

仮想ネットワークアドレスを識別子として利用するユビキタス ネットワークアーキテクチャの提案

栗林 伸一[†]

田邊 正雄^{††}

[†] 成蹊大学・理工学部 〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1

^{††} 日本電信電話株式会社 NTT 情報流通プラットフォーム研究所 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

E-mail: [†]kuribayashi@st.seikei.ac.jp ^{††}tanabe.masao@lab.ntt.co.jp

あらまし 現在よりも多種多様でかつ大量の資源や情報を扱うユビキタスネットワークでは、資源や情報に関連する識別子を読み取りそれに対応した処理を迅速に行うことがサービス提供上非常に重要になってくるものと考えられる。本稿では、資源や情報の識別子の一部に処理サーバのネットワークアドレスを利用することにより、従来必要であった処理サーバのアドレス検索なしに直接処理サーバに接続し、処理時間ならびに処理負荷を大幅に削減可能とする新たなネットワークアーキテクチャを提案する。さらに、識別子に利用するネットワークアドレスを仮想化し、処理サーバの收容替えやネットワーク構成の変更にも柔軟に対応する方式を提案する。最後に、RFIDシステム、広域イーサネットワークを前提に、提案方式の具体的な実現例を示す。

Proposed ubiquitous network architecture that uses virtual network address as an identifier of resource or information

Shin-ichi KURIBAYASHI[†], Masao TANABE^{††}

[†] Seikei University 3-3-1 Kichijoji-kitamachi Musashino-Shi, Tokyo, 180-8633 Japan

^{††} NTT Information Sharing Platform Laboratories, NTT Corporation

3-9-11 Midori-cho, Musashino-shi, Tokyo, 180-8585 Japan

Abstract In the ubiquitous network, it is necessary to treat various resources and information, and reading the identifier that relates to the resource and information in the network and the processing corresponding to it becomes much more important. This paper proposed a new network architecture that uses the network address of the processing server as an identifier of the resource and information, which can allow to access directly to the processing server and to reduce the processing time and load greatly. Moreover, it was proposed that the network address used for the identifier is made virtual to adapt flexibility to the location change of the processing server.

1. まえがき

電話網、インターネットを含むあらゆるサービスネットワークでは、契約番号や識別子をもとにサービス処理が実施される。サービス処理は通常処理サーバで実施され、それに接続するためのネットワークアドレスは契約番号や何らかの識別子をもとに検索サーバアクセスにより求められる。例えば、電話網では、高度サービス提供のためにグローバルタイトル⁽¹⁾（電話番号やサービス番号に対応）を翻訳して対応するサービス処理ノードに接続している。インターネットにおけるDNSや

EPCglobal ネットワークにおけるONS(Object Name Service)⁽²⁾も一例である。

今後急速な普及が予想されるユビキタスネットワーク⁽³⁾では、あらゆる資源や情報に番号や識別子（以後、両方合わせて‘識別子’と呼ぶ）が付与され、扱う識別子の種別ならびに量が従来のネットワークに比べ飛躍的に増加するものと考えられる。さらに、識別子がリアルタイムな制御にも今後広く適用されていくことを想定すると、識別子に関連した処理時間ならびに処理負荷の削減も強く求められる。

従来の処理方式では、資源または情報の識別子を

キーに検索サーバに一度アクセスし、処理サーバのネットワークアドレスを求め、その後ネットワークの経路選択機能を使って処理サーバ(ストレージなど別の装置の場合も含む)まで接続するという2ステップの処理を必要とする。この2ステップ処理は、識別子の番号体系をネットワークとは独立に管理できるというメリットがある反面、処理サーバへの接続時間と接続負荷の増加という問題をもたらす。その改善策としては、検索サーバの高性能化や大容量化などが従来検討されてきたが、検索サーバへの接続がどうしても残るため接続時間と接続負荷の大幅削減は困難と考えられる。検索結果のキャッシュ化という方法もあるが、常にヒットさせることは困難である。

