

ユーザセントリック環境におけるネーミング技術の一考察

村上 誉^{*1,*2} ラスマス ルーベンスティン オルセン^{*2} ハンス・ピーター シュウェフェル^{*2} ラムジー プラサド^{*2}

^{*1} 独立行政法人情報通信研究機構 新世代モバイル研究開発プロジェクト ^{*2} オールボー大学, デンマーク

多くのデバイスがネットワークに接続され,ネットワーク上の情報と実空間のデバイスがより密接に影響しあうユビキタス通信環境の実現が期待されている.ユーザの Private Personal Area Network (P-PAN)を中心に,家庭やオフィスなどの cluster をセキュアに結んだ Personal Network (PN)を構成することで,ユーザは自分の居場所にかかわらず,離れたところにある自分のデバイスやデータにも容易にアクセスできるようになる.

本稿では,このようなユーザセントリック環境でネーミング技術に要求される機能について述べ,それを満たす方式である New Naming Scheme (NNS)について検討・提案する.本方式は Domain Name System (DNS)を拡張した方式で,名前空間をプライベート用とパブリック用の2層に分離したことに特徴を有する.

A study of a naming scheme for user-centric environment

Homare Murakami^{*1,*2} Rasmus Løvenstein Olsen ^{*2} Hans-Peter Schwefel ^{*2} Ramjee Prasad ^{*2}

^{*1}National Institute of Information and Communications Technology ^{*2}Center for TeleInfrastruktur, Aalborg University, Denmark

We will be able to access to our all resources from anywhere through Personal Network (PN) connecting a user's Private Personal Area Network (P-PAN) and his/her clusters in a secure manner.

We describe in this paper requirements on the naming scheme for the user-centric environment. Hereafter we propose a naming scheme, named New Naming Scheme (NNS). The naming scheme is developed based on Domain Name System (DNS) and satisfies the requirements. The naming scheme introduces two-layer concept to divide name space into private flat name space and public hierarchical name space.

1. ユーザセントリックなモバイル環境

RF-ID やセンサーによる実空間情報がネットで得られるようになったり,ネットワーク接続機能を持つ家電製品がネットワークを経由した制御を受け付けるようになるなど,実空間とネットワークの融合を図ったユビキタス通信環境の整備が急速に進んでいる.一方,通信ネットワークは有線・無線共に高速・大容量化が急速に進み,また通信時間や通信料によらない定額課金サービスが導入されてきた.これらの組み合わせにより,ユーザがどこにいても気軽に,ネットワークを経由して自宅やオフィスのデバイスを遠隔操作したり,必要な情報を取り出すことができるようになってきている.

このような環境ではユーザの利便性が高まる反面,システムの複雑さからユーザに高度な知識を要求したり,設定のミスやシステムの不具合などから第三者によって自分のデバイスや情報への予期せぬアクセスを許してしまう

可能性が高くなるなど,危険性も同時に発生し得る.そのため,設定が容易もしくは不要で,セキュリティ問題が発生しないように設計されたシステムの実現が望まれる.

欧州 IST プロジェクトのひとつである MAGNET プロジェクト[1]では,利便性を提供しつつこのような問題が発生しないように考慮したシステムの研究が行われている.ユーザの近傍に存在するデバイス群で形成される Personal Area Network (PAN)の概念が(無線)リンクレベルで定義されるのに対し,このプロジェクトではデバイスの所有者の情報を考慮し,単一ユーザのデバイス群のみで形成される PAN を Private Personal Area Network (P-PAN)と定義している.この P-PAN 内は信頼済みとしてデータの送受やアクセスが自由に行える一方,P-PAN 外のデバイスとの通信は制限される.

同様に,自宅や会社,車などユーザが長時間滞在する場所においても同様に,単一ユーザの所有するデバイスのみで小規模なネットワークが形成される.この局所的なデバ

イスの集合体を cluster と呼ぶ P-PAN と同様にこの cluster 内はセキュアなものとして自由に通信が行えるが、cluster 外との通信は制限される。

この P-PAN と cluster 間を、ユーザの必要に応じて動的に VPN のようなセキュアな方式で結ぶことで、ユーザは場所を気にすること無く自分の所有する全てのデバイスやデータにアクセスすることが可能となる。ユーザから見たときに、cluster に存在するデバイスも手元、すなわち P-PAN 内に存在するかのよう簡単に扱えるようになる。この P-PAN と cluster から構成される仮想ネットワークを Personal Network (PN) と呼ぶ。図 1 にこの概念図を示す。

