

## ユービキタスイタネット構築技術の提案

柳生 理子\* 齋藤 正史\*

\*三菱電機（株）情報技術総合研究所

我々は、HotSpotを用いてブロードバンドを経由することにより、様々な端末からの、高速かつシームレスなモバイル通信の実現を目的としたユービキタスイタネット環境を実現するための、モバイルゲートウェイの研究を行っている。本稿においては、TCPトンネリングを用いたトランスポート層の通信の公平性への提案を行う。

A Study to construct Ubiquitous Internet Environment

Riko Yagiu \* Masashi Saito\*

\*Mitsubishi Electric Corp. Information Technology R & D Center

We are researching technologies for a mobile gateway which translates data from various kinds of mobile terminal at a high speed and seamlessly on Hot-Spot for ubiquitous Internet. Our approach gives solutions, for fairness communications between parallel communications include UDP and TCP and to make the handovers smooth with capsulation to TCP.

### 1 はじめに

通信インフラの整備・高速化とともに、様々なサービスが増加し、携帯電話・PDAなど、携帯情報端末によるインターネット接続が進んでいる[1]。また、カーナビゲーションシステムの普及に伴い、インターネットやGPSとの連携を行い、外部からのリアルタイムな情報を取り込むシステム[2]やこれらを搭載した車種が市場に幾つも登場してきている。さらに、電車の車内やファーストフード店などの特定の公衆的な場所において、インターネットアクセスなどの通信サービスの提供も徐々に始まってきており、無線を介した様々な端末がインターネットアクセスを通して情報処理が可能になる環境（ユービキタスイタネット環境）が実現されつつある[3]。IPv6の普及により、通信可能な端末の種類・数は共に格段に増加し、この流れはさらに加速され、同時にアクセス方法、場所、目的、情報の種類なども、多様化してゆることが予想される。

本稿では、このようなユービキタスイタネット社会の展望を予測し、ユビキタス環境にお

ける課題を洗い出し、より効果的に活用するための技術を提案する。

### 2 ユービキタスイタネットの展望

#### 2.1 モバイル端末によるインターネットアクセス

以下に示す背景により、モバイル端末を用いた無線通信によるインターネットアクセスサービスは急速に普及が進んでいる。

- ADSL, CATV, FTTH などによるブロードバンドの普及
- 携帯電話などによる無線を利用したインターネットサービスの普及による携帯型情報機器からのインターネットアクセス（モバイルインターネット）の定着
- コンピュータ製品の低価格化とユーザインタフェースの向上による、一般家庭への浸透

図1は、モバイル端末を中心としたインターネットアクセス環境における、典型的な使用例を示したものである。通信に用いるモバイル端末

とは、ノート型パソコンなどのモバイル PC, PDA, 携帯電話などのモバイル通信機器, およびカーナビゲーションシステムと連動した車載機器などである。

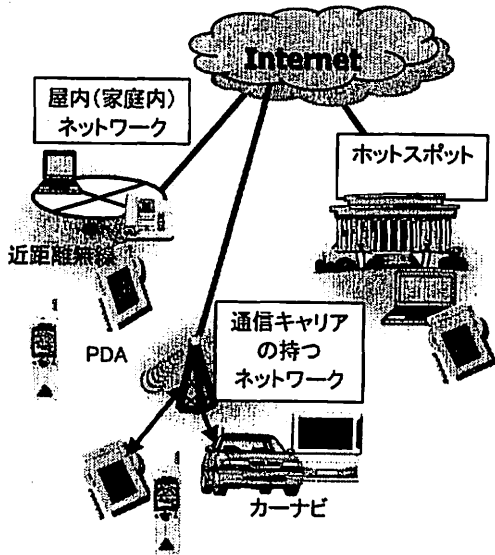


図 2 モバイルインターネット環境

図 1 に示すように現在, モバイルインターネット環境は概ね, 特定の店内や街中のアクセスポイントなどを利用した「HotSpot サービス」, 携帯電話を中心とする「通信キャリアの持つネットワークを介したインターネットアクセス」, 家庭内における「情報家電」を用いた機器間接続によるホームネットワーク接続, の 3 つに分類される。以下, それぞれについて説明する。

