

無線 LAN を利用した屋内プレゼンスシステム

移動端末に搭載された無線 LAN 通信機能を利用して屋内でのユーザ位置を推定し、ユーザ間で位置情報を参照・利用するプレゼンスシステムを開発した。また、本システムを用いて実証実験を実施し、有用性を確認した。

いそだ よしのり ながやま ひろぶみ
磯田 佳徳 中山 博文
おぐり しん やまだ なおはる
小栗 伸 山田 直治

1. まえがき

近年、決まった席を持たず、その日の業務内容などに応じて席を選択するフリーアドレス・オフィスを導入する企業が増えている。しかし、このようなオフィスでは、社員（同僚や上司など）の居場所や状況の把握が難しく、社員間のコミュニケーションが円滑に行えないことから業務効率の低下が懸念されるという課題があった。

この課題を解決する方法として、人の状態（位置や状況）であるプレゼンス情報（以下、プレゼンス）の提供が考えられる。社員のプレゼンスを確認するサービス、プレゼンスに応じた連絡手段を提供するサービス、さらにはプレゼンスの変更に応じたリマインダサービスなどのプレゼンスサービスにより、オフィス内におけるコミュニケーション・業務の効率化を図ることが可能となる（図1）。プレゼンスの中でも位置情報は、これらのサービスを提供するうえでのキーとなる情報であり、低コストかつ高精度な位置推定をサービスに利用するシステムを実現することはビジネス的な観点からみても重要である。

本稿では、低コストかつ高精度な位置推定を目指して開発した無線 LAN 搭載移動端末を利用した屋内向け測位方式について述べるとともに、本測位技術を利用して開発した WPS（Wireless LAN Presence System）について述べる。さらに、WPS を用いて実際の法人ユーザのオフィスにて実証実験を行った概要と結果についても述べる。

2. 無線 LAN 搭載移動端末を利用した測位方式

2.1 従来の測位方式

屋内での測位方式として、RFID（Radio Frequency Identification）^{*1} タグや超音波センサなどを利用するさまざまな方式が提案されているが、いずれも専用の装置を多数配置する必要がある。

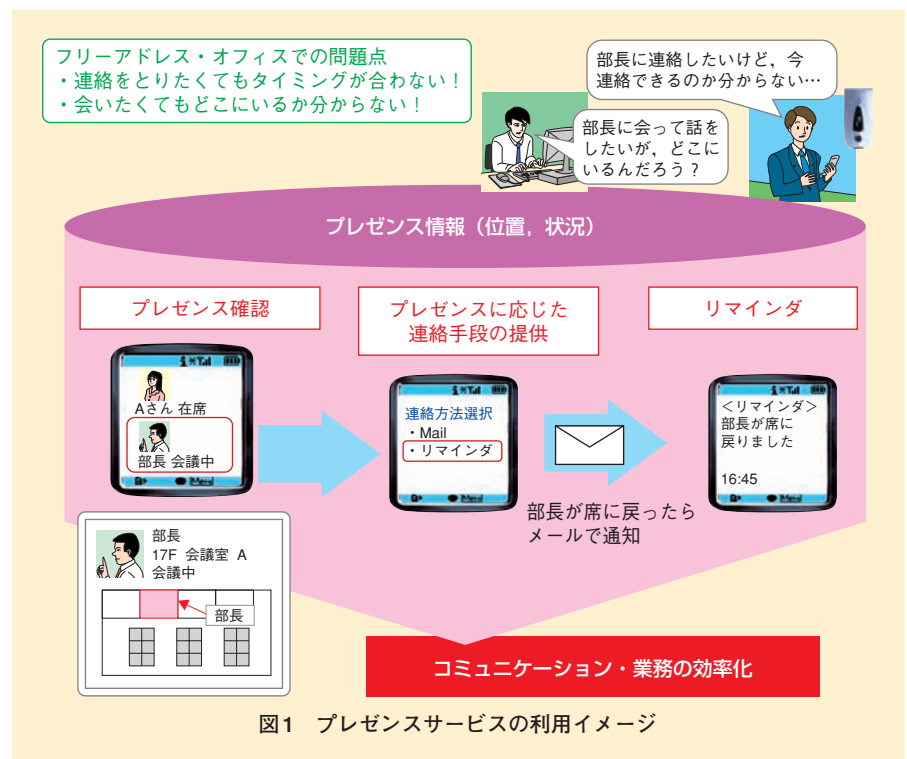


図1 プレゼンスサービスの利用イメージ

*1 RFID：ID情報を埋め込んだ小さなICチップからID情報を無線によって取得し、人やモノを識別・管理する仕組み。

あり、導入コストなどのビジネス的な観点で課題がある。一方、無線 LAN は広く普及しており、近年では移動端末に搭載された無線 LAN 機能による VoIP (Voice over IP)^{*2} 通信も広まっている。このため、無線 LAN 搭載移動端末を用いた測位機能の実現はビジネス的な観点で有望である。

