

小電力無線データ通信システムを用いたワイヤレス IP フォンの 接続方式

杉 浦 彰 彦 豊橋技術科学大学大学院工学研究科知識情報工学系助教授

1 はじめに

近年、インターネット環境下では、VoIP (Voice over IP) やオンラインゲームなど様々なアプリケーションが普及し始めている。これまで、我々は、近距離無線通信技術である Bluetooth を用いた ITS 向けシステムの構築と応用を提案してきた。システム全体がインターネットバックボーンに接続されているため、アクセスポイントエリア内であれば車内からインターネットにアクセスすることができ、ニュースや天気情報などの情報をダウンロードすることもできる。さらに、センターサーバでは各アクセスポイントエリア内にある車を知ることができ、アクセスポイントを経由して車々間により画像伝送をすることもできる。

また、最近 IP 電話の普及が進んでいる。IP 電話はその名称のとおり、インターネットプロトコルをもとにしたネットワークで、音声通話を実現する。とくに近年は、ブロードバンドと呼ばれる FTTN, ADSL や CATV などの常時接続環境が普及してきたため、インターネットへの接続の時間課金などは不要になってきた。そして、この常時接続、ブロードバンドの普及が IP 電話普及のための大きな追い風になっている。

本研究では従来の我々が提案してきたシステムに加えて、新たな音声通話サービスを提案する。具体的には Bluetooth を用いたワイヤレス IP 電話を提案する。本システムは従来のシステムに適応するだけでなく、一般の無線 IP 電話にも適応ができると考えられる。初めに、提案の背景として現状の無線 LAN の音声通話サービスをワイヤレス IP 電話で実現する場合の課題を述べる。次に、これらの課題を解決する方法を提案し、提案システムの概要を述べる。さらに、実働実験により性能評価を行う。

2 従来型ワイヤレス IP 電話

現在、無線 LAN を使ったワイヤレス IP 電話の研究が盛んに行われている。企業内の内線電話を IP ネットワークに取り込み、さらに無線 LAN 技術を利用して端末の移動を可能にした。携帯型 IP 電話は無線 LAN 技術と VoIP 技術を内蔵した電話機で、無線 IP 電話などとも呼ばれる。無線 LAN ベース IP 電話の重要な課題としては、以下の2点があげられる。

(1) ハンドオーバー

ハンドオーバーは通信中に移動しても、アクセス・ポイント（以下 AP）を自動的に切り替えて通信を継続する機能である。無線 LAN による IP 電話では、通信方法として IP アドレスを利用して通信を行う。一般的に無線 LAN を利用した IP 電話はインストラクチャ型で設定されているので、AP エリア内しか通話できない。アドホック型に設定をしない限り、端末が通信距離内であったとしても通話をすることができない（図1参照）。このため端末が移動し、あるセルから別のセルへ移った場合、同じ IP アドレスが利用できないためハンドオーバー問題が発生し、AP を切り替える際に一時的に通話が途切れてしまう。

(2) 消費電力

無線 LAN を使った IP 電話は Bluetooth 端末と比較して消費電力が大きく、電池利用を想定した場合、待機（通話）時間が短くなってしまいます。ワイヤレス IP 電話では、待機・通話時間が長い通信方式の適用が望ましい。

上記の問題と解決する方法として Bluetooth の適用を提案する。Bluetooth 端末を利用する場合のメリットとして、以下の2点があげられる。

- (1) 無線 LAN による IP フォンでは IP アドレスだけを利用して通信を行うため、端末が移動しセルから別

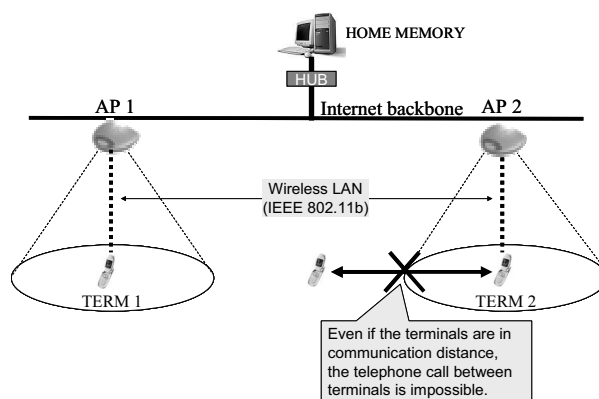


図1 無線 LAN を利用した IP 電話

のセルへ移った場合、同じ IP アドレスが利用できないためハンドオーバーが発生してしまう。一方、Bluetooth では IP アドレスだけではなく Bluetooth アドレスによる対応をとることができ、端末がどこのセルへ移動しても端末は通信距離内であれば Bluetooth アドレスを使って接続を保持し、途切れることなく通信を継続することができる。また、サブネットが異なるアクセスポイント間のハンドオーバーについて、一般的は IP ネットワークでは、異なるサブネットに移動すると同じ IP アドレスが使用できないことから、何らかの対処を必要とする。しかし Bluetooth では、Bluetooth アドレスにより端末を識別することで、通信範囲内であればサブネットが異なるセル間の移動に対しても通信を維持することができる（図2参照）。

