

IP-VPN と無線 LAN を用いた Wireless over IP システムの拡張と その信号品質評価実験

大槻英知 谷本和也 山本倫久 藤井伸幸 塚本勝俊 小牧省三

大阪大学工学研究科通信工学専攻
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1
Tel. 06-6879-7717, Fax. 06-6879-7715

E-mail: otsuki@roms.comm.eng.osaka-u.ac.jp

あらまし IP ネットワークに無線基地局を直結してワイヤレスアクセスポイントを簡単に遍在化させ有線と無線サービスを IP 統合化する WoIP (Wireless over IP) ネットワークは、自営系電波を利用した無線サービスの自由なオープン運用を可能とし、利用者の利便性に大きく寄与できる。本報告では、IEEE802.11b 準拠の無線 LAN により任意の場所に IP ネットワークを拡張することで、WoIP システムを地理的に拡張している。また、IP-VPN 技術を用いて WoIP システムの IP アドレスを拡張する。以上のように QoS 保証のないベストエフォート形態での LAN 拡張を用いた WoIP 拡張の実証実験を行い、音声通話品質と RTT 値の測定を行ったので報告する。

キーワード Wireless Over IP (WoIP), IP ネットワーク, 自営系電波, 無線 LAN, IP-VPN

Service Area Expansion using IP-VPN and Wireless LAN for Wireless over IP Networks and Experimental Evaluation of Its Signal Quality

Hideaki OTSUKI Kazuya TANIMOTO Tomohisa YAMAMOTO Nobuyuki FUJII

Katsutoshi TSUKAMOTO Shozo KOMAKI

Dept. of Communications Engineering, Fac. of Engineering, Osaka University
2-1, Yamada-oka, Suita-shi, Osaka, 565-0871, Japan

Tel. 06-6879-7717, Fax. 06-6879-7715

E-mail: otsuki@roms.comm.eng.osaka-u.ac.jp

Abstract WoIP (Wireless over IP) network is constructed with integration of IP backbone network and wireless access system, where wireless access points are directly equipped with IP network and distributed ubiquitously. WoIP enables us to realize the open operation of various types of wireless service by using private radio frequency like ISM band. This paper experimentally demonstrates the service area expansion of WoIP network. According with users demand, IP-VPN techniques can expand IP address for the WoIP network, and wireless LAN techniques can geographically expand WoIP service area to anywhere which has no IP access point. This paper also shows some experimental results of MOS for voice quality and RTT in expanding WoIP by use of best effort type LAN expansion without any QoS guarantee.

Keyword Wireless Over IP (WoIP), IPNetwork, Private Radio, Wireless LAN, IP-VPN

1. まえがき

デファクトスタンダードである TCP/IP を基盤とした有線系 IP ネットワークの整備が急速に進みつつある。これはインターネット機器の価格低下をもたらすと共に、ユーザに市販の機器で簡単にネットワークを構築できる環境をもたらしている。また、ADSL や CATV, FTTH サービスなどのフラットレートでの提供は、各一般家庭へのブロードバンド IP アクセス手段の導入を加速しており、ますます一般ユーザにとって身近なものとなるべく、社会の隅々まで浸透しつつある。一方、ユーザの場所と状況という制限を取り外すことのできる無線アクセスは、移動通信、FWA、ホットスポットアクセス、無線 LAN 等の様々な形態で利用者が直にアクセスするサービスとして展開されつつあり、これも音声、データや画像といった種々のコンテンツを扱えるインターネットアクセスインフラとして急成長をしつつある。これらの中では、免許が不要でユーザが自由に使用でき、共用波運用技術により電波形式の自由度の高い使用が可能な自営系電波が重要な役割を果たしており、適用先である構内 PHS (Personal Handphone System) や Bluetooth, Wireless LAN (IEEE802.11a, b), などのように、今後一層、その利用形態は多様化していくものと考えられる。

さて、伝統的な回線交換を基本とした電話網も上記の IP ネットワークをバックボーンネットワークとして利用する方向に進んでおり、VoIP 技術の導入が着実に進んでいる状況である。すなわち、VoIP は、音声通信というアプリケーションサービスを低コストで構築できる IP ネットワークを基盤にして提供していくというコンセプトとしても捉えることができる。同様に、様々なワイアレスアクセスサービスも、ユーザにとってのアプリケーションサービスと捉えれば、既に様々なところで利用可能になっている IP ネットワークに無線基地局を直結してアクセスポイントを遍在化させるという考え方が、種々登場してくる無線アクセスサービスと有線 IP ネットワークを融合する方法として有効となってくる。