無線 LAN による既存の測位方式として、複数の無線 LAN アクセスポイント (AP: Access Point) からの Beacon^{*3} を移動端末で測定し、その受信レベルの統計的なモデルを用いることで測位を行う方式[1]や、移動端末から複数 AP への信号の到達時間差から三辺測量により測位を行う方式[2]が提案されている。しかし、これらの方式は、統計モデルを作成するために多数の地点で事前に学習を行うことや到達時間差を測定するための専用ハードウェアを使用すること、さらには移動端末に専用ソフトを搭載する必要がある、測位機能を容易に提供することが困難であった。

また、これらの測位方式では、一般的に数メートルから十数メートル離れた AP と移動端末間での信号減衰特性や到達時間差を用いるため、ノイズやオフィス内での人の移動や什器の移動といった環境変動の影響を受けやすい。

2.2 提案測位方式

オフィスにおけるプレゼンスサービスでは、必ずしもユーザの 2 次元座標の位置が要求されるわけではなく、会議室や自席といった特定のエリアのどこにユーザが存在するかを把握するだけでも十分なサービスが提供可能である。そこで提案する方式では、プレゼ

ンスサービスを提供するうえでユーザの存在の有無が必要なエリアに対して、移動端末から発信される信号の受信レベルを測定する装置 (以下、測位ユニット) を配置する。この測位ユニットの周囲 3m 程度のエリアを対象として測位を行うことで、移動端末から最近傍の測位ユニットまでの距離が短くなり、最近傍の測位ユニットと他の測位ユニットの受信レベルの差は従来方式と比べて大きくなる。このため、受信レベルに時間的な変動がある場合であっても事前学習による統計モデルを用いずに高精度なエリア推定を行うことが可能となる。また、各社員の席に置かれた業務用 PC に測位用ソフトウェアをインストールし、無線 LAN アダプタを接続することで容易に測位ユニットとして動作させることができる。この簡易測位ユニットを利用することで測位専用のハードウェアを新規に追加することなく測位システムを安価に構築することが可能となる。

提案測位方式の概要を図 2 に示す。測位サーバは測位の契機として、測位対象である移動端末に対して AP 経由で周期的に ICMP (Internet Control Message Protocol) Echo Request^{*4} を送信 (図 2①,②) し、移動端末は同じく AP 経由で ICMP Echo Reply^{*4} を測位サーバに返信する (図 2③,④)。移動端末が返信した ICMP Echo Reply は、周辺に存在する測位ユニットに装着された無線 LAN アダプタでも受信される (図 2③')。無線 LAN アダプタで測定された信号の受信レベルは測位ユニットから測位サーバに送信され (図 2⑤)、測位サーバでは受信レベルが最大値となるエリアを判定することで移動端末の位置を推定する。本測位方式では、移動端末上の専用アプリケーションを利用する必要がないため、移動端末の消費電力が少ないことも特徴である。N900iL での実測では、DTIM (Delivery Traffic Indication Message) インターバル^{*5} が 10 の場合

