

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6695090号
(P6695090)

(45) 発行日 令和2年5月20日(2020.5.20)

(24) 登録日 令和2年4月23日(2020.4.23)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 S 11/06 (2006.01) GO 1 S 11/06
HO 4 W 8/00 (2009.01) HO 4 W 8/00 1 1 0
GO 1 S 5/02 (2010.01) GO 1 S 5/02 Z

請求項の数 8 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-141666 (P2015-141666)</p> <p>(22) 出願日 平成27年7月15日(2015.7.15)</p> <p>(65) 公開番号 特開2017-26330 (P2017-26330A)</p> <p>(43) 公開日 平成29年2月2日(2017.2.2)</p> <p>審査請求日 平成30年3月27日(2018.3.27)</p> <p>(出願人による申告)平成25~28年度、独立行政法人情報通信研究機構、「超大规模モバイルアプリケーションのための次世代コグニティブセキュリティ技術」委託事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 899000079 学校法人慶應義塾 東京都港区三田2丁目15番45号</p> <p>(74) 代理人 100107766 弁理士 伊東 忠重</p> <p>(74) 代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦</p> <p>(72) 発明者 大概 知明 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学 理工学部内</p> <p>(72) 発明者 縣 侑吾 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学 理工学部内</p> <p>審査官 安井 英己</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) 【発明の名称】 プロキシミティテスト方法、及びプロキシミティテスト装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1端末装置と第2端末装置の各々で1以上のアクセスポイントから報知される参照信号を観測し、

前記第1端末装置と第2端末装置のいずれか一方、または外部装置で、前記第1端末装置と前記第2端末装置の観測結果を取得して、前記第1端末装置と前記第2端末装置の間で前記参照信号が共通に受信される共有アクセスポイントを特定し、

前記共有アクセスポイントからの共通参照信号の前記第1端末装置での受信信号強度と前記第2端末装置での受信信号強度とに基づいて、前記第1端末装置と前記第2端末装置との近接度を表わす特徴量を計算し、

前記特徴量を閾値と比較して、前記第1端末装置と前記第2端末装置が一定範囲の同じ空間内に位置するか否かを決定し、

前記特徴量は、前記第1端末装置での前記共通参照信号の受信信号強度と前記第2端末装置での前記共通参照信号の受信信号強度の比を表わす第1特徴量と、前記第1特徴量の分散を表わす第2特徴量を含み、

前記第1特徴量が第1閾値条件を満たし、かつ前記第2特徴量が第2閾値条件を満たす場合に、前記第1端末装置と前記第2端末装置が前記同じ空間内に位置すると決定することを特徴とするプロキシミティテスト方法。

【請求項2】

前記共有アクセスポイントが2以上ある場合に、前記共有アクセスポイントでの前記特

微量の平均を前記特徴量として用いることを特徴とする請求項 1 に記載のプロキシミティテスト方法。

【請求項 3】

前記第 1 端末装置は、前記第 2 端末装置からのアクセス要求に応じて前記第 2 端末装置に観測要求を送信し、

前記第 1 端末装置は、前記観測要求の送信により前記 1 以上のアクセスポイントから報知される前記参照信号の受信信号強度を測定し、

前記第 2 端末装置は、前記観測要求の受信により前記 1 以上のアクセスポイントから報知される前記参照信号の受信信号強度を測定する、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のプロキシミティテスト方法。

10

【請求項 4】

第 1 端末装置と第 2 端末装置の各々で 1 以上のアクセスポイントから報知される参照信号を観測し、

前記第 1 端末装置にて前記第 2 端末装置の間で前記参照信号が共通に受信される共有アクセスポイントをあらかじめ特定、またはランダムに選択し、

前記第 1 端末装置は、前記第 2 端末装置からのアクセス要求に応じて、前記第 2 端末装置に観測要求と前記共有アクセスポイントの指定情報を送信し、

前記第 1 端末装置と前記第 2 端末装置は、前記共有アクセスポイントの前記指定情報に基づいて、前記共有アクセスポイントからの前記参照信号の受信信号強度を測定し、

前記共有アクセスポイントからの共通参照信号の前記第 1 端末装置での受信信号強度と前記第 2 端末装置での受信信号強度とに基づいて、前記第 1 端末装置と前記第 2 端末装置との近接度を表わす特徴量を計算し、

20

前記特徴量を閾値と比較して、前記第 1 端末装置と前記第 2 端末装置が一定範囲の同じ空間内に位置するか否かを決定する、

ことを特徴とするプロキシミティテスト方法。

【請求項 5】

前記第 1 端末装置は、前記共有アクセスポイントの指定情報を定期的または不定期に変更することを特徴とする請求項 4 に記載のプロキシミティテスト方法。

【請求項 6】

1 以上のアクセスポイントから参照信号を受信する無線通信部と、

30

前記参照信号の受信信号強度を測定する測定部と、

前記無線通信部を介して他の端末装置で観測された参照信号の測定情報を取得し、前記他の端末装置で観測された前記測定情報と、前記測定部で測定された受信信号強度とに基づいて、前記無線通信部と前記他の端末装置との間で前記参照信号が共通に受信されている共有アクセスポイントを特定し、前記測定部で測定された前記共有アクセスポイントからの共通参照信号の受信信号強度と、前記他の端末装置の測定情報に含まれる前記共通参照信号の受信信号強度とに基づいて、前記他の端末装置との間の近接度を表わす特徴量を計算する特徴量計算部と、

前記特徴量を閾値と比較して、前記他の端末装置が一定の距離範囲内に位置するか否かを決定する比較判断部と、

40

を有し、

前記特徴量は、前記測定部で測定された前記受信信号強度と、前記他の端末装置の測定情報に含まれる前記共通参照信号の受信信号強度の比を表わす第 1 特徴量と、前記第 1 特徴量の分散を表わす第 2 特徴量を含み、

前記比較判断部は、前記第 1 特徴量が第 1 閾値条件を満たし、かつ前記第 2 特徴量が第 2 閾値条件を満たす場合に、前記他の端末装置が前記一定の距離範囲内に位置すると決定する

ことを特徴とするプロキシミティテスト装置。

【請求項 7】

前記特徴量計算部は、前記共有アクセスポイントが 2 以上ある場合に、前記共有アクセ

50

スポットでの前記特徴量の平均を計算し、

前記比較判断部は、前記平均を前記特徴量として用いることを特徴とする請求項6に記載のプロキシミティテスト装置。

【請求項8】

1以上のアクセスポイントから参照信号を受信する無線通信部と、

前記参照信号の受信信号強度を測定する測定部と、

前記無線通信部を介して他の端末装置で観測された参照信号の測定情報を取得し、前記無線通信部と前記他の端末装置との間で前記参照信号が共通に受信されている共有アクセスポイントをあらかじめ特定、またはランダムに選択し、前記測定部で測定された前記共有アクセスポイントからの共通参照信号の受信信号強度と、前記他の端末装置の測定情報に含まれる前記共通参照信号の受信信号強度とに基づいて、前記他の端末装置との間の近接度を表わす特徴量を計算する特徴量計算部と、