このような有線 IP 系と無線サービスの IP 統合化を筆者らは、WoIP (Wireless over IP) ネットワークと呼び、これにより自営系電波と有線フラットレートアクセスサービスを総合して利用して、無線サービスのオープン運用を可能とすれば、様々な希望を持ちつつ、様々な形態で利用する利用者の利便性に大きく寄与できるものと考えている [1]-[5]。これまで、このような WoIP の実証の一環として LAN 接続型構内 PHS システム [6] を用いた PHS over IP について、大阪大学内、他大学、他機関との間で、ローミング接続する広域構内 PHS ネットワークを構築し、IP ネットワークを介

して PHS 音声及び PIAFS データ伝送の実験を行ってきており、実用上、問題のない音声品質の実証などをやってきた [2][4]。

この WoIP の利点は、ユーザが必要とする場所に IP 接続できる環境があれば迅速に無線アクセス環境を構築できることにある。例えば、イベント会場、会議場などで一時的な無線アクセスポイントを構築でき、PHS 内線通話などのワイアレスアクセスサービスを簡単に提供できる。しかし、IP ネットワークの整備されていない場所での構築はもちろん困難であり、また、IPv4 の利用を前提とした場合には、一時的とはいえグローバル IP アドレスの確保に現状では大きな制約がある。そこで今回、IEEE802.11b 準拠の無線 LAN により任意の場所に IP ネットワークを拡張し、そこに LAN 接続型構内 PHS システムを接続することで、WoIP システムを地理的に拡張することを試みる。また、グローバル IP が複数確保できない環境へ拡張するために IP-VPN 技術を用いた IP トンネリングを行い、WoIP システムの IP アドレスを拡張する。本報告では、以上のように QoS 保証のないベストエフォート形態での LAN 拡張を用いて行った WoIP 拡張の実証実験結果を報告する。後者においては、CATV インターネットアクセスのクライアント側に IP-VPN により WoIP を拡張している。

2. WoIP 実験システムの概要

実証実験を行っている LAN 接続型構内 PHS [6] を用いた WoIP ネットワークの構成を図 1 に示す。システムは基地局制御装置、基地局装置及び回線収容装置から構成されており、それぞれ、LAN に接続されている。無線区間の電波形式は PHS 標準形式であり、音声は基地局において UDP パケットに変換され LAN 内を VoIP により転送される。各 LAN は、IP ネットワークを経由して相互に接続されている。

基地局制御装置は、Windows NT ベースのパーソナルコンピュータ上に実装されており、基地局装置や回

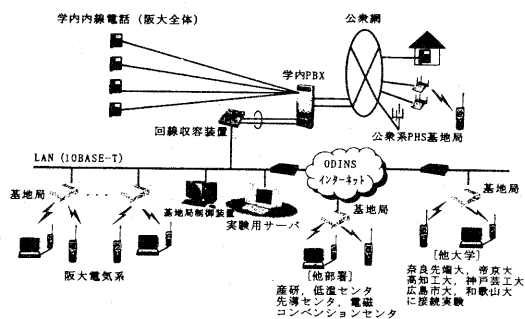


図 1 WoIP ネットワークの構成

図 7 (a), (b) に背景トラフィックに対する PHS 端末 A, B それぞれの MOS 評価結果を示す。SSH の実現に暗号化方式として 3DES と blowfish の 2 つの方法を使用しており両方の結果を示している。同図 (a) から分かるように端末 A では、有線 LAN と CATV に違いは無く、3DES の場合は 1.1Mbps, blowfish の場合は、1.7Mbps の背景トラフィックまで MOS 値 5 と良好な通話ができ、これらの許容値を超えると通話が切断 (MOS 値 0) された。暗号化方式間の MOS 値の違いは、3DES に比べ blowfish の処理が軽いことに起因していると考えられる。