### 2.1.1 HotSpot 経由による無線インターネットアクセス

ユービキタスインターネット環境において重要な役割を果たすものとして, HotSpot がある。ユービキタスインターネットにおける, HotSpot とは, 一般に, 図 2 に示すように, 無線 LAN 経由でブロードバンド接続が可能な空間を示す。HotSpot においては, カフェ, ホテル, コンビニエンスストアなどの公衆エリアに設置されたモバイルゲートウェイ (モバイル GW) を介し, 無線 LAN 対応の PC や PDA からのブロードバンドアクセスサービスを提供するものが多い見

られる。ファーストフード店, レストラン, 車両などにおいて, 一部のサービスが始まっている。提供されているサービスとしては, 以下がある。

- WWW へのアクセス
- ISP メールへのアクセス
- 企業ネットワークなどへのアクセス

現時点では, ビジネススペースのものよりも, 地域を限定した実証実験段階のものが多い見

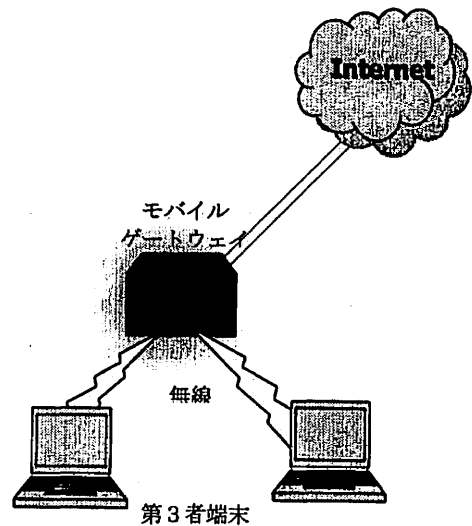


図 1 無線インターネットアクセス

受けられる。

### 2.1.2 通信キャリア経由インターネットアクセス

インターネットを急速に普及させた大きな要因として, 携帯電話を中心とした通信キャリアの持つネットワークを経由したインターネットアクセスがある。また現在, この延長線上で, 自動車メーカーも各社も, 携帯電話によるインターネットアクセスを特徴とした車種の販売を開



図 3 インターネットアクセス携帯電話とカーナビゲーション端末

始している。さらにこの流れは、ブロードバンドの普及に伴い、通信キャリアに対し、無線 LAN 経由の携帯電話を中心とした通信端末によるインターネットアクセスサービスの検討を促している。

### 2.1.3 情報家電

家庭内においては、従来の「家庭用情報機器」とは異なる意味合いを持つ「情報家電」の出現がある。情報家電としては AV 機器や冷蔵庫、洗濯機など所謂白物家電が中心である。

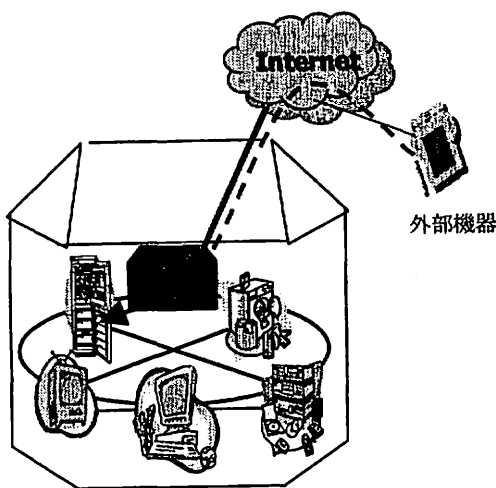


図 4 インターネット経由による情報家電アクセス

図 4 に示すように、この「情報家電」は「機器間の相互接続が可能」という点を大きな特徴とし、これらの連携により構築された「ホームネットワーク」に対し、STB 等を通じて戸外の携帯電話、ノートパソコン等からアクセスし、外部からの機器制御が可能となってきた [4]。

## 3 ユービキタスインターネットの課題

上述してきたようなユービキタス環境における、インターネットアクセスをより円滑に普及させてゆくためには幾つかの課題があるが、今回はモバイル無線環境とトランスポート層の通信にのみ問題を特化することとした。