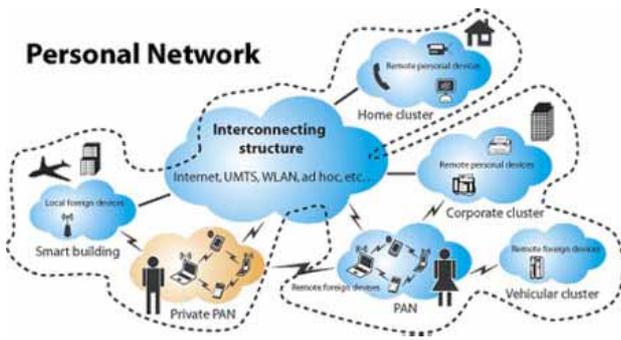


図 1 Personal Network [1]

2. ネーミング技術の必要性

非常に多くのデバイスがネットワークに接続されるようになると、自分の利用したいサービスや接続したいデバイスを発見・特定する手段が重要となる。例えば、今夜放送されるテレビ番組を録画したいと思ったとき、ユーザは自宅のビデオデッキに対して予約操作を行いたいと考えるだろう。このとき、ビデオデッキ自体はネットワークに接続されていたとしても、それが IP アドレスのような数字列や記号列で表されているのみであれば、ユーザがネットワーク上からビデオデッキを発見して操作を行うことは難しいだろう。

この問題を解決するためには 2 つの方向性が考えられる。ひとつは、各デバイスにアドレスとは別にユーザがわかりやすい名前をつけることである。とはいえ、実際の通信時にはアドレスを頼りにパケット転送が行われるので、どこかでそのデバイスの名前とアドレスの対応付け (binding) のリストを管理し、適宜変換を行うことでユーザがアドレス列を暗記する必要性を回避することができる。この仕組みをネーミング (naming) と呼ぶ。

もうひとつの解決法としては、各デバイスが「できること」(サービス)を事前に特定のサーバに登録しておく方法である。ユーザはサーバにしたいこと、例えば「テレビ番組の録画をしたい」と要求を出すと、サーバはリクエストに合致するサービスを提供しているデバイスを検索しその情報を返答することで、ユーザは適切なデバイスにアク

セスすることができる。この仕組みはサービス発見 (Service Discovery) と呼ばれる。一般に、サービス発見技術はネーミング技術に比べて複雑性が高くなるため、スケーラビリティを確保するのが難しいと言われる。

この 2 種の技術は排他的なものではなく、組み合わせて使うことでいっそうユーザの利便性を改善できる。例えば、過去の提案技術の中では Intentional Naming System (INS)[2]がこの双方の特徴を有している。INS では、各デバイスが名前要素としてそのデバイスの位置、サービスの種類、アクセス特性などを有し、それらが木構造を構成することにより、ユーザが近隣に存在する欲しいサービスを容易に発見できるという特性を持つ。しかし、この名前空間の伝播・共有をホップ・バイ・ホップで行っているため、インターネットレベルでのスケーラビリティを確保することは難しい。

現在のインターネットにおいては、ネーミング方式として Domain Name System (DNS)[3]がデファクトスタンダードとして利用されている。DNS は階層的な名前空間を有しており、名前はデバイス名とドメイン(組織)名の組み合わせで構成される。例えば、www.nict.go.jp という名前は、はじめの「www」がデバイス名、残りの「nict.go.jp」の部分がドメイン名を示す。このドメイン名の部分が階層化構造を有し(前記の例では、jp go nict)、各組織が有するネームサーバは同様の階層構造を有するように構成される。これにより、各組織内で独立してデバイス名を管理でき、ドメイン数やデバイス数が増えても階層構成中に分散収容することでインターネットサイズでのスケーラビリティを獲得している。

PN のような次世代ネットワークを考えた場合、現在広く使われているインターネットが P-PAN や cluster 間をつなぐインフラストラクチャとして最も有力といえるだろう。Next Generation Network (NGN)[4]のように、管理されたネットワークを新たに構築しようという動きもあるが、これも IP 技術をベースとして安価にネットワークを構成することを主眼にしているため、インターネットアプリケーションとの親和性は高いことが期待できる。