本稿では、検索サーバへのアクセスを無くすことにより処理サーバまでの接続時間ならびに接続負荷を大幅に削減できる新たなネットワークアーキテクチャを提案する。具体的には、ネットワーク上の資源や情報を示す識別子(EPCglobal のEPC⁽⁴⁾も一例)の一部に処理サーバのネットワークアドレスを利用することにより、識別子そのもので(ネットワークの経路選択機能を使って)目的の処理サーバに接続する方式である⁽⁵⁾。識別子としての柔軟性を確保するため、識別子の残り部分はネットワークアドレスとは独立に規定できるものとする。

ところで、識別子としてネットワークアドレスを利用すると、処理サーバ収容替えやネットワーク構成の変更などに伴い、識別子そのものを変更する必要がある。これを防ぐため、識別子の一部に用いるネットワークアドレスとして“仮想的な”アドレスを採用する。物理ノードや物理サーバと仮想的なアドレスとの対応関係を変更することにより、処理サーバ収容替えやネットワーク構成の変更時にもアドレスの変更は必要としない。

2章では、識別子として処理サーバに対応する仮想ネットワークアドレスを使用することにより、検索サーバへのアクセスを無くし短時間でかつ簡単に処理サーバへの接続を可能とするアーキテクチャを提案する。3章では、RFIDシステム、広域イーサネットワークを前提に、2章で提案したアーキテクチャの具体的な適用例を示す。4章はむすびである。

2. 提案アーキテクチャの概要

「資源や情報の識別子の一部にそれを処理するサーバのネットワークアドレスを割当てること」が提案するアーキテクチャの最大の特徴である。これにより、識別子をもとに処理サーバのアドレス検索のための検索サーバアクセスが不要となり、識別子をもとに直接処理サーバに接続することが可能となる。また、ネットワークアドレスはシステムとして一元的に管理できることを前提とする。これは、既存の識別子体系とネットワークアドレスを全く独立に選択すると、両者の統一的な

対応関係を保てなくなるためである。ネットワークアドレスとしては、IPネットワークを利用する場合はIPアドレス、イーサネットワークではMACアドレス、MPLSネットワークではMPLSタグ、ATMネットワークではVPI/VCI、などが対応する。

識別子として物理的なネットワークアドレスを利用すると処理サーバ収容替えやネットワーク構成の変更などに伴い、それを利用する識別子そのものも変更することになり、影響が大きい。これを防ぐ方策として、識別子に用いるネットワークアドレスとして“仮想的な”アドレス(以後、仮想ネットワークアドレス)を採用する。この仮想ネットワークアドレスはネットワークノードの物理構成やサーバの物理収容ポートなどに依存しない仮想的なものであり、処理サーバ収容替えやネットワーク構成の変更時にアドレスの変更は必要ない(つまり、識別子も変更なし)。また、仮想ネットワークアドレスと物理ノードや物理サーバとの対応関係は検索サーバではなく、ネットワークノード内の経路選択データとして管理する。詳細は3章で説明する。さらに、ネットワークノード内の経路選択管理を容易とするため、なる。仮想ネットワークアドレスは電話網やISDNの番号体系と同様に、「階層型」構造を採用する。

上記で提案したネットワークアーキテクチャの概念図を図1に示す。まず、図1(1)は識別子の一部にIPv4アドレス(プライベートアドレス)を使用する場合の処理イメージを示している。まず、資源または情報の識別子には処理サーバのアドレスである192.168.1.0を識別子の一部として使用する。識別子の残り部分はネットワークアドレスとは独立に規定できるものとする。その識別子を読み取り端末で読み取り(図1(1)①)、処理サーバのアドレスである192.168.1.0の部分を取り出しそれをIPパケットのアドレス部に格納して転送する(図1(1)②)。パケットのデータ部には、識別子全体と読み取り時間・場所などの制御情報が設定される。ネットワークノードはパケットのアドレス部に格納されたアドレスをもとに経路選択を行い(図1(1)③)、最終的に処理サーバにパケットを届ける。これは、通常のIPネットワークの経路選択機能で実現される。パケットを受け取った処理サーバはデータ部から必要な情報を取り出し、必要な処理を行う(図1(1)④)。なお、処理によっては識別子を送り出した読み取り端末に情報を返送し、そこで何らかの制御を行う形態もあり得るが、図1(1)は説明を簡単化するために含めていない。