前記特徴量を閾値と比較して、前記他の端末装置が一定の距離範囲内に位置するか否かを決定する比較判断部と、

を有し、

前記無線通信部は、前記他の端末装置からのアクセス要求に応じて、前記他の端末装置に観測要求と前記共有アクセスポイントの指定情報を送信し、

前記他の端末装置から、前記指定情報に含まれる前記共有アクセスポイントから送信される前記共通参照信号の測定結果を受信する、

ことを特徴とするプロキシミティテスト装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、端末同士の近接度（プロキシミティ：Proximity）を識別する技術に関する

。

【背景技術】

【0002】

近年、スマートフォンやタブレットなどの携帯情報端末が広く普及し、位置情報に基いたサービスへの需要が高まっている。位置情報に基づいたサービスを実現する技術のひとつに、プロキシミティ（Proximity）テストがある。プロキシミティテストは、ユーザ同士が近接しているかどうかを識別する技術である。プロキシミティテストを行う際に、通信するユーザ同士のプライバシーを保護し、他者による位置情報の盗聴やなりすまし、位置偽装等の攻撃を阻止する必要がある。そのため、GPS等で得られる実際の位置情報のやりとりなしにプロキシミティを判定する研究が注目されている。

【0003】

たとえば、環境音の周波数スペクトルを利用したプロキシミティテストでは、周波数スペクトルの相関を近接度を表わす指標として利用している（非特許文献1を参照）。また、Bluetooth（登録商標）の受信信号強度（RSS：Received Signal Strength）を用いたプロキシミティテストでは、ユーザが他のユーザにBluetoothの信号を送信し、RSSの値に閾値を設定してユーザ同士の近接を識別している（非特許文献2を参照）。WiFi（登録商標）信号のRSSを用いたプロキシミティテストでは、ユーザが送信した信号のRSSの時間変化の相関を利用している（非特許文献3を参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】H. Satoh, et al., "Ambient Sound-based Proximity Detection with Smartphones," in Proc. ACM Sensor Systems, Roma, Nov. 11-15, 2013

【非特許文献2】Shu Liu, et al., "Face-to-Face Proximity Estimation Using Bluetooth On Smartphones," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 13, No. 4, April 2014

10

20

30

40

50

【非特許文献3】A. Kalamandeen, et al., "Ensemble: Cooperative Proximity-based Authentication," in Proc. ACM Mobile systems applications and service, pp. 271-284, San Francisco, June 2010,

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

環境音の周波数スペクトルを利用する方法（非特許文献1）では、近接していない場合でも高い相関を示す可能性があり、識別精度とセキュリティの面で問題がある。Bluetooth信号の受信信号強度を用いる方法（非特許文献2）は、識別可能な範囲が狭いという問題がある。WiFiの信号の受信信号強度を用いる方法では、ユーザ間の距離が2メートル以上離れるとRSSの空間相関が低くなり、識別可能な範囲が狭いという問題がある。

10

【0006】

そこで、識別可能な範囲が広く、かつ安全性の高いプロキシミティテストの手法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明では、複数の端末で1つ以上のアクセスポイントから受信した参照信号の受信信号強度を観測し、端末間に共通する共有アクセスポイントからの共通参照信号の受信信号強度に基づいてプロキシミティを判断する。1以上の共有アクセスポイントからの受信信号強度をプロキシミティ判定の基礎に用いることで、識別可能範囲を拡張し、位置情報等の漏えいを防止する。複数の共有アクセスポイントからの受信信号強度の比を用いる場合は、識別可能範囲をさらに広げるとともに、アクセスポイントと各端末との位置関係の相違による影響を低減する。

20

【0008】

具体的には、本発明の一態様によるプロキシミティテスト方法は、

第1端末装置と第2端末装置の各々で1以上のアクセスポイントから報知される参照信号を観測し、

前記第1端末装置と前記第2端末装置の間で前記参照信号が共通に受信される共有アクセスポイントを特定し、

前記共有アクセスポイントからの共通参照信号の前記第1端末装置での受信信号強度と前記第2端末装置での受信信号強度とに基づいて、前記第1端末装置と前記第2端末装置との近接度を表わす特徴量を計算し、

30

前記特徴量を閾値と比較して、前記第1端末装置と前記第2端末装置が一定範囲の同じ空間内に位置するか否かを決定する。

【発明の効果】

【0009】

上記手法により、識別可能な範囲が広く、かつ安全性の高いプロキシミティテストを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

40

【図1】実施形態のプロキシミティテストの概要を示す図である。

【図2】第1実施形態のプロキシミティテストの基本概念を説明する図である。

【図3】第1実施形態のプロキシミティテストのシーケンス図である。

【図4】複数の端末間で共有アクセスポイントから受信するビーコンフレームのRSSの比と端末間距離の相関を示す図である。

【図5】第1実施形態のプロキシミティテストの評価のための予備実験の環境を示す図である。

【図6】予備実験での確認結果を示す図である。

【図7】第1実施形態のプロキシミティテストの評価環境を示す図である。

【図8】図7の環境での評価結果（識別正答率）を示す図である。

50

【図 9】第 1 実施形態のプロキシミティテストの別の評価環境を示す図である。
 【図 10】図 9 の環境での評価結果（識別正答率）を示す図である。
 【図 11】第 2 実施形態のプロキシミティテストの基本概念を説明する図である。
 【図 12】第 2 実施形態のプロキシミティテストのフローチャートである。
 【図 13】第 2 実施形態のプロキシミティテストの評価のための予備実験の環境を示す図である。
 【図 14】予備実験での確認結果を示す図である。
 【図 15】第 2 実施形態のプロキシミティテストの評価環境を示す図である。
 【図 16】図 15 の環境での評価結果（識別正答率）を示す図である。
 【図 17】第 2 実施形態のプロキシミティテストの評価環境を示す図である。
 【図 18】図 17 の環境での評価結果（識別正答率）を示す図である。
 【図 19】実施形態のプロキシミティテスト装置の概略構成図である。
 【発明を実施するための形態】

