立に情報を管理し、タグ ID をキーとして相互参照する分散形態での管理・運用が必須となる。

一般に、インターネットを介した分散システムでは、交換される情報量の大きさやネットワークの品質等が応答性能に影響を与え、その改善手段としてキャッシュ機構を適用することは非常に有効な方法として知られている⁽²⁾⁽³⁾。電子タグ利用環境では、情報量や参照頻度の増大が予想され、応答遅延につながるものが懸念される。

本稿では、電子タグ利用環境でのタグ情報の取得に伴うネットワークトラフィックを抑制し、応答性能を向上させるための手段としてキャッシュ機構を適用し、タグ ID とタグ情報の関係を表す情報（ヒント情報）を利用した効率的なキャッシュの構築手法について述べる。

2. キャッシュ機構の適用

分散環境で電子タグが貼付された「もの」の情報を取得するには、タグ ID をキーとしてタグ情報を管理する主体をディレクトリーサービスにより検索し、結果として得られた主体に対し情報の取得要求を行う（図 1）。

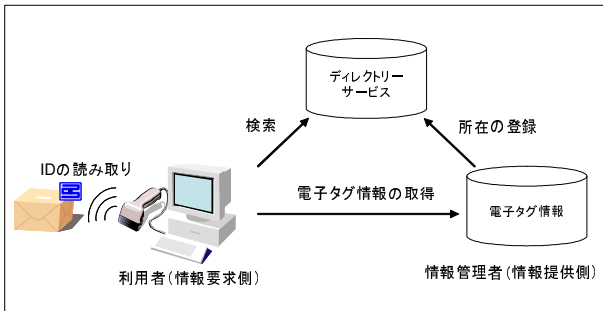


図 1 基本モデル

このようなモデルは、電子タグ関連技術の標準化団体である EPC グローバル⁽⁴⁾やユビキタス ID センター⁽⁵⁾が提唱している情報管理方式でもほぼ同じである。

分散環境でキャッシュを適用する場合、その配置場所

として情報提供側と情報要求側の 2 種類が考えられる。両者にはそれぞれ得失があるが、ネットワークを介したシステムでは、キャッシュにヒットした場合の応答性能を考慮すると要求側に配置するのが有利である。一方、要求側での配置は、データの有効性検証の仕組みが複雑になる欠点があり、これに関しては様々な手法⁽⁶⁾⁽⁷⁾が研究されている。本稿では、電子タグ利用環境でキャッシュを要求側に配置した際の効率的な構築方法に焦点を絞り、提供側でのキャッシュやデータ有効性の検証方法に関しては既存方法を適用することを想定し議論しない。

3. キャッシュ構築手法

3.1. 一般的なキャッシュとその問題点

情報要求側に配置するキャッシュの最大の利点は、キャッシュにヒットした場合に、ネットワークトラフィックを削減することが可能となることである。取得した情報を要求情報と共に保存することで、それ以降の同じ要求ではキャッシュ内で解決・応答することが可能となる。

電子タグ利用環境では、ID 毎にキャッシュに保存することになる。例えば大手スーパーでは、商品数は約 30 万点と言われており、各商品在庫が 200 個あればキャッシュエントリーは約 6000 万になる。また、各商品には色やサイズ等の属性情報が最大 400 種類含まれる可能性があり、膨大なキャッシュサイズとなり、メモリ消費量や検索時間に影響を与える。しかも、エントリー (ID) は時間と共に頻繁に入れ替わるため、キャッシュヒット率が低下し、キャッシュの有用性が低下する。

3.2. ヒント情報を利用したキャッシュの構築

電子タグ利用環境でキャッシュ機構を適用する場合、上述した問題を考慮して設計する必要がある。本稿では、タグ情報を管理している主体から、タグ ID と各属性情報を関連付けるための属性識別情報をヒント情報として受け取り、この情報を利用することで効率的なキャッシュを構築する手法について提案する。