次に、図1(2)は、仮想ネットワークアドレスの階層化の例として、エリア番号+エッジ番号+サーバ番号、を示している。また、仮想ネットワークアドレスと物理ノードまたは物理サーバとの対応関係の管理イメージを示す。これら管理表は、ネットワークノード内に経路選択データとして保存されているものとする。なお、この

例では、エッジ番号とサーバ番号に仮想的な番号を使用し、エリア番号は仮想番号ではなく物理的な番号を使用することを前提としている。

3. 提案アーキテクチャのRFIDシステムへの適用法

本章では、EPCglobal ネットワーク⁽²⁾を対象に、2章で提案したアーキテクチャの具体例な適用例を示す。なお、ネットワークとしては広域イーサネットワークを前提とする。EPCglobal ネットワークでは、物に付けられたIDであるEPCを読み取り、それをもとに処理サーバであるEPCIS(EPC Information Service)に送る。この際、EPCリーダはONS(Object Name Service)に対して、EPCをキーにして対応するEPCISの場所(ネットワークアドレス)を問い合わせる。2章で提案したアーキテクチャを適用することにより、ONSへのアクセスなしにEPC読み取り装置が直接EPCISに接続することが可能となる。

3.1 使用するネットワークアドレス

広域イーサネットワークでは、宛先を示すアドレスとしてMACアドレスが使用される。ここでは、文献(6)や(7)と同様に、網で一元的に管理する‘仮想MACアドレス’(以後、VMAC)を使用する。VMACの長さは、既存イーサスイッチの流用を考慮し実MACアドレスと同じ48ビットとし、フレームフォーマットはIEEE802.1Qに準拠する。また、VMACは地理的条件を考慮した階層型フォーマットを採用する(図2)。つまり、VMACは、エリア番号、エッジ番号、サーバ番号から構成されるものとする。階層型フォーマットにより、送信側エッジノードや中継ノードはエリア番号だけみた経路選択が可能となり、各ノードでの経路選択処理が軽減される。

3.2 識別子(EPC)の体系

EPCの番号の一部をネットワークアドレス(VLAN-ID+VMAC)に対応するように割り当てる。例えば、SGTIN(Serialized Global Trade Item Number)-96のEPC⁽⁴⁾とVMACアドレスのマッピング例を図2に示す。マッピング形態はシステムの運用管理形態に依存して決定する。VLAN-IDは、企業または同一企業のサーバ群などに対応させ網で一元的に割り当てる。

具体例を図3に示す。この例では、各地域の特産品を識別することを想定した体系である。品目コード24ビットを、エリア識別、大項目、中項目などに分割すれば、それぞれVMACのエリア番号、エッジ番号、サーバ番号に対応させることができ、識別子体系と階層型ネットワークアドレスがうまくマッチングしていることがわかる。但し、既存のEPC体系をそのまま階層型ネットワークアドレスにうまくマッチングできない場合には、何らかの使用上の制約が必要になってくる。

3.3 処理サーバ(EPCIS)への接続

図2のように、読み取った識別子から得られるVLAN-IDとVMACをイーサフレームのアドレス部に設定すれば、広域イーサネットワークが従来から持つ経路選択機能により対応する処理サーバまで自動的にイーサフレームが転送される。

3.4 ネットワーク内の経路選択

(1) ノードにおける方路/出ポート選択手順

ネットワーク内の各ノードは、VLAN-ID対応に図4に示す経路選択表を持つことを前提に以下説明する。
＜送信側エッジノード、中継ノード＞

VLAN-ID対応の経路選択表をまず選択する。受信VMACと送信VMACにより、出方路、出ポートを選択する。送信VMACの例えば下位何ビットを参照し、同一受信VMAC宛フレームを複数方路に分散させる。同一方路内の複数出ポートから、受信VMACの下位何ビットを参照し出ポートを選択する。これら処理により、宛先VMACが同じフレームの転送逆転を防ぎながらトラフィックの分散を実現可能である。