一方、同図 (b) から分かるように端末 B の場合、CATV 網に拡張を行った場合の方が有線 LAN より若干 MOS 値が劣化するが、ほぼ同等の通話品質が得られた。端末 A とは、通話が切断される背景トラフィック量はほぼ同等であるが、異なるのは、その許容値までに端末 B では徐々に MOS 値が劣化する点である。これは、背景トラフィックがプライベートネットワーク A から B に向けて片方向であることに起因している。今回使用した CATV 網内のルータ数は 17 段であったが、以上の結果から分かるようにスループットを制限しているのは、主に Linux ルータの処理能力であり、これを改善することにより上記許容背景トラフィック値は改善できるものと考えられる。

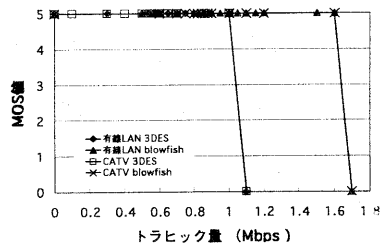
次に図 8 に背景トラフィック量に対する RTT の測定値を示す。有線 LAN と CATV とのルータ段数の違いに起因した元々の RTT 値の違いがあるものの MOS 値の劣化が生じるトラフィック量 (3DES の場合は 1.1Mbps, blowfish の場合は、1.7Mbps) 以上になると RTT 値が急激に劣化している。従って、今回使用した Linux ルータの処理能力が系の特性を支配しており、VoIP パケット転送遅延が、通話品質が切断となるほど劣化したものと考えられる。特に Linux ルータの処理能力を要求するのは、今回 IP-VPN の構築に使用した PPP over SSH の信頼性を TCP により確保していることにある。より処理能力の高いルータの使用により許容背景トラフィック値を改善できると考えられるが、今後の検討としたい。

5. IP-VPN と無線 LAN によるカスケード拡張

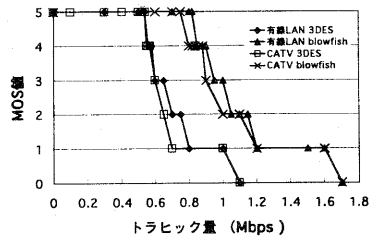
前章に示したように IP-VPN によりルータ配下にプライベートネットワークを構成し、そこに VoIP ネットワークを拡張することが実証できたが、建物の構造といった制約により、有線 IP のアクセスポイントから VoIP を使用したい場所が離れている状況も想定される。そこで、図 9 に示すように先ず IP-VPN で拡張し、更に VoIP サービスエリアを無線 LAN により拡張することにより拡張柔軟性の向上を図った。この場

表 2 Linux ルータの仕様諸元

OS	Linux 2.2.16	外形寸法: 約93mm (W) × 91mm (D) × 30mm (H)
CPU	i486SX/66MHz (AMD Elan410)	重量: 316g
メモリ	16MB RAM	
HDD	128MB CompactFlash	
ネットワークインタフェース	10BASE-T × 2	
消費電力	最大約 6W	
電源	AC100V	



(a) 端末 A



(b) 端末 B

図 7 背景トラフィック量対 MOS 値

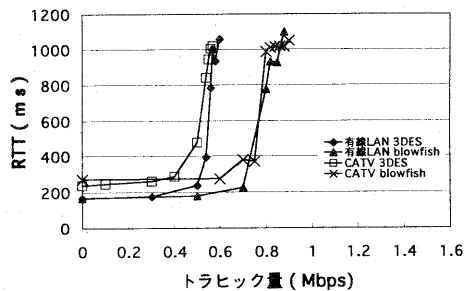


図 8 背景トラフィック量対 RTT 値

合の実験内容は、4.5 章と同じ内容であり、図 10 に背景トラフィック量対 MOS 評価値を、図 11 に RTT 値の測定結果を示す。図 10 から分かるように無線 LAN を IP-VPN で拡張した先に更に接続する場合、3DES, blowfish の両暗号方式共に MOS 値が 5 から劣化し始める背景トラフィック量についてはほぼ同じであり、また通話が切断されて MOS 値が 0 となる許容トラフィック量は若干劣化することが分かった。従って有線と比

較して小さくなってしまいう無線 LAN のスループットからの影響はあまり表れておらず、ルータの処理能力の低さに起因した遅延が系の特性を支配していると言える。これは、図 11 に示した RTT 値にも現れており、図 8 とほぼ同じ特性が得られている。以上のように、IP-VPN と無線 LAN の両方で WoIP をカスケードに拡張した場合も品質が致命的に劣化することは無く、ルータの処理能力、無線 LAN のスループットを改善することで拡張領域を大きくできることが確認できた。