こうした視点から、DNS を引き続き次世代ネットワークでも利用していくことが好ましいと考えられるが、そのままでは PN に求められる機能のいくつかが実現できない。

まず、PN ではユーザが動くことを前提としており、特に P-PAN 中に存在するデバイスは移動に応じ、頻繁に Radio Access Network (RAN、例えば Ethernet、無線 LAN 802.11g、W-CDMA などのアクセス方式)を変更しながら、インターネット(もしくは IP ベースのバックボーンネットワーク)上の接続点を変更していく。このとき、新しい接続点が同一のドメインに所属するとは限らない。DNS に

においては、デバイスの名前は接続点に依存するため、本質的にデバイスの移動性に追従しているとは言えない。

第二に、DNS は基本的に全てのデバイスの情報が公開されてしまうことである。あらゆるデバイスがネットワークに接続されたとき、ユーザにとっては簡単な名前前で各デバイスにアクセスできることが DNS の利点である。しかし、DNS に登録された名称は他のユーザからも参照可能であるので、一般名称や想像の容易な名称をデバイスに付けた場合、不必要に他者からのアクセスを誘引することになりかねない。適切にアクセス制御の設定をしていれば問題とはならないはずではあるが、個人的に使用したいデバイスについては他者に情報を開示しないほうが管理上好ましい。

以上のような観点より、本稿では DNS をベースとして上記の二つの問題点を回避するために拡張したネーミング方式について検討する。以下、この拡張した DNS 方式を NNS (New Naming Scheme)と呼ぶ。

3. New Naming Scheme (NNS)

3.1. 2つのレイヤから成るネームシステム

前述のとおり、DNS サーバに登録したデバイス名はすべてのユーザに対して公開されることになり、セキュリティの観点からすべてのデバイスの名前を登録するのは好ましいとはいえない。そこで、DNS 持つ名前空間を2つのレイヤに分け、一方を自分自身のみがアクセス可能な名前空間に、もう一方には他者からアクセスを許すデバイスのみを登録する名前空間として分離する。前者のレイヤを PN レイヤ、後者のレイヤを IP レイヤと呼ぶものとする。図2にその概略図を示す。

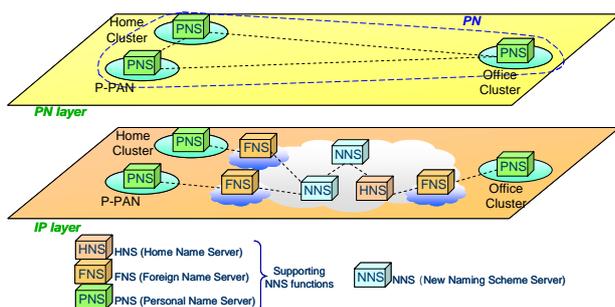


図2.2 レイヤ拡張 DNS アーキテクチャ

IP レイヤとはすなわち、現在の DNS アーキテクチャそのものである。他者からのアクセスを受け入れるデバイスの名前は階層的な名前空間中に記録され、グローバルに有効となる。一方、PN レイヤは自分からのみアクセス可能な名前空間を構成する。すなわち、IP レイヤはグローバ

ルに1つしか存在しないが、PN レイヤはユーザごとに1つずつ存在ものである。

PN レイヤがユーザごとに名前空間を構成するのは、セキュリティ面以外にもメリットがある。それぞれのユーザの名前空間は独立であるので、ユーザごとに同一のデバイス名を使っても問題にならないということである。例えば、“tv”や“pc”、“printer”などの名称は直感的に理解しやすいので多くのユーザが使用することが考えられる。ユーザ A とユーザ B の名前空間は独立であるので、両ユーザが自分の PC に“pc”というデバイス名を付けても問題とならず、それぞれ異なる PC のアドレスをバインドすることができる。ただし、これは PN レイヤについてであり、IP レイヤでは FQDN (Fully Qualified Domain Name, ドメイン名も含めた名前)のレベルで独立である必要がある。つまり、ユーザ A とユーザ B が同一ドメインに所属し、それぞれ自分の PC を他者からのアクセスを受け入れるように公開する場合、それぞれの PC に対して重複しない名前をつける必要がある。