また、出ポート障害時には予め決められた迂回ポート/方路に迂回させるものとする。但し、迂回先にトラフィックが集中するのを防ぐため、受信VMACの何ビットかをもちに迂回先出ポートを動的に分散させる。

なお、スパンニングツリープロトコルは網内では使用しない。

＜受信側エッジノード＞

VLAN-ID対応の経路選択表をまず選択する。受信VMACにより出ポートを選択する。誤配を防ぐため、送信VMACが該当のVLAN-IDに属するかどうかチェックする。

(2) 経路選択表の構成

ネットワーク内の各ノードは、VLAN-ID対応に図4に示す経路選択表を持つ。全てのエッジノードおよび中継ノードに設定する経路選択表は全て同一の論理で構成し、局建時に一度だけ設定することを基本とする。経路選択表内の受信VMACは当面使用しないものも含めアドレス空間分の全エントリ(それに対応する出方路、出ポートのエントリも含む)を局建時に確保しておく。変更時には特定エントリの値を変えるだけの操作となる。当面利用しない場合には‘該当なし’を設定しておく。これらは全てのVLAN-ID(当面利用しないVLAN-IDも含む)に対して実施する。

これにより、処理サーバの収容替え時には、受信側エッジノード内の該当処理サーバのVMACに対応する部分のみ変更するだけで、VMAC自体は変更の必要はない(図5)。また、エッジノードの新設時には、中継ノード内の該当エッジノードのVMACに対応する部分

のみを変更するだけで、VMAC自体は変更の必要はない(図6)。これらは、図1(2)で説明したように、アドレスとして仮想的なものを使い、それが対応する物理ノードや物理サーバへのマッピングを自由に行うことができるからである。なお、シリアル番号(識別子のネットワークアドレス以外の部分)の追加・変更時はネットワークとしては何も変更する必要はない。

(7)飛鷹他:“次世代イーサネットアーキテクチャ GOEの提案”, 電子情報通信学会全国大会資料 B-7-11 (2005.9)

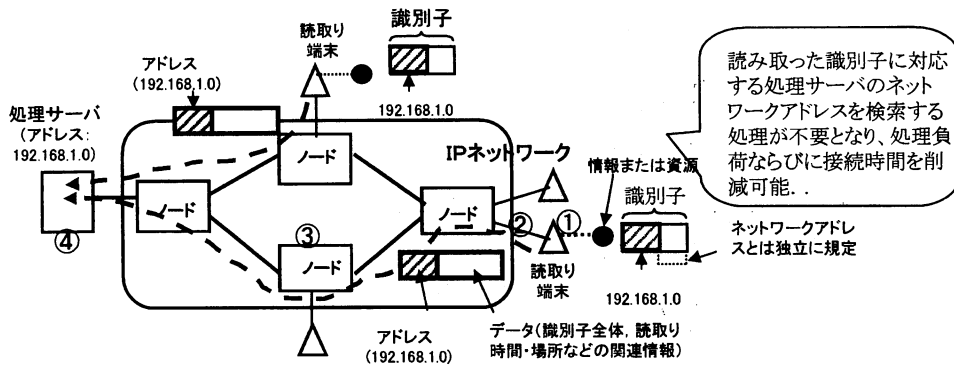
4. むすび

本稿では、ユビキタスネットワークの新たなネットワークアーキテクチャを提案した。具体的には、資源や情報の識別子の一部として処理サーバの仮想ネットワークアドレスを利用することにより、従来必要であった処理サーバのアドレス検索なしに直接処理サーバに接続できる共に、処理サーバの収容替えやネットワーク構成変更時にもアドレスの変更を必要としない。また、広域イーサネットワークを前提に、提案アーキテクチャのRFIDシステムへの具体的な適用例を明らかにした。

提案したネットワークアーキテクチャは、RFIDのEPCなど既存の識別子体系をそのまま利用できないケースもあり、特定の業界内や企業グループ内で野使用が現実的と思われる。また、提案方式は経路選択表に仮想アドレス空間分のエントリを予め確保しておくため大量のメモリが各ノードに必要となり、この対策の検討が今後必要である。

