

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5449372号
(P5449372)

(45) 発行日 平成26年3月19日(2014.3.19)

(24) 登録日 平成26年1月10日(2014.1.10)

(51) Int.Cl.

F 1

HO4W 16/20	(2009.01)	HO4W 16/20
HO4W 4/04	(2009.01)	HO4W 4/04 190
HO4W 16/28	(2009.01)	HO4W 16/28

請求項の数 16 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-530488 (P2011-530488)
(86) (22) 出願日	平成21年10月8日 (2009.10.8)
(65) 公表番号	特表2012-505581 (P2012-505581A)
(43) 公表日	平成24年3月1日 (2012.3.1)
(86) 國際出願番号	PCT/EP2009/063085
(87) 國際公開番号	W02010/040799
(87) 國際公開日	平成22年4月15日 (2010.4.15)
審査請求日	平成24年9月11日 (2012.9.11)
(31) 優先権主張番号	12/249,077
(32) 優先日	平成20年10月10日 (2008.10.10)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	508214019 アバイア インク. アメリカ合衆国, O 7 9 2 0 - 2 3 3 2 ニュージャージイ, バスキング リッジ、 マウント エアリー ロード 211
(74) 代理人	100081053 弁理士 三俣 弘文
(72) 発明者	ヘヴァン ディビッド イギリス, シーエム23 3エヌキー ハートフォードシャー州、ビショップス ストートフォード、ソアリー パーク ロ ード 32

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】無線ネットワークのカバレッジの最適化

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線通信ネットワークの無線周波数フィールド強度を最適化する方法において、前記無線通信ネットワークは、変更可能なパワーレベルで信号を送信する無線アクセス・ポイント(2)と複数のセンサ(4, 6, 8)とを有し、

前記無線周波数フィールド強度は、送信された信号送信パワーのレベルに依存し、

前記各センサ(4, 6, 8)は、無線カバレッジの所定領域に関連する所定のロケーションを有し、

(A) 前記センサが、前記無線アクセス・ポイントから送信された信号を受信するステップと、

(B) 前記各センサが、受信した信号の受信信号パワーを測定するステップと、

前記受信信号パワーは、前記センサのロケーションにおける無線周波数フィールド強度に依存し、

(C) 前記無線アクセス・ポイントからの信号送信パワーを制御するステップと、

前記(C)ステップの制御は、前記各センサで測定した前記受信信号パワーと、前記センサでの予測受信パワーのレベルの差に基づいて行い、

前記センサでの予測受信パワーのレベルは、前記無線カバレッジの所定領域に対する前記各センサのロケーションの関数であり、

(D) 前記無線アクセス・ポイントからの信号送信パワーを、目的関数を最小にすることに基づいて、制御するステップと

10

20

を有し、

前記目的関数は、第1センサ、第2センサ、第3センサからなるグループから選択された複数のセンサからのコントリビューションを含み、

前記第1センサ(6)は、前記無線カバレッジ(14)の所定領域のエッジに配置され、

前記第2センサ(4)は、前記無線カバレッジ(14)の所定領域内に配置され、

前記第3センサ(8)は、前記無線カバレッジ(14)の所定領域外に配置され、

前記第1センサのコントリビューションの特性(図3)は、前記受信信号パワーの目標値(-70dBm)から離れると、増加し、

前記第2センサのコントリビューションの特性(図4)は、前記受信信号パワーが前記目標値(-70dBm)まで増加する間は、減少し、前記目標値を超えると一定となり、

前記第3センサのコントリビューションの特性(図2)は、前記受信信号パワーが前記受信信号パワーのしきい値(-95dBm)以上では、増加し、前記しきい値以下では一定であり、