3.2. PNS の役割

NNS サーバは、DNS 本来の機能を有する基本部分と、NNS のための追加機能を実装した拡張部分の組み合わせによって構成される。拡張部分を使用しなければ既存の DNS サーバと同様の振る舞いができる。一時にインターネット上のすべての DNS サーバを NNS サーバに置き換えることは現実的に不可能であるので、段階的な移行を考えたときにもこの構成は有効である。

この NNS サーバは、現在の DNS サーバと同様に階層的に配置されることを想定している。それに加え、各 P-PAN/cluster 中に一つずつ、最低限の機能を有する NNS サブセットをサーバとして配置する必要がある。

図2に示した、Home Name Server (HNS)、Foreign Name Server (FNS)、Personal Name Server (PNS) の3つは役割によって特に呼び分けを行っているに過ぎず、いずれも NNS サーバ(及びそのサブセット)である。以下では、これら3種の役割について詳細を述べる。

3.2.1. P-PAN/cluster 内の通信

基本的に、全てのデバイスが NNS のサブセットである小さなプログラムを有することを前提としている。P-PAN/cluster 中の比較的资源が豊かなデバイス(例えば PC や携帯電話端末)を一台選んでそのデバイスをサーバとして機能させ、その他のデバイス上ではクライアントとして動作させる。特に、このサーバとして動作するデバイスを PNS と呼ぶ。図3に、P-PAN/cluster 内での PNS とクライアント間のメッセージフローを示す。

PNS は、P-PAN/cluster 中でいわゆるマスターノードとして機能する。PNS は、自分の P-PAN/cluster 中に定期的

に広告パケット(advertisement)をブロードキャストし、他のデバイスに自分の存在を伝える。この広告パケットには、その P-PAN/cluster 固有の ID 情報(cluster_name)を含める。この cluster_name は手動で設定される(例えば“home”や“office”などのユーザが理解しやすいもの)のが好ましい。

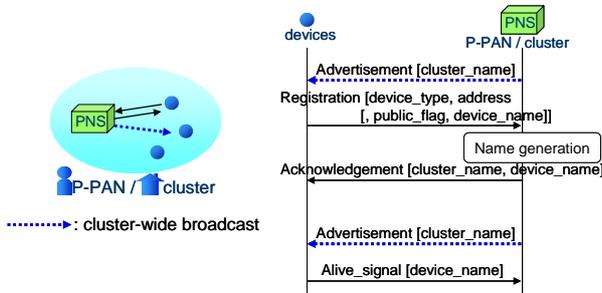


図 3 P-PAN/cluster 内でのメッセージフロー

一方、PNS にならなかったデバイスは、クライアント機能によって自分の情報を PNS に登録する。クライアントは、自分がどの P-PAN/cluster に存在しているかを PNS がブロードキャストした cluster_name から把握する。電源投入直後など、まだどの PNS にも登録されていない場合や、デバイスが新しい P-PAN/cluster に移動したことを検出した場合、クライアントソフトは PNS に対して登録(registration)パケットを送信する。この登録パケットには、(1)デバイスの種類と(2)IP アドレスが含まれていなければならない。また、ユーザがそのデバイスを他者に対して公開したい場合は(3)デバイス公開フラグを、また多数のデバイスがネットワークにつながるので、デバイスの名前は自動付与されるのが利便性の点で好ましいが、ユーザが任意の名前を付与したい場合は(4)デバイス名を明示しても良い。(1)(2)は必須であり、(3)(4)はオプションであるが、(3)の公開フラグが on の場合は、デバイス名の一意性を確保するために(4)のデバイス名の設定も必須となる。なお、一度 PNS に登録を行ったクライアントは、変更や移動が無い限り低い頻度で PNS に対して周期的に通知(alive signal)を行う。

このような手順で、PNS はその P-PAN/cluster 中の全てのデバイスについて情報を得る。得た情報のうち、(4)の任意の名前が設定されていないデバイスに対しては名前の自動生成を行う。収集した(1)デバイスの種類の情報と cluster_name を利用して、

device_type[serial_number].cluster_name といった書式での名前の生成が一例として考えられる。具体的には、“tv01.livingroom”や、“printer03.office”といった名前が生成される。デバイスの種類と場所の情報を含むので、ユーザにとって理解しやすい名前が得られるだろう。なお、シリアル番号は同種のデバイスが P-PAN/cluster 内に存在したときに名前が