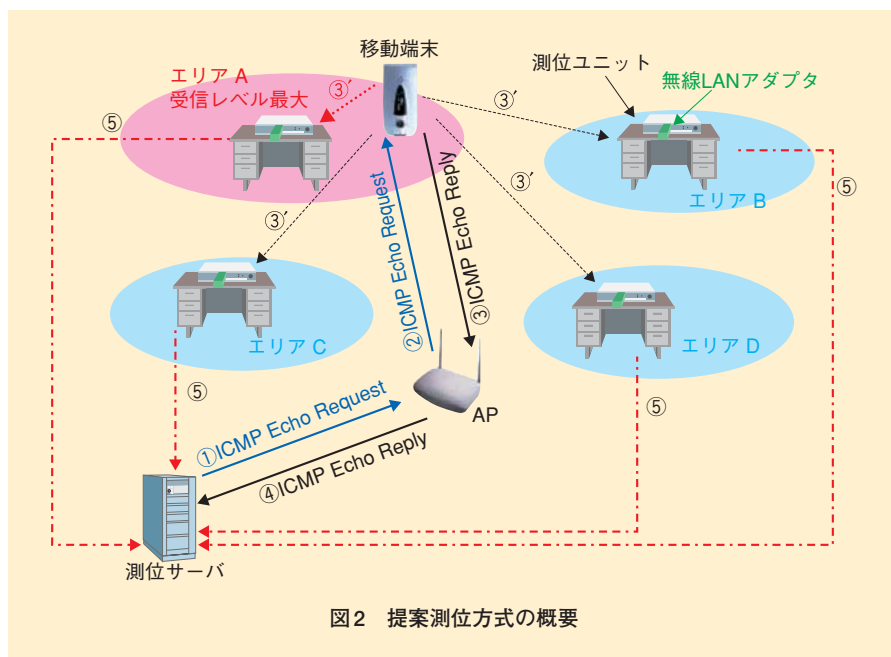


図2 提案測位方式の概要

*2 VoIP: 音声データをパケット化し、IPネットワーク上で通常の回線交換方式同様、リアルタイムに伝送する技術。

*3 Beacon: 本稿では、無線 LAN においてアクセスポイントから一定間隔で送信される同期パケットデータのこと。このデータが届く範囲の無線 LAN 端末にアクセスポイントの存在および移動端末へのデータ有無を知らせている。

*4 ICMP Echo **: ネットワークの疎通を確認するプロトコルのタイプで、Ping コマンドとして実装されている。ICMP Echo Request を送信すると、受け取った機器は発信元のアドレスに対して「ICMP Echo Reply」を返信する。

に1秒間隔でICMP Echo Replyを連続送信しても、3日以上連続待受けが確保できることを確認している。また、測位のために送信されるICMP Echo Request/ReplyがVoIP通信帯域に与える影響についてもシミュレーションを行い、測位周期が2秒で1台のAPに対して移動端末が20台接続している場合であっても帯域占有率は数%となり、影響は小さいことを確認した。

3. WPS

2.2節で述べた無線LANによる測位方式を用い、オフィス内においてプレゼンスサービスを提供するWPSを開発した。WPSの構成を図3に示す。WPSは測位機能を担う機器である測位サーバ、AP、無線LAN搭載移動端末（FOMA N900iL, FOMA N902iL）、無線LANアダプタを装着した測位ユ

ニットと、アプリケーション機能を担うプレゼンスサーバ、さらにサービスを利用するクライアントの移動端末、PCからなる。測位サーバが各移動端末に対して送信するICMP Echo Requestは、ユーザ、存在エリア、滞在時間によって動的に送信周期を変更することが可能である。例えば、あまり移動しないユーザや会議室にいるユーザはしばらくの間は移動しないと、ICMP Echo Requestの送信周期を長くするといった設定を行うことで、測位による無線LANの帯域圧迫を低減することが可能である。各エリアに設置した測位ユニットは、延長ケーブルを介して複数のUSB型無線LANアダプタを接続した構成が可能である。これにより、1台の測位ユニットで複数ポイントの測位を行うことができ、システムの導入コストを低減することができる。測位ユニットの各無線LAN

アダプタで測定された結果は、有線もしくは無線（IEEE 802.11a/b/g^{*6}）によって測位サーバに送信され、集約された結果を比較することで各移動端末の存在エリアが判定される。

プレゼンスサーバは「プレゼンス確認サービス」、「リマインダサービス」を実装している。プレゼンス確認サービスは、PCや移動端末からのプレゼンス確認要求に対して、結果を返信する。例えば、プレゼンス確認要求として特定のユーザを選択するとPCでは地図上に、移動端末ではエリア名でユーザの存在場所を表示する。また、会議室などの特定のエリアを指定するとその場所に存在するユーザを表示することも可能である。リマインダサービスは、指定したユーザが特定のエリアに出入りしたタイミングでリマインダ（メール通知）を行うといったルールを指定でき、例え