前記しきい値(-95dBm)は、前記目標値(-70dBm)未満であることを特徴とする無線通信ネットワークの無線周波数信号強度を最適化する方法。

【請求項2】

(E) 前記無線アクセス・ポイントから送信された信号の放射パターンを制御するステップを更に有し、

前記放射パターンは、前記各センサでの測定値と、前記無線カバレッジの所定領域に対する前記各センサのロケーションとに依存し、

前記(D)ステップの制御は、前記各センサで測定した前記受信信号パワーと、前記センサでの予測受信パワーのレベルの差に基づいて、行うことの特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】

(F) アンテナ構成要素の重み付け値を、前記アンテナ構成要素に適用するステップを更に有し、これにより前記放射パターンを制御することの特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項4】

前記無線アクセス・ポイントは、複数のビームを構成するアンテナ配列を有し、

(G) 複数のゲイン特性を、前記複数のビームに適用するステップを更に有する

ことを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項5】

前記アンテナ配列は、複数のアンテナ構成要素を有し、

前記各アンテナ構成要素は、別のアンテナ構成要素により生成されたビームに隣接するビームを生成し、

(H) 前記アンテナ構成要素を、隣接するビームを生成するアンテナ構成要素に対し、前記隣接するビームに直交する極性を有するビームを放射するよう、配置するステップを更に有する

ことを特徴とする請求項4記載の方法。

【請求項6】

(I) 前記アンテナ配列の放射パターンを制御するステップを更に有し、

前記(H)ステップは、前記信号送信パワーをアンテナビーム間で不均等に分割することにより行う

ことを特徴とする請求項5記載の方法。

【請求項7】

(J) 前記各センサで、受信した信号のS/N比を測定するステップを更に有し、

前記信号送信パワーは、前記S/N比に基づいて制御される

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 1 - 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 8】

前記無線通信ネットワークは、複数の無線アクセス・ポイントを含み、

(K) 前記各センサで、複数の信号を受信するステップと、

前記各信号は、前記複数の無線アクセス・ポイントの 1 つから送信され、

(L) ある無線アクセス・ポイントを、各センサに対する最適サーバとして選択するステップと、

(M) 前記各センサで、前記最適サーバから受信した信号のパワーを測定するステップと、

を更に有し、

10

前記測定されたパワーは、前記各センサで前記最適サーバから受信した信号の測定値に依存して、制御される

ことを特徴とする請求項 1 - 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

(N) 前記最適サーバからの送信される信号送信パワーを、前記無線アクセス・ポイントのトラフィック負荷に依存して制御するステップを更に有し、

前記信号送信パワーは、前記トラフィック負荷が増加する時には前記無線アクセス・ポイントから送信される信号送信パワーを増加するアルゴリズムに従って、制御される、

ことを特徴とする請求項 8 記載の方法。

20

【請求項 10】

(O) 前記各センサで、複数の信号を受信するステップと、

前記複数の信号は、前記複数の無線アクセス・ポイントの内の 1 つから送信され、

(P) 前記各センサで、受信した信号のトータル・パワーを測定するステップと、
を更に有し、

前記信号送信パワーは、前記トータル・パワーの測定値に基づいて、制御される
ことを特徴とする請求項 1 - 9 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

(Q) 前記無線アクセス・ポイントから送信される信号送信パワーを制御するステップを更に有し、

30

前記制御は、目的関数を最小にすることに基づいて、行われ、

前記目的関数は、前記無線カバレッジの所定領域のエッジにあるセンサからのコントリビューションを含み、

前記コントリビューションの特性は、前記目標値から離れると増加する
ことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】

前記信号送信パワーは、前記無線アクセス・ポイントの信号送信パワーへ目的関数の所定の依存性に依存しながら、前記目的関数を最小にすることに依存して、制御される
ことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