重複するのを回避するためのものであり、名前の重複が無い場合は必須ではない。“tv01”と“tv02”のようにシリアル番号で重複を回避した場合、“tv01”が 2 台のテレビのうちどちらを指すのかを認識するのは難しい。サービス発見機能やコンテキスト管理技術などと連携してより詳細なデバイス情報を得て、メーカー名やディスプレイの大きさなど、2 台間で差異のある部分を名前に組み込めるとより良いであろう。

以上の過程で得られたデバイスの名前とアドレスの binding リストは、PNS によって一定期間記憶される。この一定期間内にデバイスから周期的に送られてくるべき alive signal を受け取れなかったとき、PNS はそのデバイスが移動したかアクティブではなくなった(例えばバッテリーが切れた)と判断し、リストから抹消する。

3.2.2. PN レイヤの通信

このようにして PNS に集められたデバイスの情報は、ユーザ自身が利用するために PN レイヤ中の各 PNS 間で共有される。図 4 にこの PNS 間で情報共有する時のメッセージフローを示す。

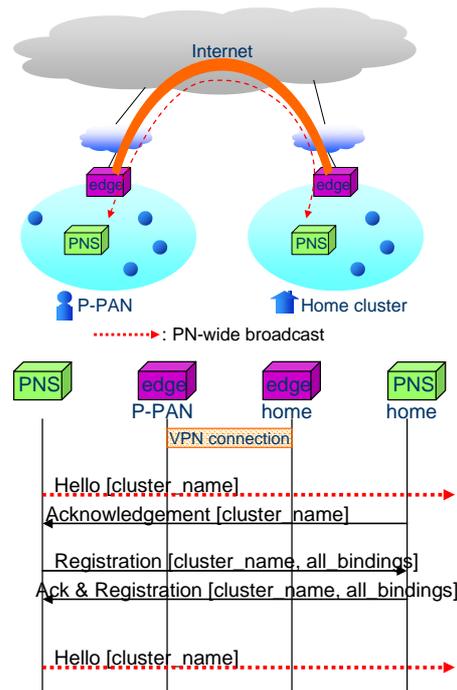


図 4 PN レイヤのためのメッセージフロー

PN レイヤ及び PN レイヤが構成する名前空間はフラットな構成をとっているため、各 PNS は対等な関係となる。よって、PN レイヤのネーミング方式とは、各 PNS が持っているデバイスの情報をどのようにして共有するか、と言い換えることができる。

本検討では、各 PNS が所有する情報を他の PNS との間であらかじめ交換しておく proactive 方式を採用している。

各 PNS は、他の PNS を探すために定期的に PN 全体に広告パケット(hello packet)をブロードキャストする。この時、この広告パケットには自分の P-PAN/cluster 固有の ID(cluster_name)を付加して送信する。このブロードキャストを受け取った他の PNS は、受け取った cluster_name が既知か未知かを確認する。未知であった場合、その P-PAN/cluster のデバイス情報をまだ知らないということであるので、相互にデバイス情報を交換しなくてはならない。そこで、ブロードキャストを受け取った PNS は、送信側 PNS に対して応答パケット(acknowledgement)を送信する。このとき、応答パケットに cluster_name を付加する。こうして双方の cluster_name の交換をした後に、互いの PNS が持つ、自分の P-PAN/cluster 下に存在するデバイスの情報を交換する。

このような手順を全 PNS 間で行うことで、各 PNS が完全な名前空間情報を有することができる。つまり、各 PNS は全てのクエリに対して自力でリゾルブ可能となり、他の PNS などにクエリを転送する必要はなくなる。

名前空間の交換が終わった後に、ある P-PAN/cluster に新しいデバイスが接続されるなどデバイス情報が更新された場合、その P-PAN/cluster の PNS は情報交換を行った全ての PNS に対して即座にユニキャスト(もしくは可能であればマルチキャスト)でその変更差分を送り、各 PNS が常に最新の情報を有するように維持する。

各 PNS 中では、交換したデバイス情報に cluster_name とタイマ情報を付加して記憶される。各 PNS は、前述のように定期的に hello パケットをブロードキャストしているので、このブロードキャストが一定時間(タイマの設定値)中に受信できなかった場合、該当する P-PAN/cluster に存在する(していた)デバイスの情報は破棄される。