<参考文献>

- (1) 飯塚, 石川: “続・やさしい共通線信号方式”, 電気通信協会.
- (2) EPCglobal: “The EPC global architecture framework Ver.1”
- (3) 総務省: “平成17年度情報通信白書”
- (4) EPC global: “EPC Tag Data Standards Ver. 1.1, Rev.1.27”
- (5) 栗林, 田邊: “ネットワーク中継機能を用いた RFID EPC コード転送方式の提案”, 電子情報通信学会 2005 年ソサイエティ大会資料 B-7-5(2005.9)
- (6) 広瀬, 栗林: “MAC アドレス非学習階層型広域イーサ方式の提案”, 電子情報通信学会全国大会資料 (2005.3)



(1) 資源または情報の識別子の一部にそれを処理するサーバのネットワークアドレスを使用

- ネットワークアドレスとして、物理ノードや物理サーバとは独立した仮想番号を使用する。
- さらに、仮想番号は以下のように階層化する。
“エリア番号+エッジ番号+サーバ番号”
 - ・エリア番号: 地域を示す番号(電話の市外局番相当)
 - ・エッジ番号: 各地域内のエッジノードの番号(電話の市内局番相当)
 - ・サーバ/端末番号: エッジノード配下のサーバや端末の番号(電話の加入者番号相当)
- 仮想番号と物理ノード、物理サーバとの対応付け方法

<中継ノード内>

局建時に、仮想化したエッジ番号を全て経路選択表に予め設定する。

仮想化したエッジ番号	実際に収容する物理エッジノードの番号
0	ノードY
1	ノードX
2	ノードY
3	未使用
4	ノードX
5	ノードY
*	未使用

仮想化したエッジ番号毎に対応する物理エッジノードを自由に選択可能。変更も可能。
→ ネットワーク構成を変更してもアドレスの変更は不要。

<受信側エッジノード内>

局建時に、仮想化したサーバ番号を全て経路選択表に予め設定する。

仮想化したサーバ番号	エッジノードで実際に収容する物理回線番号
0	物理回線m
1	物理回線n
2	物理回線m
3	未使用
4	物理回線m
5	未使用
*	未使用