【0011】

図 1 は、実施形態のプロキシミティテストの概要を示す図である。端末装置間のプロキシミティを識別するために、1 以上のアクセスポイント（AP1～APN）からの参照信号、たとえばビーコンフレームの受信信号強度（RSS）の類似度を利用する。ビーコンフレーム（以下、適宜「BF」と略称する）は、アクセスポイント（以下、適宜「AP」と略称する）から所定の時間間隔でブロードキャストされる無線フレームである。BF 送信間隔は、システムによってあらかじめ決められていてもよいし（たとえば 100 ミリ秒に 1 回送信）、アドホックネットワークの場合はネットワークの開設局が設定してもよい。

【0012】

2 以上の端末装置間での RSS の類似度が得られればよいので、図 1 の端末装置 1 と端末装置 2 はともに移動端末であってもよいし、いずれか一方は固定端末であってもよい。端末装置 1 と端末装置 2 は複数の AP から BF を受信する。端末装置 1（以下、「端末 1」と略称する）と端末装置 2（以下、「端末 2」と略称する）の少なくとも一方が統計処理及び演算処理機能を有して、端末 1 と端末 2 の間のプロキシミティ（近接度）を判断してもよい。あるいは、端末 1 と端末 2 が図示しないサーバ装置に RSS 測定情報を送信して、サーバ装置でプロキシミティを判断してもよい。

【0013】

端末 1 と端末 2 の周囲には複数のアクセスポイント AP1～APN が配置され、端末 1 は、AP1、AP2、AP3、AP4 から BF を受信している。端末 2 は、AP2、AP3、AP4、AP5、AP6 から BF を受信している。現時点で端末 1 と端末 2 で共通して BF が受信されている AP は、AP2、AP3、AP4 である。端末 1 と端末 2 との間で共通するアクセスポイントからの BF の受信信号強度（RSS）の類似度を表わす特徴量を抽出し、特徴量を閾値と比較することでプロキシミティを判定する。この構成により識別可能範囲を広げ、安全性を確保する。

< 第 1 実施形態 >

図 2 は、第 1 実施形態の基本概念を説明する図である。第 1 実施形態では、特徴量として、複数の端末装置間で共通の AP から受信された信号強度（真値）の比またはその平均を用いる。判定時に、端末 1 は、AP1～AP4 の各々から BF を受信しており、端末 2 は、AP2～AP6 から BF を受信している。端末 1 と端末 2 の間で、共通して BF が受信されている AP は、AP2、AP3、AP4 である。これらのアクセスポイントを便宜上、「共有 AP」と呼ぶ。共有 AP からの BF を「共通 BF」と称してもよい。共通 BF はかならずしも同一時間に送信された BF である必要はなく、同じ AP から送信される BF という意味である。

【0014】

端末 1 において、AP2 からの BF の RSS は 2 である。この 2 は、受信した 47 個の BF の平均値であってもよいし、中央値であってもよい。端末 2 において、AP2 からの BF の RSS は 2 である。2 は受信した 8 個の BF の平均値であってもよいし、

10

20

30

40

50

中央値であってもよい。 R_{2} 及び R_{2} は、アンテナ端での受信パワーの真値として、たとえば[mW]の単位をもつ。特徴量としてのRSSの比は、 $\max(R_{2}, R_{2}) / \min(R_{2}, R_{2})$ で表される。分子は R_{2} と R_{2} のいずれか大きい方を表わし、分母は R_{2} と R_{2} のいずれか小さい方を表わす。したがって、RSSの比はかならず1以上の値となり、かつ単位のない値である。RSSの比が大きくなるほど、端末1と端末2の間の距離が大きくなることを意味する。一般的に、受信強度の差が大きくなると距離が離れるからである。

【0015】

AP3からのBFと、AP4からのBFについても、それぞれRSSの比である $\max(R_{3}, R_{3}) / \min(R_{3}, R_{3})$ と、 $\max(R_{4}, R_{4}) / \min(R_{4}, R_{4})$ を求める。

10

【0016】

この例では、3つのAPが共有APであるため、最終的な特徴量として、3つのRSSの比の平均値であるRaveを用いる。後述するように、Raveが所定の閾値以下である場合に端末1と端末2は同じ部屋にいると判断される。

【0017】

RSSの比の分母と分子を入れ替えて、特徴量を $\min(R_{2}, R_{2}) / \max(R_{2}, R_{2})$ で表してもよい。この場合は、RSSの比が小さくなるほど、端末1と端末2が離れていることになるので、Raveが所定の閾値以上である場合に端末1と端末2は同じ部屋にいると判断される。以下では、特徴量が大きくなるほど端末同士が離れていると判断されるように、RSSの比として $\max(R_{2}, R_{2}) / \min(R_{2}, R_{2})$ を用いる例を説明する。

20

【0018】

図3は、第1実施形態のプロキシミティテストのシーケンス図である。上述のように、端末1は統計処理及び演算処理が可能な任意の移動端末であってもよいし、所定の場所に設置された固定端末であってもよい。

【0019】

端末2が端末1にアクセス要求を送信すると(S101)、端末1は端末2にビーコンフレーム(BF)の観測要求を送信する(S102)。端末1は、端末2に観測要求を送信するとともに、端末1の通信範囲内に存在する1以上のAPから送信されるBFの観測を行う(S103)。観測要求の送信とBFの測定を開始は、同時であっても前後してもよい。

30

【0020】

端末2は、観測要求を受信すると、端末2の通信範囲内に存在する1以上のAPから送信されるBFの観測を行う(S103)。端末2は、BFの観測結果(RSS)を、そのBFの送信元APの識別情報とともに端末1に送信する(S104)。このRSS情報とAP識別情報は、たとえば図2に示すようにBFを受信したすべてのAP2~AP6のアドレス情報と、各APに対応して端末2で計算したRSSの平均値($R_{2} \sim R_{6}$)であってもよい。

【0021】

40

端末1は、S103で自端末で観測したBFの受信情報(BFの送信元APのアドレス情報及びRSS)を内部または外部のメモリに格納しておいてもよい。端末1は、端末2から観測結果を受け取ると、端末1と端末2で共通してBFが受信されている共有APを特定し、特徴量Raveを抽出する(S105)。共有APがひとつの場合は、RaveはそのAPから送信されるBFのRSSの比になる。共有APがない場合は、特徴量を抽出することができないので、次の観測結果の受信を待つ。

【0022】

特徴量Raveが抽出されると、端末1はRaveが閾値 $t h_R$ 以下であるか否か(Rave $< t h_R$)を判断する(S106)。Raveが閾値 $t h_R$ 以下である場合、端末1は、端末2が一定距離内の同じ空間あるいは同じ室内に存在すると判断して、端末2に所定の情報