(2) 無線 LAN を使った IP フォンは端末の消費電力が大きく、待機時間が短くなってしまう。一方 Bluetooth による IP フォンは無線 LAN による IP フォンに比べて端末の消費電力が小さいため、端末の待機時間が長くなる。さらに、Bluetooth では低消費電力モード（パーク・ホールド・スニーフ）があるため、これらを適用することで、待機時間の確保が容易になる。

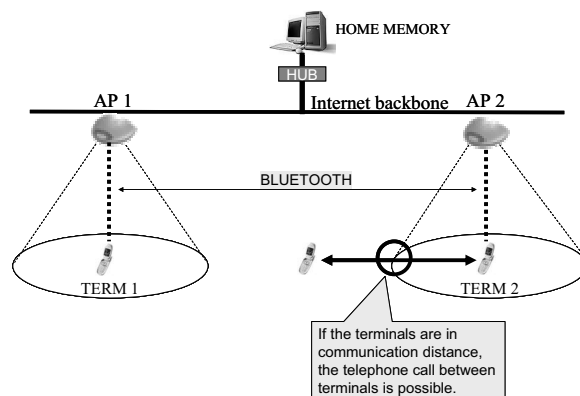


図2 Bluetooth を利用した IP 電話

3 システムの概要

Bluetooth を使った IP フォンのシステム構成については、これまでに提案してきた路車間通信システム（図3参照）をインターネットバックボーンに接続した場合と同様である。各セル内にある Bluetooth 搭載携帯電話間の通話では、Bluetooth 搭載アクセスポイントを経由して通信を行う。各アクセスポイントは、インターネットに接続していることから電話音声のパケット化して目的の端末に送ることが可能である。

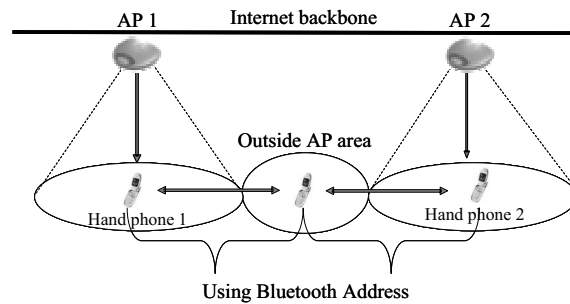


図3 路車間通信をベースにした無線 IP 電話

Bluetooth を用いた IP フォンの通信過程について図4に示す。図では Bluetooth 端末1と Bluetooth 端末2があり、それぞれが異なるセル内にある状態を示す。ここで、端末2は待機（低消費電力）状態にあるものとする。ここで例えば Bluetooth 端末1が Bluetooth 端末2に対して IP フォンによる通信を開始したい場合には、次のような手順を行う。

- 1 番目に Bluetooth 端末1がホームメモリから Bluetooth 端末2の Bluetooth アドレスを取得する。
- 2 番目に端末1がホームメモリに対して Bluetooth 端末2にアクセスする要求を出す。
- 3 番目にホームメモリがアクセスポイント2の Bluetooth 端末2へのアクセスを要求する。
- 4 番目にアクセスポイント2が Bluetooth 端末2へアクセスする。このとき、Bluetooth 端末2はアクティブ状態に切り替わる。
- 5 番目に、Bluetooth 端末1が Bluetooth 端末2に対して通信を行う。

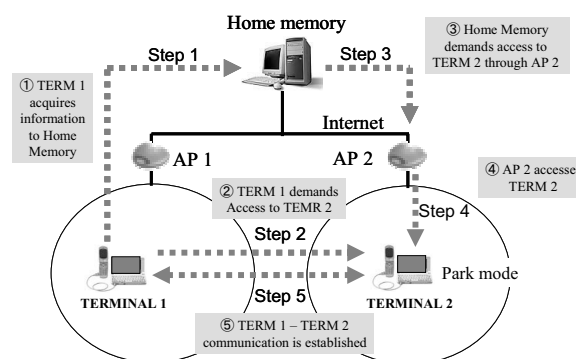


図4 IP フォンシステムの通信過程

4 システムの評価実験

〈4.1〉 実験概要

本システムを評価するために、図5に示すように、最初にシステムにある各アクセスポイントとアクセスポイントエリアにある端末を有線で繋いで、出力遅延時間と出力音声の主観評価を行う。次に、図6と図7に示すように有線の部分をそれぞれ無線 LAN（IEEE802.11b）と Bluetooth に変更し、同様な実験を行う。使用した実験機材については表1に示す。