40

【請求項 13】

信号を送信する無線アクセス・ポイントと複数のセンサとを有する無線通信ネットワークにおいて、

前記各センサは、無線カバレッジの所定領域に対し所定のロケーションを有し、

前記無線通信ネットワークは、

(A) 前記サンサに配置された受信機と、

(B) 前記サンサに配置された検出器と

(C) 無線ネットワーク・コントローラと、

を有し、

前記受信機 (A) は、前記無線アクセス・ポイントから送信された信号を受

50

信し、

前記検出器（B）は、受信した信号の信号受信パワーを測定し、

前記受信信号パワーは、前記センサのロケーションにおける無線周波数フィールド強度に依存し、

前記無線ネットワーク・コントローラ（C）は、前記無線アクセス・ポイントからの信号送信パワーを制御し、

前記制御は、前記各センサで測定した前記信号受信パワーと、前記センサでの予測受信パワーのレベルの差に基づいて行い、

前記センサでの予測受信パワーのレベルは、無線カバレッジの所定領域に対する前記各センサのロケーションの関数である、

前記無線ネットワーク・コントローラ（C）は、更に、前記無線アクセス・ポイントからの信号送信パワーを目的関数を最小に制御することに基づいて、制御し

前記目的関数は、第1センサ、第2センサ、第3センサからなるグループから選択された複数のセンサからのコントリビューションを含み、

前記第1センサは、前記カバレッジの所定領域のエッジに配置され、

前記第2センサは、前記カバレッジの所定領域内に配置され、

前記第3センサは、前記カバレッジの所定領域外に配置され、

前記第1センサのコントリビューションの特性は、前記受信信号パワーの目標値から離れると、増加し、

前記第2センサのコントリビューションの特性は、前記受信信号パワーが前記目標値まで増加する間は、減少し、前記目標値を超えると一定となり、

前記第3センサのコントリビューションの特性は、前記受信信号パワーが前記受信信号パワーのしきい値以上では、増加し、前記しきい値以下では一定であり、

前記しきい値は、前記目標値未満であることを特徴とする無線通信ネットワーク。

【請求項14】

前記無線アクセス・ポイントは、アンテナ配列を有し、

前記アンテナ配列は、

複数のビームを形成する複数のアンテナ構成要素と、

前記各アンテナ構成要素のビームのゲインを設定する制御可能なフィード・ネットワークと、
を有し、

前記複数のビームの内の隣接するビームは、相互に直交する極性を有することを特徴とする請求項13記載の無線通信ネットワーク。

【請求項15】

前記フィード・ネットワークは、パワースプリッタを有し、

前記パワースプリッタは、複数のアンテナビーム間で送信パワーを不均等に分割し、

前記アンテナビームは、方位角放射パターンの対向する第1の4分の1象限内に方向付けられている

ことを特徴とする請求項14記載の無線通信ネットワーク。

【請求項16】

前記パワースプリッタは、第1の3dBハイブリッド・ネットワークと、制御可能な位相シフタと、第2の3dBハイブリッドネットワークとを含み、

前記第1の3dBハイブリッド・ネットワークの第1入力ポートは、送信パワーのソースに接続され、

前記第1の3dBハイブリッド・ネットワークの第1出力ポートは、前記位相シフタを介して、前記第2の3dBハイブリッド・ネットワークの第1入力ポートに接続され、

前記第1の3dBハイブリッド・ネットワークの第2出力ポートは、前記第2の3

10

20

30

40

50

d B ハイブリッド・ネットワークの第 2 入力ポートに接続され、

前記第 2 の 3 d B ハイブリッド・ネットワークの第 1 と第 2 の出力ポートは、それぞれアンテナ構成要素に接続され、

前記アンテナ構成要素は、ビームを形成し、

前記ビームは、前記方位角放射パターンの第 2 の 4 分の 1 象限内に向けられることを特徴とする請求項 1 5 記載の無線通信ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データ通信ネットワークに関し、特に、無線アクセス・ポイントを含むネットワークのカバレッジを最適化する方法と装置に関する。 10