50

またはサービスを提供する (S107)。

【0023】

なお、図3では2つの端末のいずれか一方でプロキシミティを判定しているが、端末1と端末2のそれぞれがBFの測定結果と対応するAPアドレスを図示しないサーバ装置に送信して、サーバ装置で端末1と端末2のプロキシミティを判定してもよい。

【0024】

図4は、Raveと端末間距離の相関を示す図である。図2のように、1以上のアクセスポイントからのBFを利用し、特徴量としてRSSの比 $\max(\quad, \quad) / \min(\quad, \quad)$ またはその平均値Raveを用いる場合、Raveが大きくなるほど距離が離れるという関係が15メートルまで確保される。15メートルを超えると、Raveと端末間距離の間の相関が保たれなくなる。したがって、所定の情報やサービスを提供する空間が半径7~8メートル以内の範囲であれば、端末同士が同じ空間に存在するか否かを判定するための閾値 t_{h_R} を適切に設定することで、高い識別精度でプロキシミティを判断することができる。

10

【0025】

第1実施形態の手法によると、プロキシミティの識別が可能な範囲が広がる。また、実際の位置情報の送受信が不要なのでセキュリティが確保される。さらに、複数のAPからのRSSの比の平均Raveを特徴量として用いる場合は、単一のAPからのRSSの比を用いる場合と比較して、端末とAPの位置関係の相違による影響を低減することができる。

20

【0026】

図5は、閾値 t_{h_R} をあらかじめ決定するための予備実験の環境を示す。受信端末RX1とRX2が同じ部屋にある場合と、そうでない場合でRaveを比較する。ルームAのサイズは4.8m x 6.6m、壁は厚さが10cmの鉄筋コンクリートである。ルームAの中に観測者が一人座っている。RX1を固定し、RX2を移動させて、位置関係(1)~(6)のそれぞれで周囲のAPからのBFを観測する。APの位置は未知である。位置関係(1)~(3)はRX1とRX2が同じ部屋に存在する状態、位置関係(4)~(6)はRX1とRX2が同じ部屋に存在しない状態である。BFの観測時間は5秒間、観測回数各位置関係で100回観測する。受信周波数は2.412GHzである。

【0027】

図6は、予備実験の結果を表わす。グラフの横軸はRave、縦軸はRaveのCDF (Cumulative Distribution Function: 累積分布関数) である。Raveは上述のとおり、共有APからのRSSの比の平均である。CDFは、横軸の値よりも低い結果が現れる頻度を示す。実線は2つの受信端末が同じ部屋にある場合のRave、破線は同じ部屋にない場合のRaveである。このグラフから明らかのように、特徴量としてRaveを用いることで、2つの受信端末が同じ部屋にある場合とそうでない場合を明確に区別することができる。

30

【0028】

次に、最適な閾値 t_{h_R} を決定する。閾値 t_{h_R} を変化させて、2つの受信端末が同じ部屋にあるかどうか、すなわち $Rave > t_{h_R}$ を満たすか否かを判断し、位置関係(1)~(6)のそれぞれで識別正答率を算出する。識別正答率の平均が最も高くなる値を t_{h_R} として選択する。図5及び図6の条件では、 t_{h_R} が9.6のとき($t_{h_R} = 9.6$)に識別正答率が最も高くなり、これを閾値とする。

40

【0029】

図7は、予備実験で決定した閾値 t_{h_R} を用いた評価実験の環境を示す。評価実験は、閾値決定のための予備実験と異なる環境で行う。ルームBのサイズは、6.6m x 7.8m、壁は厚さ10cmの鉄筋コンクリートである。ルームBの中で数人が座って作業を行っている。APの位置は未知である。それぞれ異なる位置関係(7)~(12)でBFを観測し、Raveを求める。位置関係(7)~(9)は、2つの受信端末が同じ部屋にある状態、位置関係(10)~(12)は、2つの受信端末が同じ部屋にない状態である。評価実験の諸元は、予備実験と同じく観測時間が5秒、観測回数が各位置関係で100回、

50

受信周波数は 2.412 GHz である。

【0030】

予備実験で決定した $t h_R = 9.6$ を用い、各位置関係で Rave が $t h_R$ 以下となる場合を同室と判定する。判定結果が実際の状態と一致する場合を正解とする。

【0031】

図 8 は、図 7 の評価環境での識別正答率を示す。同じ部屋に存在しないという判定の識別正答率は 100%、同じ部屋に存在するという識別正答率は 97% 以上であり、位置関係によっては 100% の正答率が得られる。

【0032】

図 9 は、予備実験で決定した閾値 $t h_R$ を用いた別の評価実験の環境を示す。ルーム C のサイズは、6.4 m x 7.3 m、ルーム D の平面形状は矩形ではない。ルーム C とルーム D の間に、厚さ 5 cm のパーティションが存在する。各部屋には観測者が一人座っている。AP の位置は未知である。それぞれ異なる位置関係 (13) ~ (18) で BF を観測し、Rave を求める。位置関係 (13) ~ (15) は、2 つの受信端末が同じ部屋にある状態、位置関係 (16) ~ (18) は、2 つの受信端末が同じ部屋にない状態である。評価実験の諸元は、予備実験と同じく観測時間が 5 秒、観測回数が各位置関係で 100 回、受信周波数は 2.412 GHz である。

【0033】

予備実験で決定した $t h_R = 9.6$ を用い、各位置関係で Rave が $t h_R$ 以下となる場合を同室と判定する。判定結果が実際の状態と一致する場合を正解とする。

【0034】

図 10 は、図 9 の評価環境での識別正答率を示す。同じ部屋に存在しないという判定の識別正答率は 95% 以上、同じ部屋に存在するという識別正答率は 97% 以上であり、位置関係によっては 100% の正答率が得られる。

【0035】

このように、1 以上の共通 AP からの BF の RSS の比またはその平均値を特徴量として抽出し、閾値と比較することで、5 m x 5 m を超える範囲でも高精度のプロキシミティ判定が実現する。

< 第 2 実施形態 >

図 11 は、第 2 実施形態の基本概念を説明する図である。第 2 実施形態では、特徴量として、複数の端末装置間で共通の AP から受信された信号強度の対数の差分の平均 d_{ave} と、 d_{ave} の分散 d_{var} を用いる。端末 1 と端末 2 の間で、共通して BF が受信されている共有 AP からの BF の RSS を利用する点は、第 1 実施形態と同様である。