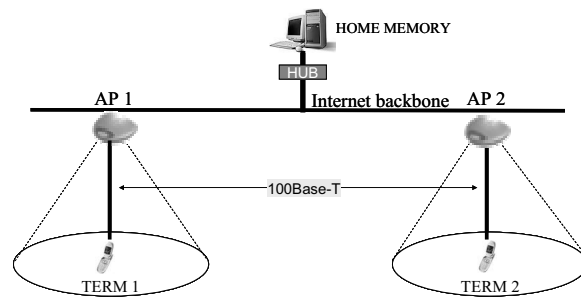


図 5 有線を利用した IP フォンシステム

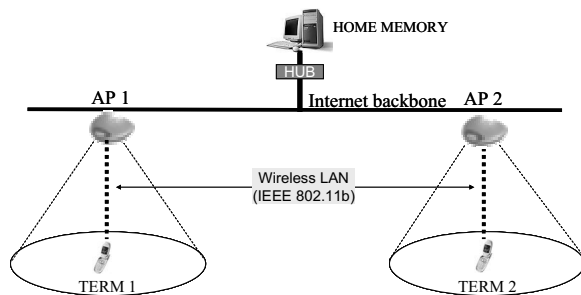


図 6 無線 LAN (IEEE802.11 b) を利用した IP フォンシステム

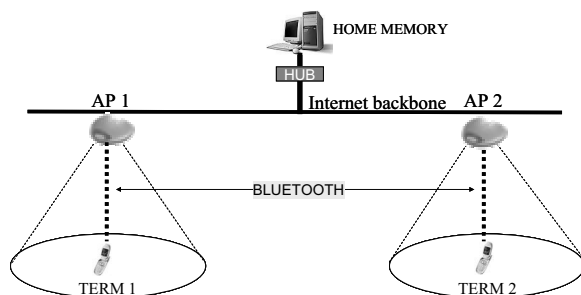


図 7 Bluetooth を利用した IP フォンシステム

表 1 実験機材

Hardware	Bluetooth PC Card LAN card Mobile PC Desktop PC Headset
Software	Server applications (WWW and database) Self-developed applications Voice analyzer
Content	Sound
Experiment method	Experiment by using self-developed applications and make evaluation of the results, then make comparison of LAN and Bluetooth

〈4.2〉 出力遅延時間の実験

本実験では有線，無線 LAN，Bluetooth の3方式について，開発したアプリケーションで音声通話を自動的に行い，表2に示す各種類の音声データ（レート）に対して10回の評価を行う。評価ではアナライザーアプリケーションを利用し，各出力音声データの遅延時間の平均値を測定する。結果を表3と図8に示す。結果より，有線に比べて無線 LAN，Bluetooth を利用する場合，全音声データに対して数十 ms 以下の遅延時間におさまっていることがわかる。

表2 音声データ

Voice Data [kbps]
64
128
192
256
320
384
512
640
768
896
1024
1280

表3 出力遅延時間の結果

Voice Data [kbps]	Average[ms]		
	100Base-T	IEEE 802.11b	Bluetooth
64	186.0	239.0	218.8
128	207.0	224.1	237.9
192	284.1	241.7	317.2
256	257.4	235.7	297.8
320	283.6	238.1	320.0
384	245.8	236.9	312.3
512	260.5	248.1	323.6
640	269.4	239.7	309.6
768	237.9	257.0	323.0
896	255.0	394.6	344.8
1024	248.8	371.6	344.3
1280	285.3	368.7	350.0
Total Average	251.7	274.6	308.3

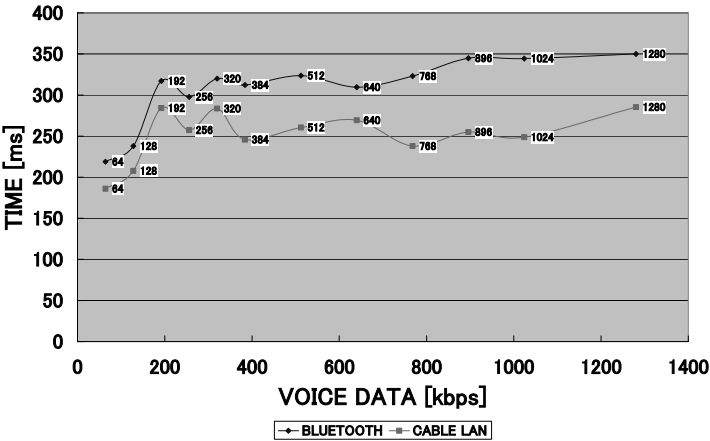


図8 遅延時間の比較

〈4.3〉 音声品質の評価

本実験は出力音声品質を評価するには Mean Opinion Score (MOS) を利用する。MOS は日本語では「平均オピニオン値（平均オピニオンスコア）」といい，通話品質の代表的な尺度である。再生音声进行测试者（試聴者＝10人以上）に聞かせ，その評価値の平均をとる方法である。MOS 値とその内容について表4に示す。実験結果を表5と図9に示す。結果より利用頻度が高い音声データ（64kbps）の場合，無線 LAN に比べて Bluetooth の MOS 値方が高く，有線と Bluetooth の MOS 値が4以上であった。