【背景技術】

【0002】

データ通信ネットワークは、無線リンクにより接続される装置を含む。無線接続には多くの利点がある。例えば、無線で接続された装置が移動可能になること、有線のインフラを実現することに関連することのコスト削減と便利さである。一般的に複数の静止型の無線アクセス・ポイントが、移動機器が無線接続を形成するローカル領域内に配置される。この様な無線接続は、標準（例えば IEEE 802.11n）に適合している。無線の接続ポイントは、接続された領域内に有効なカバレッジを適用するよう、かつ有線又は無線リンクによるデータネットワークへの接続が行えるよう、配置されている。しかし利用可能な無線のバンド幅は、官庁により課せられた周波数の割り当ての制限を受けるために、無線資源（バンド幅）を効率的に利用することが好ましい。これは、無線接続ポイントの配置点、送信パワー、利用周波数を注意深く計画することにより、達成できる。 20

【0003】

無線ネットワークの利用が増えるにつれて、無線通信ネットワークが互いに隣接する可能性が大きくなっている。例えある企業のネットワークは、隣のビルにいる企業が使用するネットワークに隣接することがあり、その結果、ネットワーク間の干渉が起こることがある。無線接続は、ネットワークのセキュリティを考慮すると、カバレッジの所望の領域外でも利用できることは好ましくない。従って、カバレッジを所定領域内（例えビル内、あるいは企業内）に制限することが望ましい。ロケーションとは、その場所で許容可能な品質で信号を受信できる無線カバレッジを有するとされる。カバレッジを規定するのに用いられる信号品質の基準には幾つかある。例えば、信号パワーレベル、S/N 比、干渉比、ビットエラーレートである。一般的に、無線通信ネットワークは無許可のバンド幅で動作する。例えこのバンド幅は、2.4 GHz あるいは 5 GHz での工業用、化学用、医療用のバンド幅である。このバンド幅においては、多くの他の装置例えばビデオセンダが動作可能である。更に電子レンジのような装置も、このバンド幅内で動作し（雑信号を発生する）、このバンド幅の間で動作する無線通信ネットワークの動作と干渉ことがある。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 7 1 8 4 7 7 7 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 7 1 8 1 2 4 5 号明細書

【0005】

センサを、アクセス・ポイントの設置、送信パワー、動作周波数の観点から、無線通信ネットワークを計画する際、用いることは公知である。この様なセンサは、ネットワーク内のアクセス・ポイントから送信された信号の受信パワーを測定し、他のネットワークあるいは他の装置からの干渉信号を検知する。この信号の受信パワーは、アンテナのゲインにより、センサのアンテナの位置における無線周波数フィールドの強度に関連する。この受信パワーの測定値を、無線周波数フィールド強度の指標として用いている。この様 50

なセンサは、一般的に携帯型の装置であり、ある領域内の活性状態にあるアクセス・ポイントをサーチするのに用いられる。センサは、スペクトル解析機能を実行して、信号が専有する周波数と、干渉と、信号解析とを実行して、干渉信号から所望の信号を区別している。センサは、利用可能なアクセス・ポイントを得るサーチを実行する。この様なサーチには、受動型あるいは活性型のスキャニングが関連する。受動型のスキャニングは受信信号の測定のみが関係し、活性型のスキャニングはビーコンプローブの送信に関与する。このビーコンプローブに、利用可能なアクセス・ポイントは、応答するようプログラムされている。

【0006】

センサは、サーバとネットワーク管理局に接続されている。これは特許文献1に開示されている。この様なシステムは、パフォーマンス・マネージャを有し、現在の無線周波数状態の影響を緩和するためのアクションを開始する。パフォーマンス・マネージャは、アクセス・ポイントを構築して、他のチャネルで動作できるようにするか、センサが検知した干渉信号の高いレベルに応答して、アクセス・ポイントの送信パワーを調整する。10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