【0036】

図 11 の例では、端末 1 と端末 2 の間の共有 AP は、AP 2、AP 3、及び AP 4 である。各 AP について、2 つの端末間の RSS の差 ($r_2 - r_2$)、($r_3 - r_3$)、($r_4 - r_4$) を求める。第 2 実施形態の RSS は真値の対数表記、たとえば [dBm] で表される。対数表記の場合、引き算は真値の割り算 (比) に対応するので、特徴量として RSS の比を用いる点で第 1 実施形態と一致する。第 2 実施形態では、 d_{ave} が第 1 閾値 $t h_{ave}$ 以下、かつ d_{var} が第 2 閾値 $t h_{var}$ 以下である場合に、2 つの端末が同じ部屋にあると判定することで、識別精度を高める。なお、共有 AP がひとつの場合は、 d_{ave} は 2 つの端末間の RSS の差分に対応し、 d_{var} はゼロとなる。

【0037】

図 11 では、AP 2 ~ AP 4 のすべてで () を用いているが、これは端末 1 での RSS の方が高いことを前提としている。RSS の差分としては、かならずプラスの値となるように、差の絶対値を用いるか、大きい方の値から小さい方の値を引き算するのが望ましい。

【0038】

図 12 は、第 2 実施形態のプロキシミティテスト方法のフローチャートである。この処理例では、サーバ装置にて各端末 (たとえば端末 1 と端末 2) からの情報を収集して端末

10

20

30

40

50

間のプロキシミティを判定する例を示すが、第1実施形態のように、いずれか一つの端末でプロキシミティ判定を行ってもよい。

【0039】

まず、各端末からBFの送信元APのアドレス情報(AP-ID)と、APごとのRSSを受信する(S201)。RSSと対応するAPのアドレス情報の受信に先立って、図3のS101とS102のように、各端末からのアクセス要求の受信と、観測要求の送信を行っていてもよい。

【0040】

受信した送信元APのアドレス情報とRSSから、複数の端末によってBFが共通に受信されている共有APを特定し(S202)、共通APごとに特徴量を抽出する(S203)。特徴量は、共有APに対する端末間のRSSの差()の平均値daveとRSSの差の分散dvarである。平均値daveと分散dvarの双方が、それぞれ対応する閾値以下である場合に(S204でYES、かつS205でYES)、2つの端末は同じ部屋に存在すると判断する(S207)。いずれか一方または双方の特徴量が閾値を超える場合は(S204とS205の少なくとも一方でNO)、2つの端末は同じ部屋に存在しないと判断する(S206)。

【0041】

端末間の距離が近い場合、RSS[dBm]の差分は小さくなるからdave、dvarともに小さくなる。端末間の距離が遠い場合は、次の3つのケースが考えられる。

(1) 共有APの分布に偏りが少ない。この場合、daveもdvarも大きくなる。

(2) いずれか一方の端末の近傍に位置する共有AP、すなわち両端末との距離の差が大きい共有APが多い。この場合、daveは大きくなるが、dvarはケース(1)と比較して小さくなる。

(3) 2つの端末の中間近傍に位置する共有AP、すなわち両端末からの距離の差が小さい共有APが多い。この場合、daveはケース(1)と比較して小さくなる。

【0042】

これらの点から、daveとdvarの双方がそれぞれ対応する閾値以下である場合に同じ部屋に存在すると判断する。

【0043】

図13は、閾値 th_{ave} と閾値 th_{var} を決定するための予備実験の環境を示す。受信端末RX1とRX2が同じ部屋にある場合と、そうでない場合でdaveおよびdvarを比較する。ルームBは、第1実施形態の評価実験で用いたのと同じ部屋であり、サイズは6.6m×7.8m、壁は厚さ10cmの鉄筋コンクリートである。それぞれ異なる位置関係(1)~(6)でBFを観測し、daveとdvarを求める。位置関係(1)~(3)は、2つの受信端末が同じ部屋にある状態、位置関係(4)~(6)は、2つの受信端末が同じ部屋にない状態である。予備実験の諸元は、第1実施形態と同じく観測時間が5秒、観測回数が各位置関係で100回、受信周波数は2.412GHzである。APの位置は未知である。

【0044】

図14は、予備実験の結果を表わす。図14のグラフ(A)の横軸はdave、縦軸はdave[dBm]のCDFである。グラフ(B)の横軸はdvar[dBm²]、縦軸はdvarのCDFである。グラフ(A)と(B)で、実線は2つの受信端末が同じ部屋にある場合のdaveとdvar、破線は同じ部屋にない場合のdaveとdvarである。これらのグラフから明らかのように、特徴量daveとdvarにおいて、2つの受信端末が同室にある場合とそうでない場合が明確に区別され得る。

【0045】

次に、最適な閾値 th_{ave} と th_{var} を決定する。閾値 th_{ave} と th_{var} を変化させて、位置関係(1)~(6)のそれぞれで、daveを単独で用いた場合の識別正答率と、dvarを単独で用いた場合の識別正答率と、daveとdvarの両方を併用した場合の識別正答率を算出し、それぞれで識別率が最も高くなる値を採用する。図14(A)と図

10

20

30

40

50

14(B)の場合、閾値 $t_{h_{ave}} [dBm]$ が 7.2、閾値 $t_{h_{var}} [dBm^2]$ が 27 のときに、識別正答率が最も高くなる。

【0046】

図15は予備実験で決定した閾値 $t_{h_{ave}}$ と閾値 $t_{h_{var}}$ を用いた評価実験の環境を示す。評価実験は、閾値決定のための予備実験と異なる環境で行う。ルームEのサイズは、4.8m x 6.6m、壁は厚さ10cmの鉄筋コンクリートである。ルームEの中で数人が座って作業を行っている。APの位置は未知である。受信端末RX1を固定、受信端末RX2を移動させて異なる位置関係(1)~(6)でBFを観測し、 d_{ave} と d_{var} を求める。位置関係(1)~(3)は、2つの受信端末が同じ部屋にある状態、位置関係(10)~(12)は、2つの受信端末が同じ部屋にない状態である。評価実験の諸元は、予備実験と同じく観測時間が5秒、観測回数が各位置関係で100回、受信周波数は2.412GHzである。

10

【0047】

予備実験で決定した $t_{h_{ave}} = 7.2$ だけを用いる場合、 $t_{h_{var}} = 27$ だけを用いる場合、および両方を用いる場合のそれぞれで、測定結果が閾値以下となる場合を同室と判定する。判定結果が実際の状態と一致する場合を正解とする。

【0048】

図16は、図15の評価環境での識別正答率を示す。同じ部屋に存在するという判定では、 d_{ave} だけを用いた場合、 d_{var} だけを用いた場合、両方を用いた場合のいずれをとっても識別正答率は100%である。同じ部屋に存在しないという判定では、 d_{var} だけを用いた場合と、 d_{ave} と d_{var} の両方を用いた場合で識別正答率が100%である。しかし、 d_{ave} だけを用いたとき、位置関係(5)において識別率が0%となり、受信端末RX1とRX2が同室にあると誤判断されている。