本稿では proactive 方式を利用しているが、クエリの発生が少ない環境においては reactive 方式の方が通信効率が良くなる可能性もある。この場合の reactive 方式とは hello パケットで相手を知ってもデバイス情報の交換は行わず、クエリが来たときにそれを他の PNS に転送を行ってリゾルブする方式を指す。本稿で提案したような名前の自動生成を行う場合、例えば“tv01.livingroom”というデバイス名に対するクエリが来た場合、このクエリは“livingroom”クラスターに問い合わせるとリゾルブ可能であることが明確であるため、高い通信効率を期待できる。

しかし、この方式には難点がある。例えば、自宅で“camera02.home”という名前を与えられたデジタルカメラを持ち会社に向かったとき、前述のように名前的一部分からクエリ転送先 P-PAN/cluster を決定する場合、ユーザが運んでいる最中は“camera02.p-pan”に、会社に着いてユーザの手から離れたときには“camera02.office”というように、移動と共に名前を変

化させていかななくてはならない。これでは、デバイス名が持つポイントとしての役割が薄れてしまうため、好ましい方式とは言えない。

3.3. HNS / FNS の役割と IP レイヤの通信

IP レイヤの名前空間は、既存の DNS が構成する名前空間と同じく階層構造を有している。全てのデバイスは特定のドメインに所属することで分散管理を可能としていると共に、名前自身に階層構造を含むので、反復検索(iterative query)によってそのデバイスの所属ドメインのネームサーバまで到達できるという特徴を有する。

現状では、DNS に登録されているインターネット上のデバイスの大半は固定的であり、ほとんど変化しない。ダイヤルアップのユーザなど、割り当てられる IP アドレスが動的に変化するユーザのために、DNS の登録を動的に更新できる仕組み[5]も提案・実装されているが、想定している更新の頻度はそれほど高くない。

一方、次世代ネットワークは携帯電話サービスのような高いモビリティを持つものも収容していかなくてはならない。ネットワークへの接続点を変えながら高速移動していく場合、そのデバイスの IP アドレスを頻繁に更新され、ネームサーバにも頻繁な更新を行うことになるだろう。そのような頻繁な binding の更新にも耐えうるようなネーミング方式が求められる。

NNS の IP レイヤに登録するデバイスは全てのユーザが参照可能となるので、必要最低限のデバイス、すなわち他者からのアクセスを許可するデバイスのみ登録すべきである。そのため、3.2.1 節で述べたように、NNS クライアントソフトにて「デバイス公開フラグ」を on にセットされたデバイスのみが登録される。

公開フラグが on のデバイスは、ユーザにより固有の名前を設定されていなくてはならない(例えば“pc01”)。ユーザの、いわゆるホームネットワークのドメイン名(例えば“nict.go.jp”)と合わせて、そのデバイス固有の FQDN (この例の場合は“pc01.nict.go.jp”)が得られる。つまり、誰かがこの“pc01.nict.go.jp”にアクセスしようとするとき、そのユーザは nict.go.jp ドメインのネームサーバに記録されている情報からリゾルブすることになる。この、ユーザのホームネットワークのドメインを管理する NNS サーバを特に Home Name Server (HNS)と呼ぶ。図5に IP レイヤのネームサーバと名前空間の構成を示す。

デバイスの IP アドレスが変更になったとき、PNS は HNS に最新のアドレス情報を送信することで、HNS に記録されている binding を更新する。しかし、HNS と PNS がネットワーク的に遠い場合や、P-PAN とインターネット間をつなぐ回線の通信速度が遅い場合、頻繁に binding