本手法におけるヒント情報とは、「タグ情報に含まれる各属性情報が、情報要求の際に指定したタグ ID のどの部分を基にした情報なのか」を意味する情報である。また、タグ ID はビット列（または文字列）、ヒント情報はそのビットマスク（または文字列マスクや正規表現）として捉える。従って、ID 体系（ビット列や文字列等のフォーマット）に依存することなく適用することが可能であり、バーコードにも適用可能である。

例えば、EPC グローバルでは、タグの ID 体系として 96 ビットの GTIN (Global Trade Item Number)⁽⁸⁾を定義しており、その下位 38 ビットは個品を識別するためのシリアル番号に割り当てられている。つまり、このシリアル番号のために割り当てられた部分以外の 58 ビットは、商品毎にユニークな値となることから、この情報をヒント情報として用いることができる。

図 2 は、タグ ID が "AAAXXX0001" に対する属性情報の一部として会社情報と商品情報が含まれ、これらに対するヒント情報として "AAAXXX****" のマスクが提供される場合を示している。このヒント情報を利用することによ

り、下位 4 桁が異なるタグ ID "AAAXX0234" が指定された場合も、マスクした結果は同じであることからキャッシュ内部での解決・応答が可能となる。

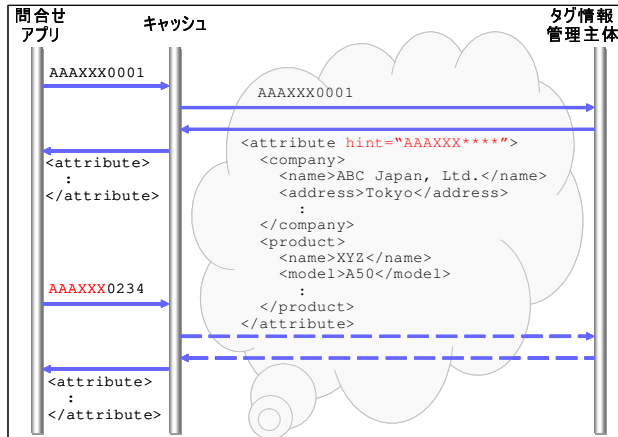


図 2 ヒント情報を利用したキャッシュの振舞い

図 2 で示したようにヒント情報を利用することにより、ネットワークトラフィックが削減されるだけでなく、通常 ID 単位で保存されることによるキャッシュサイズの肥大化を抑制することが可能となる。これは、ID 単位ではなくヒント情報をキーとしてキャッシュエントリを保存・管理することで、ID は異なるが同じ属性情報が含まれるような場合でも重複なく効率的に、かつ簡便に管理することが可能になることを意味している (図 3、4)。

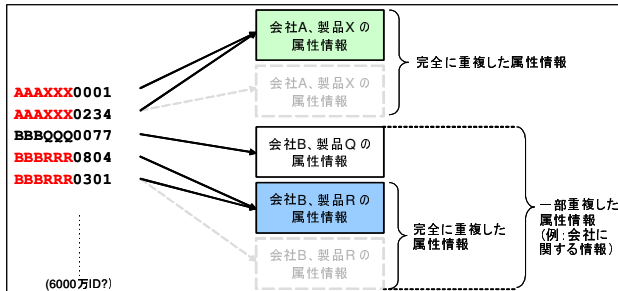


図 3 ヒント情報によるキャッシュの分類

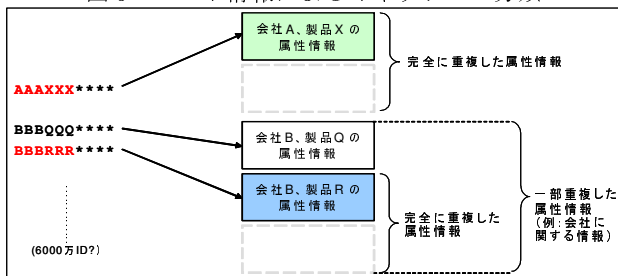


図 4 ヒント情報により分類されたキャッシュ構成

さらに、ヒント情報の単位として分類可能なより詳細な単位、例えば図 2 を例にとると会社情報や商品情報の単位でのヒント情報 ("AAA*****"、"***XXX****") を提供することによりキャッシュエントリを大幅に削減することが可能となる。キャッシュに対して情報要求があった場合には、指定された ID と保存されているヒント情報を基に該当する全ての属性情報を抽出し、要求側に応答する。図 5 に、図 3 に示した 5 つのタグ ID (AAAXX0001, ..., BBBRR0301) を例に単純に保存した場合 (図中右端) とのキャッシュサイズの比較を示す。