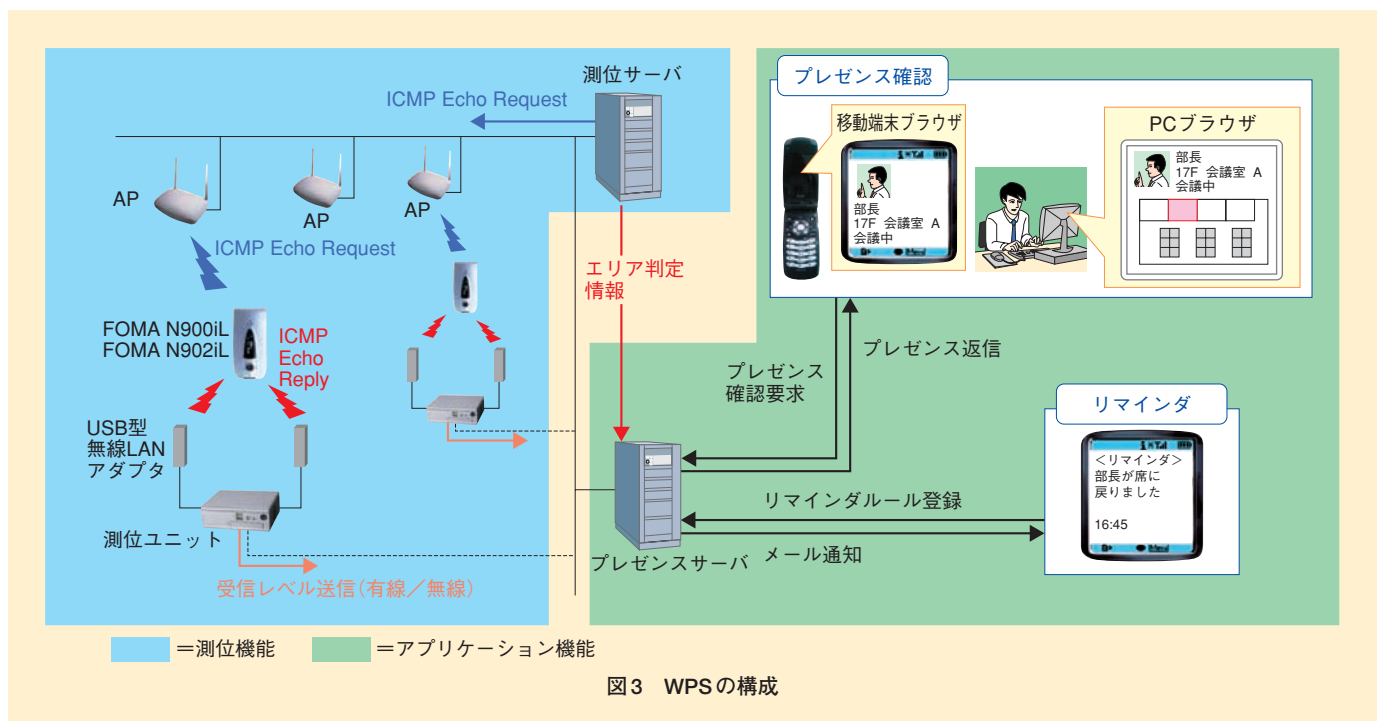


図3 WPSの構成

*5 DTIM インターバル：DTIMとは、省電力モードの無線クライアントに対して、パケット送信待ちであることを伝える、Beaconに含まれるメッセージ。例えば「3」を設定すると3回に1回、DTIMが含まれるBeaconが送信される。

*6 IEEE 802.11a/b/g：IEEEにより策定された無線LAN関連規格。使用する無線帯域や変調方式、通信速度などによって802.11a、802.11b、802.11gなどの分類がなされている。802.11bは2.4GHz帯で相補符号変調（CCK：Complementary Code Keying）方式

により最大11Mbit/sの伝送速度を持つ。

ば、「部長が席に戻ったら通知する」といった利用が可能である。

4. 実証実験

法人ユーザのオフィスにWPSのテスト導入を行い、オフィスにおけるシステムの性能評価とユーザビリティに関する実証実験を実施した。

4.1 実験条件

実証実験は、オフィスビルの1フロアを対象エリアとし、30名のユーザにN900iLを携帯してもらい実施した。実証実験エリアの一部を図4に示す。測位エリアの種別として会議室、社員が固定的に使用する席（シッター席）、社員が自由に選択する席（フリーアドレス席）がある。