仮想化したサーバ番号毎に対応する物理回線を自由に選択可能。変更も可能。
→ サーバを移動してもアドレスの変更は不要。

ネットワークアドレスが仮想化されているため、サーバの移動やネットワーク構成の変更においてもアドレス自体の変更は不要

(2) ネットワークアドレスの仮想化と物理ノード/サーバとの対応管理

図1. 提案するアーキテクチャの概念図

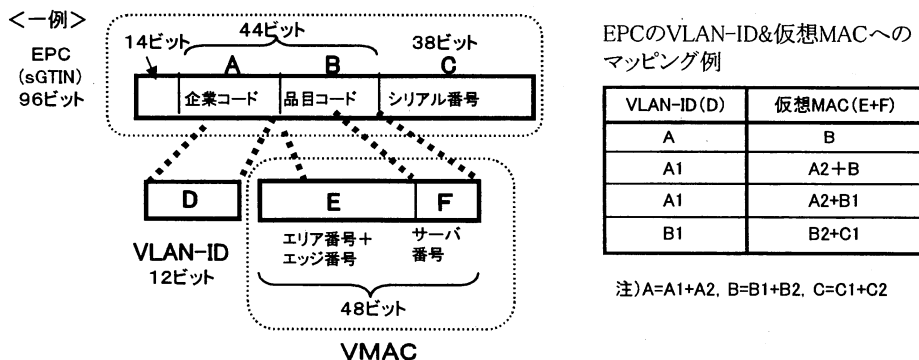


図2. EPCと仮想ネットワークアドレスのマッピング例

＜地域物産品のコード体系例＞

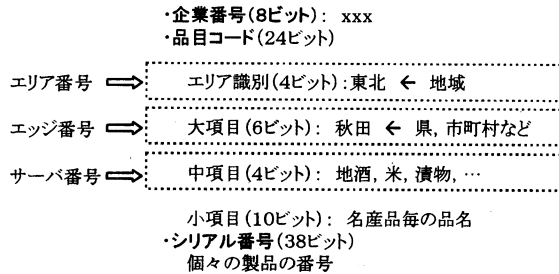


図3. 提案アーキテクチャを想定した識別子体系の例と仮想ネットワークアドレスとの関連

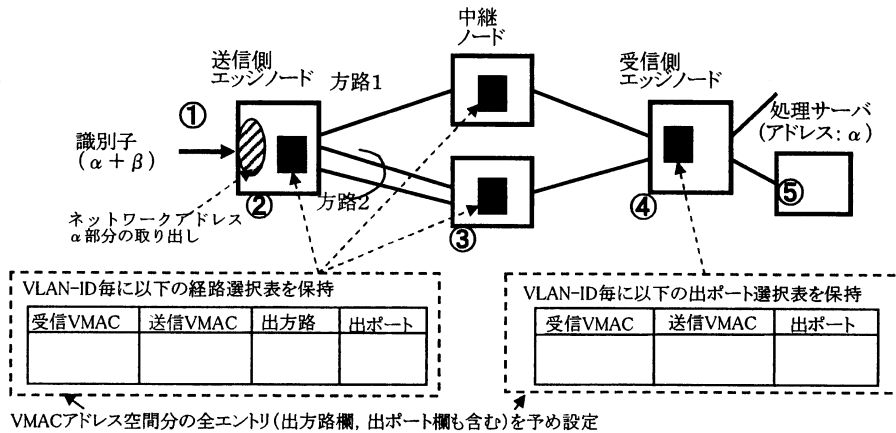


図4. ノード内の経路選択表構成

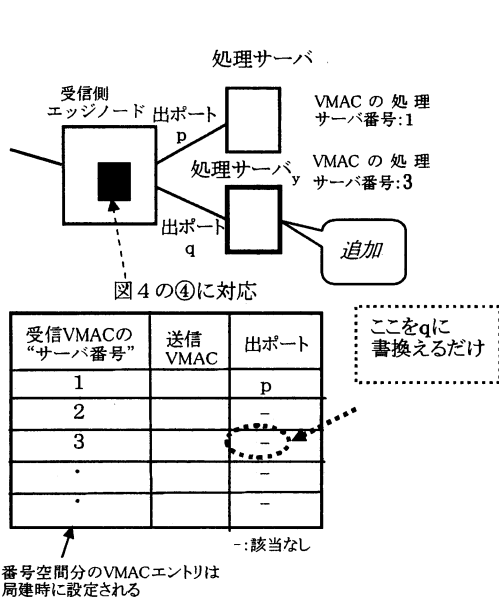


図5. 処理サーバ追加時の受信側エッジノード内経路選択表の変更イメージ

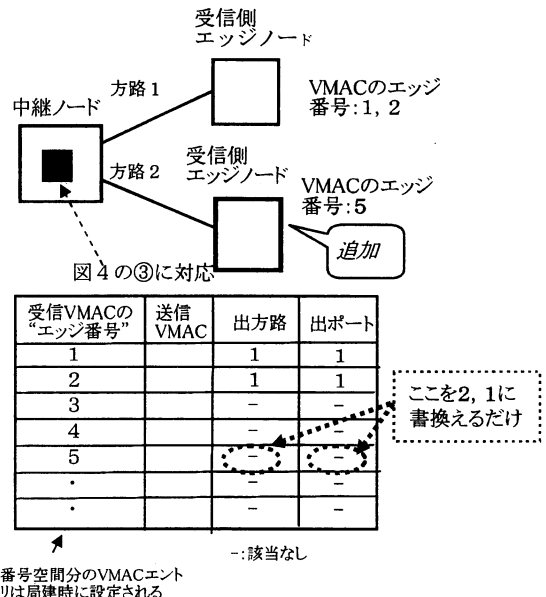


図6. 受信側エッジノード追加時の中継ノード内経路選択表の変更イメージ