無線通信ネットワークのプランニングは、プランニング・ツールを用いて実行される。このツールの一例は、Nortel WLAN Management Software 2300シリーズである。この様なツールは、無線のカバレッジがモデル化するのに必要とされる領域のマップに入り、オペレータが、公知の周波数障害の詳細をマップに追加する方法を提供する。このツールは、領域内の無線周波数カバレッジを予測し、動作パワーと周波数をモデル内で調整して、必要なカバレッジ領域を与える。しかしモデルの正確さは、オペレータによるデータ入力で制限されてしまう。即ち伝搬条件は、複雑であり、全ての無線周波数の障害と反射が認識されるわけではない。更にアクセス・ポイントを設定する際のフレキシビリティは、現実の制約条件で制限されてしまい、アクセス・ポイントの送信パワーと動作周波数の調整により、カバレッジを最適化するには限界がある。20

【0008】

本発明の目的は、これらの問題点を解決する方法と装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1の態様によれば、本発明の方法は、請求項1に記載の通りである。

カバレッジの所定領域のエッジにセンサを配置する利点は、所定領域内にカバレッジを制限することによりカバレッジを最適化できる点である。

カバレッジの所定領域外にセンサを配置する利点は、所定領域外のカバレッジを最小にすることによりカバレッジを最適化できる点である。

アクセス・ポイントから送信された信号パワーを、複数のセンサのそれぞれで測定されたパワーと複数のセンサのそれぞれでの予測パワーレベルとの間の差に依存して制御し、かつ各センサの位置に依存して制御することは、次のような利点がある。即ち、制御は、各センサ間でコンフリクトする要件の間のトレードオフを決定する所定のアルゴリズムで、実行できる点である。その結果、得られた無線カバレッジとカバレッジの所定領域との間の対応が、最適化される。40

【0010】

無線アクセス・ポイントからの放射パターンは、各センサでのパワー測定値と、カバレッジの所定領域内における各センサの位置に基づいて制御される。放射パターンを制御する利点は、アクセス・ポイントの送信パワーは方向に応じて制御される点である。その結果、カバレッジは、カバレッジの所定領域内で最大になり、所定領域外で最小になる。これは、一定の放射パターンを持ったアクセス・ポイントで達成するよりも遙かに効率的である。

【0011】

50

20

30

40

50

各センサにおける受信信号の S / N 比を測定し、アクセス・ポイントの放射パワーの制御を、この測定値に基づいて行う。この方法の利点は、カバレッジは S / N 比の観点から最適化され、干渉を受けるカバレッジのより正確な予測が可能となる。これは、信号パワーのみを測定して得られるよりも、より正確である。ここで、S / N 比は、信号ノイズ信号比又は信号 / 干渉信号比の両方を意味する。

【0012】

ネットワークは複数のアクセス・ポイントを有し、このアクセス・ポイントの送信パワーの制御は、各センサで受信した「最適サーバ」のパワーに依存する。「最適サーバ」とは、センサにおける信号強度の観点から最適信号を提供するアクセス・ポイントである。最適サーバの信号強度を測定する利点は、目的関数は、複数のアクセス・ポイントからなるネットワーク内で得られたカバレッジを表す点である。10

【0013】

各センサで受信した信号の全パワーが測定される。これは、最適サーバの信号パワーの概算値となり、経済的なセンサを実現できる利点がある。

【0014】

アクセス・ポイントの送信パワーは、アクセス・ポイントのトラフィック負荷に依存する。これは、複数のアクセス・ポイントからなるネットワークにおいて、高負荷のアクセス・ポイントのカバレッジ領域が減り、低負荷のアクセス・ポイントのカバレッジ領域が増加する利点がある。これにより、ネットワーク内の負荷のバランスがとれ、ネットワークの輻輳（混雑）を緩和する。このバランスをとることは、目的関数を最小化することにより達成され、この目的関数へのコントリビューションは、トラフィック負荷に基づく。20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施例による無線通信ネットワークのブロック図。