20

【0049】

図17は、予備実験で決定した閾値 $t_{h_{ave}} = 7.2$ と $t_{h_{var}} = 27$ を用いた別の評価実験の環境を示す。ルームCとルームDは、第1実施形態での2番目の評価環境と同じであるが、受信端末の位置関係が異なる。ルームCとルームDの間は、厚さ5cmのパーティションで仕切られ、ルームCの壁は厚さ5cmの鉄筋コンクリートである。各部屋には観測者が一人座っている。APの位置は未知である。それぞれ異なる位置関係(1)~(5)でBFを観測し、 d_{ave} と d_{var} を求める。位置関係(1)、(2)は、2つの受信端末が同じ部屋にある状態、位置関係(3)~(5)は、2つの受信端末が同じ部屋にない状態である。評価実験の諸元は、予備実験と同じく観測時間が5秒、観測回数が各位置関係で100回、受信周波数は2.412GHzである。

30

【0050】

予備実験で決定した $t_{h_{ave}} = 7.2$ だけを用いる場合、 $t_{h_{var}} = 27$ だけを用いる場合、および両方を用いる場合のそれぞれ、各位置関係の測定結果が閾値以下となる場合を同室と判定する。判定結果が実際の状態と一致する場合を正解とする。

【0051】

図18は、図17の評価環境での識別正答率を示す。同じ部屋に存在するという判定では、 d_{ave} だけを用いた場合、 d_{var} だけを用いた場合、両方を用いた場合のいずれをとっても識別正答率は100%である。同じ部屋に存在しないという判定では、 d_{ave} と d_{var} の両方を用いた場合で識別正答率が98%以上である。しかし、 d_{ave} だけを用いたとき、位置関係(3)と(4)で2つの受信端末が同室にあると誤判断されている。また、 d_{var} だけを用いたときは、位置関係(5)での識別正答率が下がっている。

40

【0052】

この評価結果から、 d_{ave} と d_{var} の両方を用いて閾値判断する場合、半径5m以上の範囲内で同室、別室ともに100%近くの識別正答率が得られることがわかる。

<変形例>

上述した第1実施形態と第2実施形態では、APの位置が未知の状態、2つの端末装置間で共通にBFが受信されている共有APを特定し、共有APから送信されるBFのR

50

SSの比を特徴量として用いた。この手法により、任意の場所でプロキシミティテストが可能になる。

【0053】

セキュリティを向上する観点からは、プロキシミティテストを行う端末装置（またはサーバ装置）1と通信可能な範囲内にあるAPの位置をあらかじめ特定しておき、端末装置（またはサーバ装置）1が特徴量の演算に用いる共通APを指定する構成としてもよい。その場合は、図3のS102の観測要求の中に、共通AP情報を含めてもよい。共通APは一つであっても、複数であってもよいが、端末装置間の位置関係の影響を低減する観点からは、2以上の共有APを用いるのが望ましい。通知する共有AP（または共有APセット）を定期的、または不定期に変更することで、セキュリティをさらに高めることも可能である。たとえば、端末装置（またはサーバ装置）1は、通信範囲内にあるAPの中から一定時間ごとにランダムに共有APセットを選択し、アクセス要求をしてきた端末装置2に通知してもよい。

10

【0054】

適用例として、店舗、イベント会場、スーパーマーケットなどの特定の場所に端末装置（またはサーバ装置）1とAPを配置し、閾値判定から同じ室内または建物内にあると判定された場合にサービス情報を提供する構成としてもよい。店舗やイベント会場の中央付近にAPを設置する場合は、単一のAPを共有アクセスポイントとして用いて、高い識別度を達成することができる。プロキシミティテストを行う端末装置1は、一例として、室内の中央近傍のAPと部屋のコーナーとの中間あたりに設置してもよい。

20

【0055】

また、第1実施形態のように受信信号強度の真値を用いる場合に、RSS比の分散を組み合わせて用いてもよい。

【0056】

実施形態では、ビーコンフレームの受信信号強度を利用してプロキシミティを判定したが、パイロット信号等、在圏する全端末に報知される任意の参照信号の受信信号強度を用いてもよい。

<装置構成>

図19は、実施形態のプロキシミティテスト装置10の概略ブロック図である。プロキシミティテスト装置10は、図1のような移動端末装置1であってもよいし、固定のサーバ装置であってもよい。プロキシミティテスト装置10は、プロセッサ11と、メモリ15と、無線通信部17と、BF測定部18を有する。無線通信部17は、1以上の無線アクセスポイントからビーコンフレーム（BF）を受信する。BF測定部18は、受信したBFの受信信号強度（RSS）を測定し、測定した結果をそのBFの送信元であるAPの識別情報と対応付けてメモリ15に格納する。無線通信部17はまた、他の端末装置から任意のAPを介してBFのRSS測定情報（対応するAP識別情報を含む）を受信する。プロキシミティテスト装置10が他の端末装置から直接BFのRSS測定情報を受信する場合は、無線通信部17の他に、第2の無線通信部を有していてもよい。

30

【0057】

メモリ15は閾値保持部16を有し、あらかじめ決定した閾値を記憶する。プロセッサ11は、特徴量計算部12と比較判断部13を有する。特徴量計算部12は、他の端末装置から受信したRSS測定結果と、自装置10で測定したRSS測定結果から、BFが共通に受信されている共有アクセスポイントを特定し、共有アクセスポイントごとに特徴量を計算する。特徴量は、共有アクセスポイントから受信したBFの他の端末装置と自装置10のRSSの比を少なくとも含む。

40

【0058】

比較判断部13は、特徴量を閾値保持部16に記憶されている閾値と比較して、他の端末装置が自装置10と同じ室内にあるか否かを判断する。特徴量がRSSの真値の比である場合は、特徴量を閾値 th_R と比較し、閾値 th_R 以下である場合に、同室にあると判断する。特徴量がRSSの対数値の比とその分散である場合は、特徴量を閾値 th_{ave}

50

及び $t_{h_{var}}$ と比較し、双方が閾値以下である場合に同室にあると判断する。

【0059】

プロキシミティテスト装置10は、CPU（Central Processing Unit：中央演算装置）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、通信インタフェース（I/F）、ユーザインタフェース等がバスで相互接続された汎用コンピュータで実現可能である。