測位ユニットは社員席の下に設置し、測位ユニットに接続した無線LANアダプタは机の上、もしくは机の天板の裏面に設置した。その他の実験条件を表1に示す。

4.2 実験結果

(1) エリア推定確度

測位エリア種別である会議室、シッター席、フリーアドレス席のそれぞれについてエリア推定確度の評価を行った。被験者が胸ポケット、ズボンポケットに計2台の移動端末を保持し、図4の位置P₁～P₅で着席した場合に正解エリアと判定された割合を評価した。結果を図5に示す。会議室はガラス製の壁で仕切られた閉空間となっているため、位置P₁、P₂ではエリアの誤認識は発生しなかった。また、シッター席での位置P₃においても被験者の正面方向に無線LANアダプタが設置され

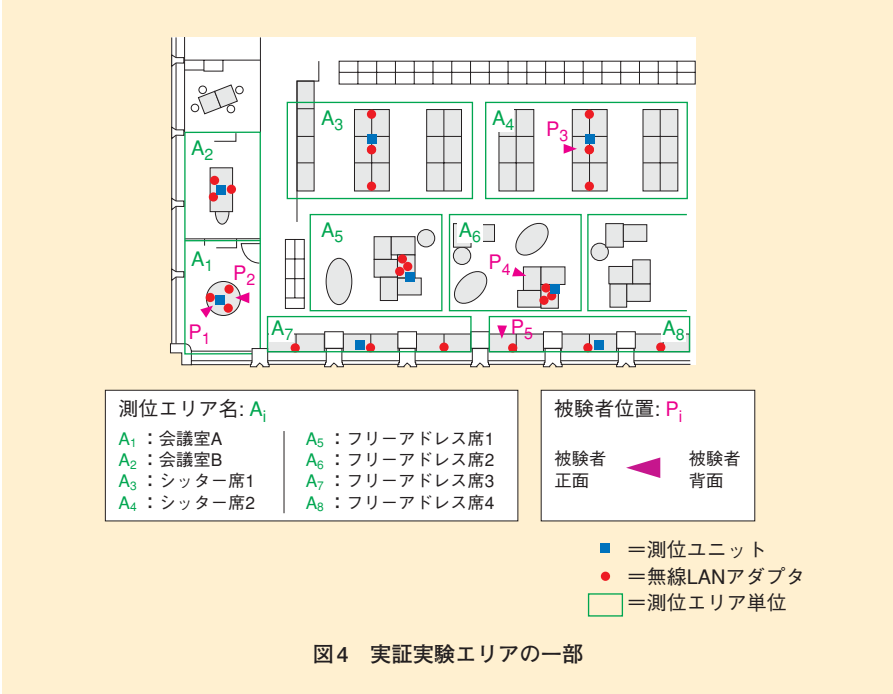


図4 実証実験エリアの一部

ているため、誤認識は発生しなかった。一方、フリーアドレス席内の位置P₄、P₅では、会議室やシッター席に比べて被験者の着席位置の近くに他エリアに属する無線LANアダプタが存在している。このために、受信レベルの時間的な変動や被験者の姿勢の変化などにより認識率はP₄で96%、P₅で64%となった。誤認識は、いずれも隣接エリアへの判定であり、プレゼンス

表1 実験条件

検証期間	2007/1/24～2/9
利用ユーザ数	30名
測位エリアサイズ	1フロア (3,527.68m ²)
使用移動端末	FOMA N900iL
測位ユニット数	30台
無線LANアダプタ数 (パケットキャプチャ用)	64個 (1測位ユニット当り最大3個)
測位ユニット、 測位サーバ間通信	IEEE 802.11a (W53)
測位周期	2秒間隔相当 (4秒間に1秒間隔で2回送信)