【図2】カバレッジの所定領域外にある第3センサの目的関数に対するコントリビューションを受信パワーの関数として表す図。

【図3】カバレッジの所定領域のエッジにある第1センサの目的関数に対するコントリビューションを受信パワーの関数として表す図。

【図4】カバレッジの所定領域内にある第2センサの目的関数に対するコントリビューションを受信パワーの関数として表す図。30

【図5】アンテナパターンを制御したアクセス・ポイントのカバレッジの領域を表す図。

【図6】本発明によるアクセス・ポイントを表す図。

【図7】本発明によるフィードネットワークと、ビームアンテナを表す図。

【図8】本発明によるネットワーク内にあるアンテナビームのカバレッジの領域を表す図。40

【図9】本発明によるネットワーク内にあるセンサのマルチホップネットワークを表す図。

【図10】本発明による1つのアクセス・ポイントを具備したシステム内のメッセージの論理的なフローを表す図。

【図11】本発明の一実施例により4本のビームをそれぞれ具備した2個のアクセス・ポイントを有するメッセージの論理フローを表す図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明は、複数の無線アクセス・ポイントを含むネットワークのカバレッジを最適化する方法と装置である。本発明の実施例は、会社内あるいは工場内を例に説明する。会社内には、無線アクセス・ポイントを含むネットワークがある。無線アクセス・ポイントは、接続ポイントあるいは基地局とも称する。この無線アクセス・ポイントとユーザの装置とが無線接続を構成する。アクセス・ポイントは、無線接続用のトランシーバと、データネットワークの更なる部分へ接続される有線設備を含む。有線設備は、他の場所にあ50

るデータセンタを含む会社のネットワークでもある。更にアクセス・ポイントは、インターネットへの接続も含む。無線トランスシーバを具備する様々な装置は、ネットワークに接続ポイント（パソコン、携帯機器、PDA（personal digital assistant））を介して接続される。これらの機器は、アクセス・ポイントのカバレッジ領域内で移動し、更に会社内の複数のアクセス・ポイント間でも移動する。

【0017】

本発明は、あらゆる種類のデータと通信するデータネットワークに適用される。このデータの一例は、デジタル符号化された音声信号、オーディオ信号、画像ストリーム、ビデオストリーム等である。無線信号は、工業標準、例えばIEEE802.11のWi-Fiに、更にウルトラワイドバンド無線等の工業標準にも適しているが、特定の標準にだけ適したものではない。

10

【0018】

図1において、本発明のネットワークは、カバー領域12の所定領域内に、3個のアクセス・ポイント2a, 2b, 2cと、カバー領域12の3箇所の場所に配置されたセンサとを有する。

カバレッジの所定領域内に配置されたセンサは、Mセンサ4a...4eである。

カバレッジの所定領域エッジに配置されたセンサは、Eセンサ6a...6gである。

カバレッジの所定領域外に配置されたセンサは、Oセンサ8a...8eである。

カバレッジの所定領域は、ネットワークのプランナあるいは管理者により規定された領域である。その中では、無線周波数のリンクが、ユーザの機器とアクセス・ポイントあるいは複数のアクセス・ポイントの内の1個のアクセス・ポイントとの間で確立される。建物内においては、所定領域はフロア（床）で規定される。そのフロアでは、ユーザは許容可能な信号品質で無線周波数RF信号を受信することができる。信号品質は、信号レベルで規定される。カバレッジの領域は、フロア上に伸びる空間あるいは領域を表す。このフロアのスペース上にユーザの装置が配置され、そして空間の高さはアプリケーションに依存する。例えば倉庫内ではカバレッジの所望の領域は、事務所よりも遙かに高い。所定のカバレッジは、領域として記載されるが、本発明は、二次元空間のカバレッジを最適化することに限定されず、三次元空間内を最適化してもよい。センサは、ビルの壁、床、天井にも配置される。