これまで述べた手法は、キャッシュエントリを節約するだけでなく、キャッシュヒット率の向上ももたらす。

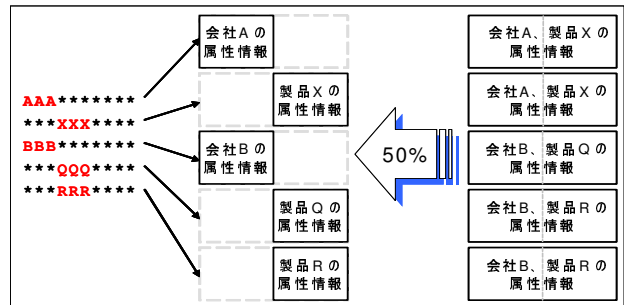


図 5 ヒント情報によるキャッシュの階層化

例えば、スーパー等のように頻繁に、かつ大量に商品が入り替わる場合にも、商品に関する情報は入れ替える必要なく再利用することができる。従来の方法では、ID が変わればキャッシュは無効となりネットワークを介した再取得が必要となるが、本手法では必要としない。

また、本稿での手法ではなくキャッシュ内部で属性情報と ID の関係を分析することで、本手法と同様のことが実現可能であるとも考えられる。しかし、多くの情報量やそれを分析するための高度な技術が必要であること、また分析可能であったとしてもその結果は予測の域を出ず、管理主体での管理方法とは必ずしも一致していないかもしれない。一方、本手法は管理主体から提供される情報であるため確実な情報であり、さらにキャッシュのデータ構成も簡便に構築することが可能である。

4. まとめ

本稿では、電子タグ利用環境における情報要求側キャッシュの構築にあたって、属性情報を識別するための情報 (ヒント情報) を利用することで、キャッシュサイズの削減、及びキャッシュヒット率の向上を図るキャッシュの構築手法を提案した。本手法は、ID 単位での管理ではなく情報提供側から提供されるヒント情報を基に管理することで、重複する情報を削減し、頻繁な個品の入れ替わりにもキャッシュ有用性を維持することが可能となる。また、ヒント情報としてビットマスクや文字列マスクなどを利用することで、ID 体系に依存せず適用できる。

ただし、本手法でも個品に依存する情報は個別に管理する必要があり、キャッシュを設計する際は対象となる情報の種類や利用環境を考慮する必要がある。また、ヒント情報が変更された場合の対応も検討する必要がある。

5. おわりに

本研究は、総務省による「電子タグ高度利活用技術に関する研究開発」の委託研究の成果によるものである。

参考文献

- (1) 國領二郎, 日経デジタルコアトレーサビリティ研究会, “デジタル ID 革命”, 日本経済新聞社, 2004
- (2) Jia Wang, “A Survey of Web Caching Schemes for the Internet”, ACM Computer Communication Review, 29(5), pp. 36-46, October 1999
- (3) G. Barish, K. Obraczka, “World Wide Web Caching : Trends and Techniques”, IEEE Communications Magazine Internet Technology Series, 38(5), pp. 178-184, 2000
- (4) “EPCglobal”, <http://www.epcglobalinc.org/>
- (5) “Ubiquitous ID Center”, <http://www.uidcenter.org/>
- (6) P. Deolasee, A. Katkar, A. Panchbudhe, K. Ramaritham and P. Shenoy, “Adaptive Push-Pull : Disseminating Dynamic Web Data”, IEEE Trans. Computers, 51(6), pp. 652-668, 2002
- (7) J. Cho and A. Ntoulas, “Effective Change Detection Using Sampling”, Proc. of 28th VLDB Conf., Hong Kong, 2002
- (8) “GTIN:Global Trade Item Number”, <http://www.gtin.info/>