### 3.1 HotSpot 経由での無線によるインターネットアクセスの課題

無線 LAN を経由したモバイルインターネットアクセス時には、無線通信特有の課題に加え、HotSpot 経由時の課題がある。具体的には、以下の課題がある。

#### 1. 無線特有の課題

無線特有の問題として、バーストエラーの多発が挙げられる。特に、TCP 通信を行う際にはバーストエラーおよび遅延による影響は大きくなる。HotSpot においては近距離無線を用いるため、遅延の問題は発生しないが、バーストエラーによる著しい性能の劣化が起こりうる [5]。

#### 2. 複数通信の公平性への課題

複数の通信を並行して行う、あるいは中継する場合、トランスポート層のプロトコルの違いより著しいスループットの差異が発生する可能性がある。これは、TCP が輻輳を考慮し ACK の受信間隔に従い、送信スピードの抑制を行うのに対し UDP はスループットの制御は一切行わないことに起因する。従って、一つの回線上で、TCP と UDP が混在した通信を並行して行う場合、TCP のスループットのみが著しく低下し、通信の公平性の上で問題となる場合が出てくる。このため、データリンク層での対応 [6] を含め、様々なアプローチがなされてきている。

#### 3. HotSpot と関連した課題

HotSpot とは「近くに行くと高速アクセスが可能な場所」である。これは、逆の視点から見ると、「近くに行かないと使えない場所」であり、単独では通信の携帯性とシームレス性からみるとマイナス面にもなりうる。現在の HotSpot サービスは、アクセス可能な個所の数および地域が限定されており携帯性、移動性はあまり重要視されていないが、近い将来、一般家庭のブロードバンド回線を利用した HotSpot が実現されれば、HotSpot 同士の連携およびローミングを用い、ユービ

キタスイタネットの「どこでも」というコンセプトを実現するシームレスなサービスの出現の可能性もある。こうした連携を行う際の連携先へのルーティングの切り替え時には、ハンドオーバーによる通信の遮断の解消が不可欠である。HotSpot の場合は、近距離無線を用いる事が多いため、ハンドオーバー処理が多発する。従って、この問題の解決無しには、ブロードバンドでかつシームレスな移動性の確保は実現不可能である。

さらにまた、家庭など他者の契約する回線を経由する場合、第三者の回線使用によるトラフィックが、回線の所有者の通信性能を劣化させる事を、避けるレート制御が必要となる。

### 3.2 モバイル端末でのインターネットアクセスの課題

モバイル端末を用いた通信を行う上で最も重要な事柄の一つとして、アドレス割り当てとモバイル端末の位置の特定および移動に伴う経路ゲートウェイの変更の問題がある。アドレス割り当ての問題は、モバイル IPv6 により解消可能であるが、モバイル IPv6 の導入はヘッダ長増大によるオーバーヘッドという新たな問題を引き起こす可能性もある[9]。

また、モバイル端末の位置の把握は、携帯電話と同様に端末側からの位置のブロードキャストとサブネット間のローミングでも実現可能であるが、不必要な管理情報がブロードキャストされ、またプライバシーやセキュリティ上の問題[10]もあり、管理情報の流通は最小限に押さえる事も考慮する必要がある。

## 4 公平なレート制御への提案

次に上述の課題に対する我々のアプローチについて述べる。今回の提案は、近い将来ブロードバンドが普及し、一般家庭なども含め、HotSpot となりうるブロードバンド接続拠点が密に存在するようになるとの仮定の上で、

HotSpot 同士の連携によりシームレスなモバイル・ブロードバンド通信を可能とするためのモバイルゲートウェイに適応するための技術である。ここでいうモバイルゲートウェイとは、図 2 に示した環境におけるものと同様に、HotSpot に設置され一時的な利用者を受け入れ可能なモバイル端末とブロードバンド回線で接続された ISP ゲートウェイ (ISPGW)<sup>1</sup> のみとの間の通信を中継するためのものである。

先に述べたように、HotSpot を用いた環境においては様々な課題が考えられるが、今回は、トランスポート層における一解の提案として、以下に関するものに焦点を絞ることとした。

- ・ 回線の所有者の通信に配慮したレート制御
- ・ トランスポート層のプロトコルの相違による通信の公平性の改善

### 4.1 レート制御の公平性に対するポリシー

レート制御に関する研究は、様々なアプローチがなされているが、TDMA を用いた手法など、下位層における解が多い。これらは、“公平な通信とは、並行して行われる各々のコネクションのスループットが均一であること”とする公平性に対するポリシーに基づくものである。一方、あるユーザが行う通信が、複数のコネクションを同時に張り、あるコネクションを用いて制御を行いながら、別なデータの送受信を送るという形態のアプリケーションも数多くある。一人のユーザが一つの目的（あるいはアプリケーション）に対し用いる複数のコネクション間のスループットが等しくなるように、バンド幅を分配するという考え方も出来る。