6. あとがき

IP ネットワークの整備されていない場所やグローバル IP アドレスの確保には大きな制約がある場所への WoIP の構築のため、QoS 保証のないベストエフォート形態での LAN 拡張を用いて WoIP システムの拡張を行った。前者については、IEEE802.11b 準拠の無線 LAN により任意の場所に WoIP システムを地理的に拡張した、また、後者については、グローバル IP が複数確保できない環境へ拡張するために IP-VPN 技術を用いて WoIP システムで用いる IP アドレスを拡張した。実験を行った結果、良好な品質を得られるのに必要な背景トラフィック量が明らかとなった。これは、無線 LAN のスループットや IP-VPN を処理するルータの能力の向上により改善できるものと考えられる。以上の結果から、無線 LAN、IP-VPN により WoIP を拡張性を高めることができ、自由で柔軟な運用が可能であることが分かった。

参考文献

- [1] 藤井伸幸, 塚本勝俊, 小牧省三: "PHS&PIAFS over IP を用いたホロニックネットワーク広域実験", 学術振興会未来開拓学術研究推進事業ホロニック光情報ネットワーク研究会, 2000.3
- [2] 藤井伸幸, 岡田実, 塚本勝俊, 小牧省三: "LAN 接続型構内 PHS システムを用いた広域構内 PHS ネットワークの構築", 2000 年電子情報通信学会通信ソサエティ大会, Vol.1, No.B-5-176, p.464, (October 2000).
- [3] 塚本勝俊, 藤井伸幸, 岩田喜一, 小牧省三: "電波のオープン利用-WoIP 実験-", 情報通信学会研究会, Vol.1, No.1, pp. 1-10, (April 2001).
- [4] 藤井伸幸, 塚本勝俊, 小牧省三: "LAN 接続型構内 PHS システムを Wireless over IP による広域実験", 電子情報通信学術報告, MoMuC2001-5, pp.25-28(April, 2001)
- [5] 谷本和也, 山本倫久, 大槻英知, 熊本和夫, 藤井伸幸, 塚本勝俊, 小牧省三: "Wireless over IP システムの無線 LAN を用いた拡張とその信号品質評価実験", 2002 年電子情報通信学会総合大会, Vol.1, No.B-15-10, p.800, (March 2002).
- [6] <http://www.shs.co.jp/primanet/>
- [7] Charlie Scott, Paul Wolfe, and Mike Erwin, VPN, OREILLY, 2000.
- [8] 州崎洋介, 岡田実, 山本平一, LAN 収容型構内 PHS における IP Tunneling を用いた Wireless over IP 伝送実験, 信学技報, MoMuC2001-6, pp.29-34(April, 2001)

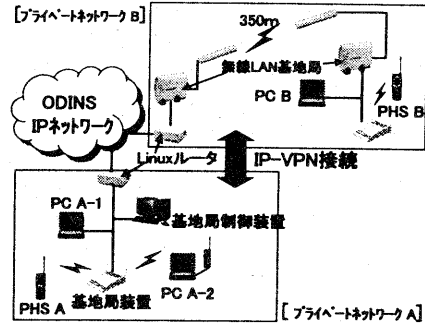


図 9 IP-VPN と無線 LAN によるカスケード拡張実験系の構成

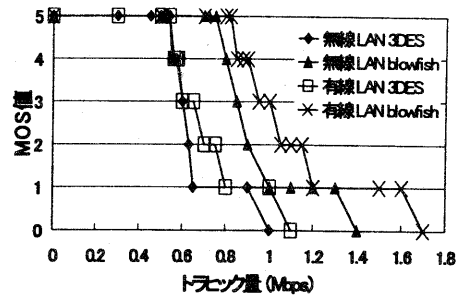


図 10 背景トラフィック量対 MOS 評価値

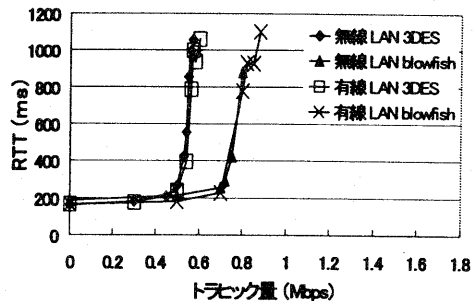


図 11 背景トラフィック量対 RTT 値