【0060】

実施形態の手法または構成を用いることで、識別可能範囲を拡張し、実際の位置情報の送受信なしにプロキシミティを判定することが可能になる。

【符号の説明】

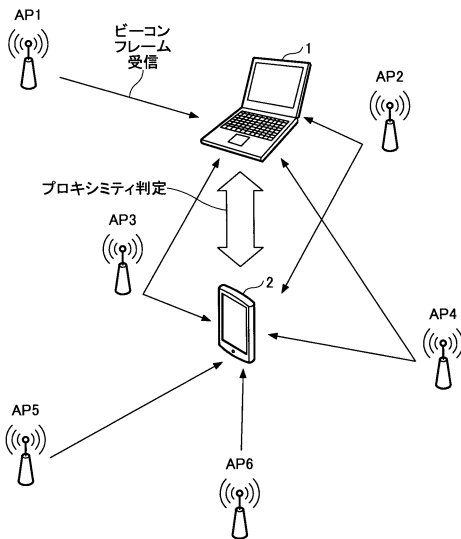
【0061】

- 1 端末装置
- 2 端末装置（他の端末装置）
- 10 プロキシミティテスト装置
- 11 プロセッサ
- 12 特徴量計算部
- 13 比較判断部
- 15 メモリ
- 16 閾値保持部
- 17 無線通信部
- 18 BF（ビーコンフレーム）測定部

10

20

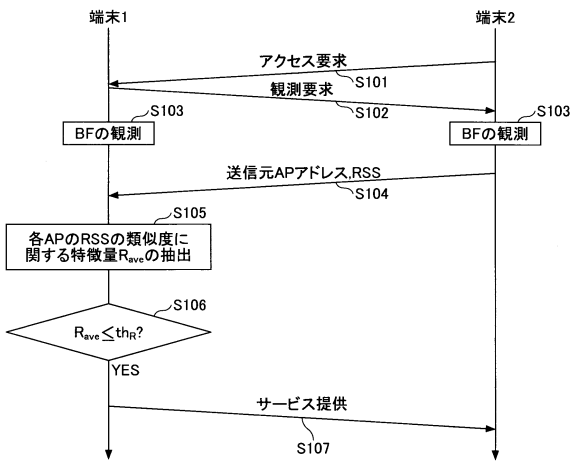
【図1】



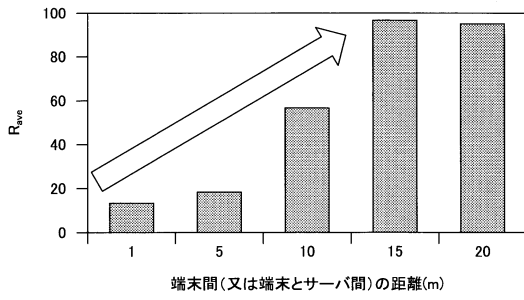
【図2】

	AP-ID	1	2	3	4	5	6
端末1	BF数	34	47	30	12	-	-
	RSS	α_1	α_2	α_3	α_4	-	-
端末2	BF数	-	8	32	38	36	44
	RSS	-	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6
RSSの比		-	$\frac{\max(\alpha_2, \beta_2)}{\min(\alpha_2, \beta_2)}$	$\frac{\max(\alpha_3, \beta_3)}{\min(\alpha_3, \beta_3)}$	$\frac{\max(\alpha_4, \beta_4)}{\min(\alpha_4, \beta_4)}$	-	-
	平均 R_{ave}	-	}			-	-
共有AP	4	3				2	1

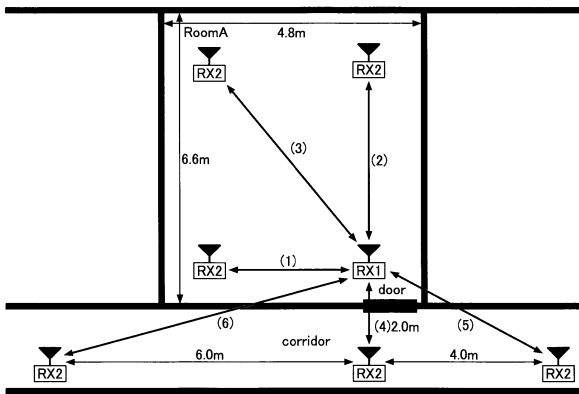
【図3】



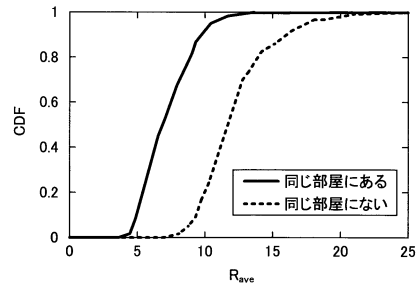
【図4】



【図5】

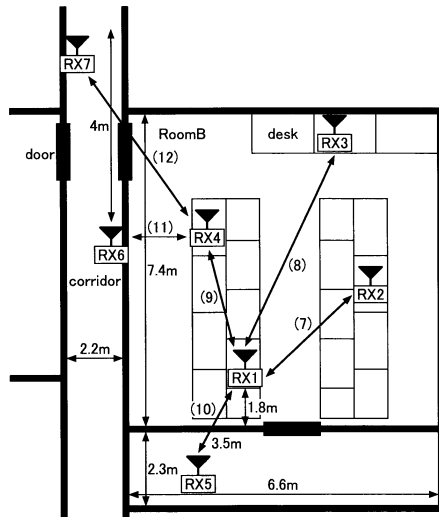


【図6】



観測時間	5 sec
観測回数	各ケース100回
受信周波数	2.412 GHz

【 図 7 】

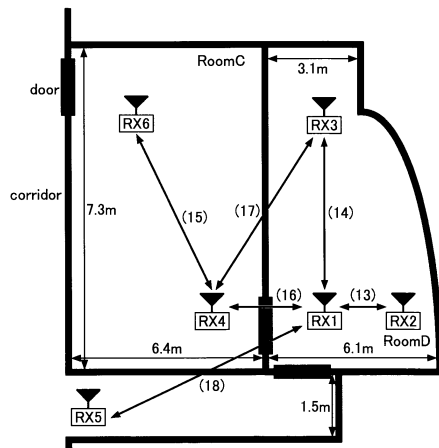


観測時間	5 sec
観測回数	各ケース100回
受信周波数	2.412 GHz

【 図 8 】

受信機	位置関係	識別正答率
同じ部屋に存在	(7)	97%
	(8)	98%
	(9)	100%
同じ部屋に存在しない	(10)	100%
	(11)	100%
	(12)	100%