今回は、HotSpot を経由し、回線所有者の通信を侵害しない範囲内において、オーナー以外の複数の“外部ユーザ”が回線を公平に共有すること、を公平性に対するポリシーとした提案を行う。なお、今回は同一ユーザ=同一 IP を持つ

<sup>1</sup> 以後、HotSpot のオーナーが加入している ISP ゲートウェイを例に説明を行う

ものと定義することとする。従って、以下の2点を主軸とした方式の提案を行うこととする。

- ・ 外部ユーザによる通信が、回線の所有者の通信に影響をおよぼす量に達することを避けるために、外部ユーザの通信レートに対する瞬時の、劇的な減少
- ・ 回線所有者の通信を妨げない範囲内における外部ユーザ間におけるレートの公平性の実現

#### 4.2 TCP トンネリングによる通信レートの公平性の改善

トランスポート層のプロトコルとして、現在最も多く利用されているのはUDPとTCPの二つのプロトコルである。UDPはコネクション管理を行わず、信頼性に欠けるが高速通信やマルチキャストに適しており、TCPはコネクション指向の信頼性のあるストリーム型の通信を特徴としている。UDPとTCPはそれぞれ長所と欠点を持つ。例えば、一つの回線上で、UDPとTCPの通信が混在している場合、TCPのスループットのみ著しく劣化するという問題が発生する。また、第三者端末のUDP通信パケットが大量に流れ、回線の所有者が行う通信が阻害される可能性がある。とりわけ、TCP通信においては極端にレートの低下が発生する。

この問題に対し、我々が提案するアプローチは、図5に示すような環境において、モバイルGWとISPゲートウェイ間における通信のTCPへのカプセル化によるTCPトンネリングおよび、ACKの受信速度の監視と調節を用い、第三者端末からの通信のレートを抑制しつつ、この区間の第三者端末による通信間の公平なレート制御を実現しようとするものである。これによりTCP機能を利用し、同時にUDPを含む全てのデータに対するACKを付与する事により、ACKの受信間隔を利用したレート制御を行う。このためモバイルGWおよびISPGW双方にTCPカプセル化/デカプセル化機能を持たせる。

これらにより例えば、第三者端末よりUDPデ

ータ送信要求を受け取ったモバイルGWは、転

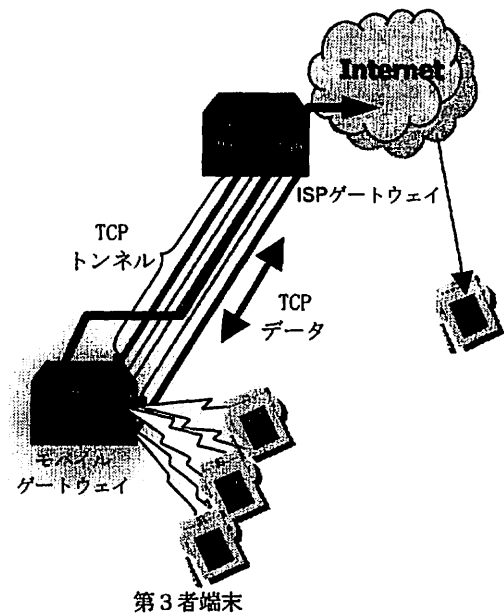


図5 公平性改善のためのシステムモデル

送するのUDPパケットを宛先アドレスにISPGWを設定したTCPパケットにカプセル化し、転送する。このとき、ユーザデータとカプセル化のためのカプセル化の識別フラグを添付し、ISPGWにおいてカプセル化の判定を容易にする。

一方、自身の持つアドレス宛のパケットを受信したISPGWは、TCPにカプセル化されたUDPパケットか否かに応じた対応を行う。カプセル化されたパケットを受信したISPGWは、受信パケットのデカプセル化を行い、宛先へ転送を行う。その後カプセル化された(UDP)パケットに対しては、カプセル化して来たTCPパケットに対するACKを作成する。この際、TCPとUDPのスループットの違いを加味し、ACKの受信能力到達ウィンドウサイズの設定を行いUDPの送信レートの調節を行う。