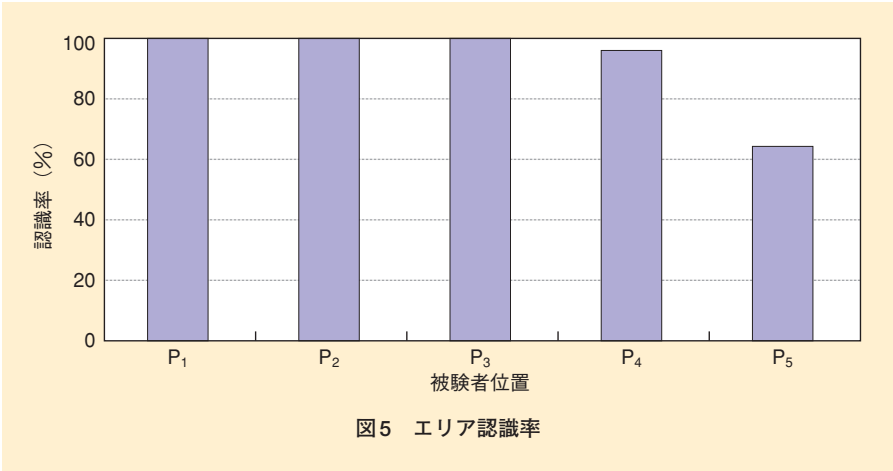


図5 エリア認識率

サービスの提供に大きな影響はないものの、より安定したエリア推定のためのパラメータ設定や無線LANアダプタの設置方法の検討が必要であることが分かった。

(2)測位による帯域占有率

測位のために送受信される ICMP Echo Request/Reply パケットの IEEE 802.11b 帯域での占有率を実測により評価した。測定では移動端末を2台使用し、それぞれの移動端末に対して4秒の間に1秒間隔で ICMP Echo Request を2回（2秒周期相当）送信し、帯域占有率を測定した。なお、IEEE 802.11b 帯域のスループットは実測で4.5Mbit/s であり、この値に基づき帯域占有率を算出した。結果を表2に示す。

通常のVoIP通信を行う環境では、1台のAPに接続する移動端末は最大でも15台以下と想定される。このことから本測位方式において2秒程度の測位周期であれば帯域占有率は最大でも

0.12%となり、他の通信に与える影響は小さいことを確認した。

(3)ユーザへのアンケート調査

実験終了後、「システムのユーザビリティ」、「商用化に向けて必要なこと」に関するアンケート調査（有効回答数24）を実施した。

プレゼンス確認サービスについては「相手を探す手間が削減できる」、「位置の発信を手動で行う必要がない」といった肯定的な回答が68%となった。一方、リマインダサービスについては「利用シーンがあまりない」、「監視されている感じがする」など否定的な回答が62%あった。これらについては、実験期間が短かったことに加え、リマインダのためのルール設定の操作が煩雑でサービスの利用回数自体が少なかったことから、有用性を感じてもらえなかったことも考えられる。これについては、引き続きシステムの改善と検証を実施していく。

商用化に向けて必要なこととして、「デスクなど什器への測位ユニットの組み込み」、「測位ユニットのデザインの洗練」、「システムだけでなく空間の使い方・働き方の1つとして提案するべき」といった意見が挙げられた。これ

らの点についても商用化に向け検討を実施する。

5. あとがき

本稿では、無線LAN搭載移動端末を利用した屋内向け測位方式と本方式を利用したプレゼンスシステムであるWPSの概要および法人ユーザのオフィスで実施中の実証実験の結果について述べた。本システムを用いた実験により、オフィスにおいても設計どおりの測位の推定精度を実現できること、そしてプレゼンスの提供が有用であることを確認した。今後は実証実験をさらに進め、オフィスでの位置情報を活用したソリューションの検討を進めるとともに、短期間での商用化を目指していく。また、SIP (Session Initiation Protocol) サーバ^{*7}やグループウェア^{*8}などとの連携により、移動端末の話中などの状態を取得することや、スケジューラ機能とプレゼンスの連動についても検討を進める予定である。

文 献

- [1] AirLocationTM: <http://www.hitachi.co.jp/Prod/vims/solutions/ssup/airlocation/>
- [2] Ekahau: <http://www.ekahau.com/>

表2 測位による帯域占有率

	帯域占有率(%)
平均値	0.08
最大値	0.12
最小値	0.02

^{*7} SIP サーバ：SIPは、音声やIPパケットに変換し、リアルタイムに伝送するプロトコルの1つであり、このプロトコルに従い、音声通話を行うクライアントの登録やクライアント間のセッションの確立、終了などの状態管理を行うサーバ。

^{*8} グループウェア：企業内のネットワークで社員間の情報共有を行うためのシステムやソフトウェアで、スケジューラや電子掲示板、会議室予約、決済機能などを持つ。