20

【0019】

30

各センサは、無線通信ネットワークのコントローラと通信状態にある。コントローラは、アクセス・ポイントの近傍あるいはそこから離れた場所にあってもよい。通信は、アクセス・ポイントが使用する無線リソースの手段により行われるか、あるいはアクセス・ポイントとユーザの機器との間の通信に用いられる標準とは別の標準で動作する無線資源で行われる。例えばアクセス・ポイントが、5GHz WiFiのバンドで動作し、センサと無線通信ネットワーク・コントローラとの間の通信は、2.4GHz WiFiバンドで動作してもよい。あるいはその逆でもよい。

【0020】

40

別の構成として、センサは、無線通信ネットワークコントローラとある無線プロトコルを用いて通信する。この無線プロトコルは、低速データ通信用であり、例えばZigbeeあるいはセンサ・ネットワークに適用可能なプロトコルである。センサは、安価・小型で低消費電力の機器であり、周囲からパワーを拾い集めることもできる。後者の場合は、センサに提供されるバッテリーあるいはメインの電力は必要なくなる。センサは、反射された無線周波数信号を変調することにより通信する。この技術は、無線周波数IDタグの技術分野で公知であり、これにより低電力の動作が可能となる。

【0021】

別の構成として、センサは、メインの電力ソケットにコンセントを差し込むことにより電力を得てもよい。センサと無線通信ネットワーク・コントローラとの間の通信は、パワーライン通信技術で実現できる。この技術によれば、信号は、センサから無線通信ネットワーク・コントローラへのデータリンクに接続される適宜の場所に送られる。

50

【0022】

カバレッジの領域の外にあるセンサは、アクセス・ポイントが使用する無線資源以外の通信手段を用いてもよい。ある場合においては、カバレッジの所望の領域外にあるセンサは、アクセス・ポイントが使用する無線資源を用いることができる。但しこれは、通信が低速のデータレートで行われ、S/N比がアクセス・ポイントと通信するユーザの装置との通信に許容できる以下の場合である。

【0023】

図1において、無線ネットワーク・コントローラ10は、アクセス・ポイント2a, 2b, 2cとデータリンクを介して通信状態にある。このデータリンクは、従来の有線接続あるいは無線リンクあるいは他のリンクを含む。無線ネットワーク・コントローラ10は、各無線アクセス・ポイントからの放射パワーと放射パターンを制御する。これは、各センサにおける測定値と各センサとカバレッジの所望の領域との相対的関係に基づいて行われる。各アクセス・ポイントの放射パターンと送信パワーの制御は、アクセス・ポイントのカバレッジ領域14a, 14b, 14cの領域を合わせた領域が、カバー領域12の所望の領域にほぼ近くなるように行われる。図1の例においては、アクセス・ポイント2cは全方向の放射パターンを有し、カバレッジ領域14cはアクセス・ポイント2cの送信パワーにより制御される。アクセス・ポイント2a, 2bは、放射パワーの制御又はそれぞれのアクセス・ポイントの放射パターンの制御により決定されるカバレッジの領域を具備する。

【0024】

アクセス・ポイント2a, 2b, 2cの放射パワー又は放射パターンは、コスト関数（即ち目的関数）を最小にする手段により得られる。目的関数は、センサからのコントリビューションの組み合わせに基づく。目的関数は、それを最小化することのより所望のソリューションに近づくように設計される。ソルーションとは、電界強度パターンであり、カバレッジの所望の領域にできるだけ近づくよう最適化されるカバレッジの領域を与える。ロケーションは、信号をそのロケーションで許容可能な品質で受信するカバレッジを有する。この信号品質は、信号パワーのレベル、S/N比、信号干渉比、ビットエラーレートで決まる。これらの測定値は、問題となっているロケーションにおける無線周波数フィールド強度に関連する。目的関数の最小化は、無線周波数フィールド強度のパターンの最適化とも見ることができる。その為、無線ネットワーク・コントローラ10は、各アクセス・ポイントを、目的関数を最小にするような方法で、各アクセス・ポイントの放射パターンあるいは送信パワーを制御する。