【 図 9 】



観測時間	5 sec
観測回数	各ケース100回
受信周波数	2.412 GHz

【 図 10 】

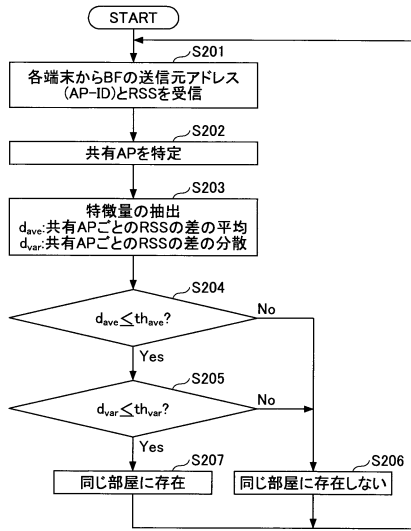
受信機	位置関係	識別正答率
同じ部屋に存在	(13)	97%
	(14)	98%
	(15)	100%
同じ部屋に存在しない	(16)	96%
	(17)	95%
	(18)	100%

【 図 11 】

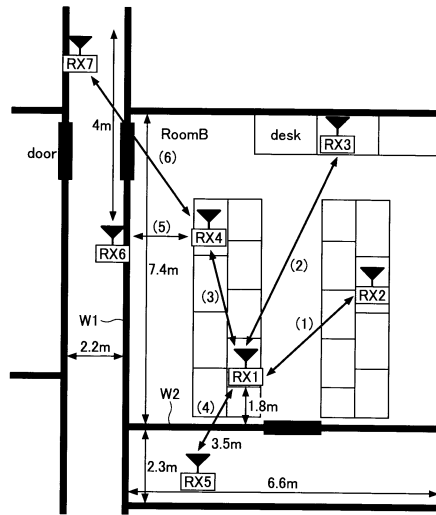
		共有AP						
	パラメータ	AP-ID	1	2	3	4	5	6
端末1	受信BF数	34	47	30	12	-	-	-
	RSS	α_1	α_2	α_3	α_4	-	-	-
端末2	受信BF数	-	8	32	38	36	44	-
	RSS	-	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	-
RSSの差		-	$\alpha_2 - \beta_2$	$\alpha_3 - \beta_3$	$\alpha_4 - \beta_4$	-	-	-

平均: d_{ave} 分散: d_{var}

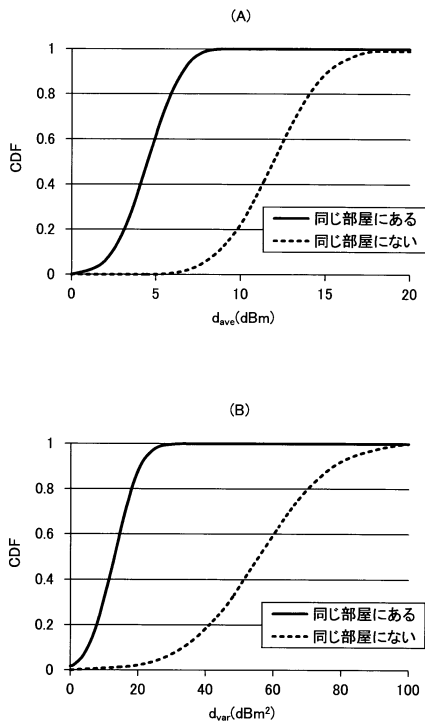
【図12】



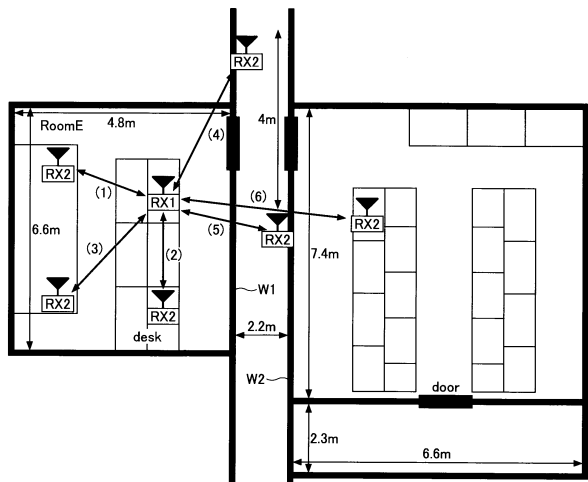
【図13】



【図14】



【図15】



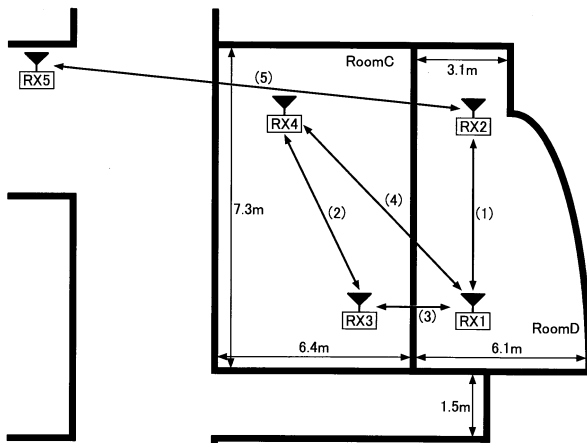
【図16】

受信機	位置関係	識別に用いた特徴量		
		d_{ave}	d_{var}	d_{ave}, d_{var}
同じ部屋に存在	(1)	100%	100%	100%
	(2)	100%	100%	100%
	(3)	100%	100%	100%
同じ部屋に存在しない	(4)	100%	100%	100%
	(5)	0%	100%	100%
	(6)	100%	100%	100%

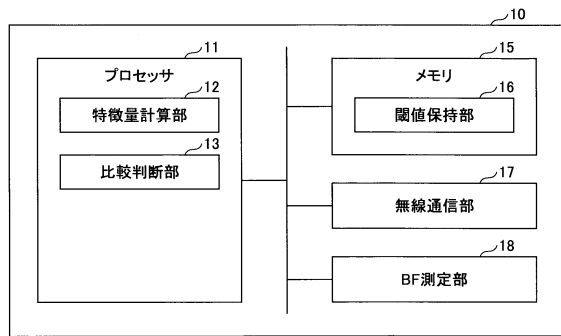
【図18】

受信機	位置関係	識別に用いた特徴量		
		d_{ave}	d_{var}	d_{ave}, d_{var}
同じ部屋に存在	(1)	100%	100%	100%
	(2)	100%	100%	100%
同じ部屋に存在しない	(3)	0%	98%	98%
	(4)	2%	100%	100%
	(5)	96%	76%	99%

【図17】



【図19】



フロントページの続き

(56)参考文献 韓国公開特許第10 - 2011 - 0115805 (KR, A)
米国特許出願公開第2014 / 0213283 (US, A1)
特開2005 - 160070 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 11 / 00 - 11 / 16 ,
G01S 5 / 00 - 5 / 14 ,
H04W 8 / 00 , 64 / 00