さらに、TCPに変換されたデータを受信したモバイルGWは、TCPからデカプセル化を行う。パケットの受信タイミングを計測し、UDPとTCPの種別ごとにRTT(Round Trip Time)に関するデータとして蓄積する。その後、UDPパケットはACKとして破棄し、TCPパケットは第三者端

末の TCP の RTT およびスループットを調節するために、バッファリングしつつ、転送を行う。このスループットの調節のため、回線所有者の帯域確保を考慮し、スレッシユホールドを設ける。TCP に関しては、臨界を越えた時点で、タイムアウトを起こすために ACK の転送を中断するなどの操作を行い、UDP に関しては直ちに送信を停止するなどの操作を行い、回線所有者の通信への帯域確保を行う。この際、どの接続のレートを下げるかに関しては、IP ベースでの判断を行う。

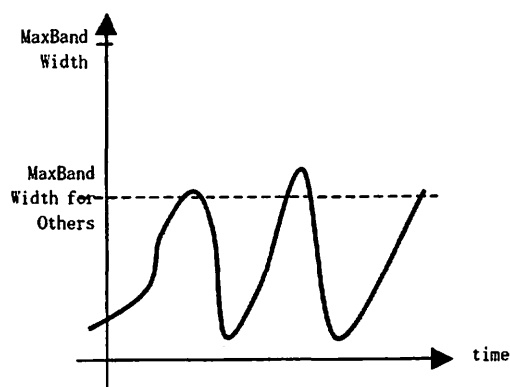


図 6

この様に TCP の ACK を用いたレート制御を行うことにより、図 6 に示すように変動するレートの実現される。

## 5 まとめと今後の課題

我々は、HotSpot を中心としたブロードバンド経由による、ユービキタスインターネット環境における、様々な端末からの、公平、高速かつシームレスなモバイル通信の実現を目的とした、モバイルゲートウェイの研究を行っている。今回、TCP によるカプセリングを用いたトランスポート層における通信の公平性の実現への提案を行った。既存の技術として、IP アドレス、データ型あるいはアプリケーションを考慮したインターネット上の通信の最適化を図る技術、および TCP トンネリングを用いた技術として、様々なものが提案されている。今回の提案は、同様の要素技術を用いた、単純な方法

による劇的な効果を狙うものである。今後、適切な ACK 転送間隔や TO 値を探り、モバイルゲートウェイとして仕様を固め、S/W シミュレータを用いた性能および他の方法との比較検証を行ってゆく予定である。

### Reference

- [1] 阪田他：モバイルインターネットの展望，情報処理 42 巻 12 号，2001
- [2] 植原他：特集 インターネットと自動車，情報処理 43 巻 4 号，2002
- [3] 青山他：特集 ユビキタスコンピューティング世界を実現する革新的ネットワーク技術，情報処理 43 巻 6 号，2002
- [4] 特許庁技術調査課：情報機器・家電ネットワーク制御に関する技術動向調査，  
<http://www.jpo.go.jp/techno/pdf/kaden.pdf>
- [5] 村上他：ミリ波通信における遮蔽特性対策に関する考察，研究報告「モバイルコンピューティングとワイヤレス通信」，No. 017-011，2001
- [6] 宮林他，“TCP データ通信との公平性を考慮した輻輳適応型レート制御による動画通信の実装”，電子情報通信学会 技術研究報告 (CQ2000-35)，pp. 73-78，July 2000.
- [7] 柳生他：高伝送遅延回線における速度性能劣化の改善，電子情報通信学会 2001 年 ソサエティ大会，B-8-13
- [8] 柳生他：TCP 輻輳制御緩和技術の開発と検証，情処学会 DPS106-39，2002
- [9] 松本他：移動透過性とマルチホーミングを実現するネットワークアーキテクチャ LIN6 のための API 設計，情報処理学会第 64 回全国大会，5K-05
- [10] 清水他：無線ホットスポットサービスのセキュリティ，情報処理学会 DPS107-1，2002
- [11] R. Stewart 他，Stream Control Transmission Protocol，RFC2960，Oct. 2000