表 4 MOS 値とその内容

尺度	評価	内容	説明
5	Excellent	非常によい	まったく楽な感じで完全に通話できる
4	Good	よい	相手の通話を注意してきかねばならないが、努力はいらない
3	Fair	まあよい	幾分努力はいるがたいしたことはない
2	Poor	悪い	通話はできるが非常に聞きにくい
1	Bad	非常に悪い	非常に努力しないと通話できない

表 5 MOS 値の実験結果

Voice Data [kbps]	100Base-T	IEEE 802.11b	Bluetooth
64	4.0	3.6	4.3
128	3.5	4.4	3.5
192	3.0	4.5	3.8
256	3.2	4.2	3.2
320	3.0	4.0	3.0
384	3.0	4.0	3.1
512	2.8	4.2	2.7
640	2.7	3.8	2.7
768	2.5	2.3	2.7
896	2.1	2.0	2.2
1024	1.9	1.8	1.9
1280	1.7	2.3	1.7

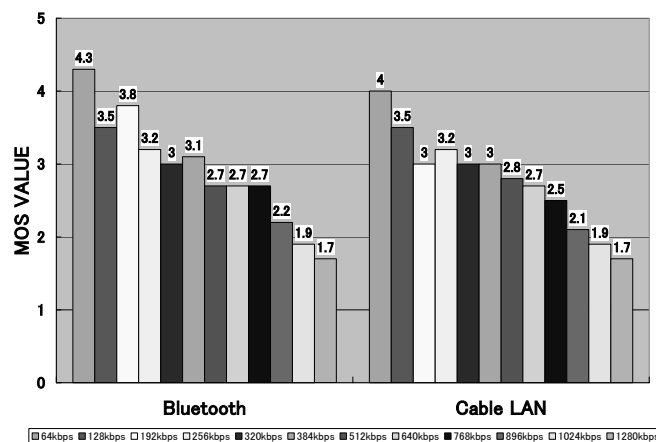


図 9 MOS 値の比較

5 むすび

本研究では Bluetooth 技術の適用により無線 IP 電話システムを実現した。システムの評価については、出力遅延時間および MOS に関する 2 つの実験を行い、Bluetooth による無線 IP 電話の有効性を確認した。出力遅延時間実験結果により、遅延時間は G.114 ITU-T の許容範囲 150-400ms であった。とくに、64kbps 音声データについては無線アクセスの Bluetooth (218.ミリセカンド) の方が IEEE802.11b (239.0ms) よりも遅延時間が少ないことを確認した。MOS 実験結果により、64kbps 音声データの場合は有線、IEEE802.11b, Bluetooth の MOS 値はそれぞれ 4.0, 3.6, 4.3 となっており、いずれの通信方式においても ITU-T の許容値内であることがわかった。以上の実験結果より提案した小電力無線データ通信システムを用いたワイヤレス IP フォンの接続方式の有効性を確認した。

〈発 表 資 料〉

題 名	掲 載 誌 ・ 学 会 名 等	発 表 年 月
Mentally Retarded Children Detection at an Early Ages using Sociality Reaction Test	IEEJ Transaction on EIS	2004. 7
筋肉モデルに基づくアクションユニットを用いた人体動作の合成・作成	電気学会論文誌C	2004. 9
顔表情認知を用いたうつ状態の自己簡易診断検査	映像情報メディア学会誌	2004. 11
Parallel transmission method for the wireless LAN by using synchronous transmission of channels	IEEJ Transaction on EIS	2005. 5
In Traffic Jam IVC-RVC System for ITS using Bluetooth	IEEE Transaction on ITS	2005. *
Wireless IP Phone System by Bluetooth Technology	The International Conference on Wireless Networks	2004. 7
Recognition of Child's Expressions and Reactions Using Multimedia Communication Network For Examining Child's Development	The International Conference on Mathematics and Engineering Techniques in Medicine and Biological Sciences	2004. 7
Affect of Adjacent Channel Interference in the Parallel Transmission for the Wireless LAN	The International Conference on Wireless Networks	2004. 7