更新を行うとデータ転送に使うべき帯域までこの更新で占有してしまうことにもなりかねず、工夫が必要となる。

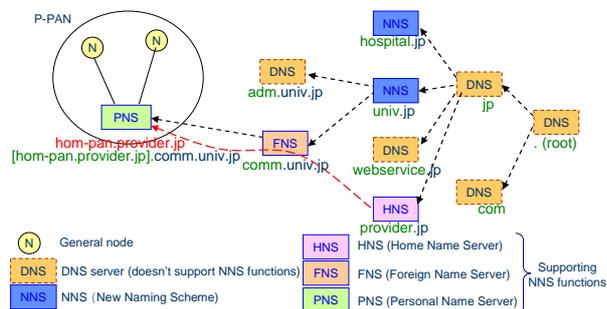


図 5 IP レイヤのサーバと名前空間の構成

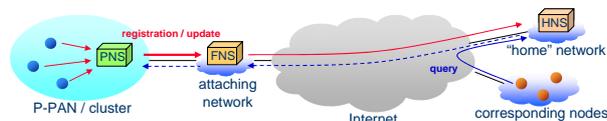


図 6 3 種のサーバ間の連携

そこで、P-PAN/cluster が接続しているネットワーク (attaching network) の NNS サーバに協力を仰ぐ。この、NNS サーバを Foreign Name Server (FNS) と呼ぶ。本来の PNS と HNS 間で binding 更新を行う代わりに、PNS と FNS 間で binding 更新を行う。合わせて、HNS と FNS 間の連携も必要となる。FNS は、自分のアドレスと、自分が代理でアップデートを受け取っている P-PAN/cluster 中のデバイス名を HNS に通知する(図 6 赤矢印)。

一方、公開デバイスにアクセスしたいユーザ (corresponding nodes) は、iterative query により HNS まで到達できる。このクエリを FNS に届けるために、HNS は次に参照すべきネームサーバとして FNS の IP アドレスを通知することで、corresponding node にもう一段階の iterative query を起こさせる。

図 5 の例でいうと、hom-pan.provider.jp というデバイスにアクセスするために、corresponding node は HNS である provider.jp のネームサーバまで到達する。HNS はデバイスのアドレスを返す代わりに、FNS である現在 P-PAN が接続している comm.univ.jp ドメインのネームサーバにアクセスするように促す。この FNS が実際の hom-pan.provider.jp のアドレスをリゾルブする。

図 5 に示したように、IP レイヤのネームサーバ構成は DNS サーバが混在していてもまったく問題はない。最低限、ホームネットワークの HNS と P-PAN/cluster 中の PNS が存在すればそれだけで動作可能であり、corresponding

node が NNS をサポートしている必要すらない。corresponding node から見たとき、HNS や FNS に対して送信するクエリも、受け取る応答も完全に DNS サーバに対する問い合わせのプロセスと同一であるためである。DNS と NNS IP レイヤの差異は、HNS - FNS - PNS 間のアップデートの仕組みと、FNS 介在時の iterative process (HNS - FNS) の一段追加のみである。

4. まとめと今後の課題

2 つのレイヤをもつネーミング方式に関する検討を行った。パーソナル用途の PN レイヤでは、ユーザごとの名前空間を用意したりデバイス名の自動生成機能を有するなど、ユーザの利便性の確保を主眼にしている一方、パブリック用途の IP レイヤでは既存技術である DNS と高い互換性を持つと同時に、セキュリティの観点から最低限の開示に留めるようにデザインした。

今後は、提案手法の実装を行い実効性とスケーラビリティについて評価を行いたい。また、現状では扱っていない複数ユーザの PN 間の連携 (PN Federation[1]) や、複数人で共有するデバイス、街角でアクセスができる KIOSK 端末のようなものをどのように扱っていくかを検討し、必要に応じて提案手法の修正・拡張を施していきたい。

About MAGNET/MAGNET Beyond

MAGNET - My personal Adaptive Global NET - is a worldwide R&D project within Mobile & Wireless Communication beyond 3G. MAGNET will introduce new technologies, systems, and applications that are at the same time user-centric and secure. MAGNET will develop user-centric business model concepts for secure Personal Networks in multi-network, multi-device, and multi-user environments. The MAGNET consortium contains 37 partners from 17 countries, combining highly acknowledged Industrial Partners, Universities, and Research Centres.

MAGNET: FP6-IST-IP-507102.

MAGNET Beyond: FP6-IST-IP-027396.

参考文献

- [1] IST-MAGNET consortium, *IST-MAGNET / MAGNET Beyond project webpage*, <http://www.ist-magnet.org/>
- [2] W. Adjie-Winoto, et al., 'The design and implementation of an intentional naming system,' *Proc. of ACM SOS'99*, pp. 186 - 201, Dec. 1999.
- [3] P. Mockapetris, 'DOMAIN NAMES - CONCEPTS AND FACILITIES,' IETF RFC 1034, Nov. 1987.
- [4] International Telecommunication Union, *Next Generation Network Global Standards Initiative (NGN-GSI) webpage*, <http://www.itu.int/ITU-T/ngn/index.phtml>
- [5] P. Vixie, et al., 'Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE),' IETF RFC 2136, Apr. 1997.