【0025】

本発明の実施例は、1個のアクセス・ポイントのみを含む。この場合、目的関数の最小化が、これは通常無線通信ネットワークのコントローラの制御により行われるが、アクセス・ポイントから送信された信号パワーの放射から得られる信号強度の最適化となるよう、目的関数は予め決められる。

【0026】

図2, 3, 4は、センサが受信する信号のパワー測定値を、そのセンサからの目的関数へのコントリビューション16に関連づける。図は、それぞれ、センサが受信したパワーとセンサからのコントリビューション16の関係を示す。具体的には、図2は、センサ（特許請求の範囲では第3センサ）がネットワークのカバレッジの所望の領域外にある場合であり、図3は（特許請求の範囲では第1センサが）そのエッジにある場合であり、図4は（特許請求の範囲では第2センサが）領域内にある場合である。この場合、目的関数は、ネットワークのカバレッジとカバレッジの所望のパターンとの間の対応に応じて変化する関数である。例えば、目的関数は、所望の領域内のカバレッジが増加すると減少し、逆に信号パワーの量の増加がカバレッジの所定領域外で検知されると増加する。

【0027】

図2から分かるように、カバレッジの所望の領域外にあるセンサからの目的関数へのコントリビューション16は、受信パワーが許容可能な最大値（-95dBm）以下の

10

20

30

40

50

場合は一定であり、この最大値以上の受信パワーの場合は増加する。受信したパワーの許容値（即ちしきい値）は、無線リンク（20MHz）の動作チャネル内では -95 dBm である。このしきい値は、接続が辛うじて可能なレベルに設定される。このしきい値は、特定のシステムの要件に応じて他のレベルに設定してもよい。特定のシステムでは、しきい値をノイズ・フロアに設定のが望ましい。しきい値以上の受信パワーに対する目的関数に対するコントリビューション 16 は、所定のパワーレベルで信号を受信することに関連するメリットあるいはデメリットに応じて適宜の形状に設定される。例えばカーブの適宜の形状は、受信したパワー対しきい値パワーの比率の対数の自乗である。言い換えると、デシベル値の自乗である。別の構成として、受信したパワーレベルと目的関数へのコントリビューションとの間の関係が、線形関数、対数関数、多項式関数、あるいはこれらの関数の組み合わせもメリットがある。同様な考慮が、図 3, 4 の目的関数にも適用される。

【0028】

図 3 に示すように、カバレッジの所定の領域のエッジにあるセンサにおいては、目的関数へのコントリビューション 16 は、受信したパワーが変化する（即ち許容可能な最小信号レベルに対応する値より上あるいは下になる）と、増加する。図に示した場合においては、-70 dBm のパワーレベルが、20MHz バンド幅における最小許容可能な信号レベルとして示されている。この許容可能なレベルは、システム特有なものであり、変調フォーマットや意図したデータレートに応じて変わる。更に許容可能なレベルは、干渉環境に応じて変わり、その結果干渉が予測される場合には、干渉がない場合よりも高い許容可能信号レベルが設定される。

【0029】

図 4 に示すように、カバレッジの所定領域内のセンサに対しては、目的関数に対するコントリビューション 16 は、受信パワーが最小許容信号レベルに対応する値（-70 dBm）以下になった時には増加する。図 3 の場合と同様に、-70 dBm の信号レベルは、許容可能な最小信号レベルである。受信信号パワーが、許容可能レベル以上の場合には、目的関数へのコントリビューションは一定である。このことは、許容可能レベル以上の信号パワーの場合には、許容可能レベルで受信した信号と比較すると取り立てて利点はないことを意味する。一般的に一定値は 0 であるが、他の値も目的関数の形式に応じて採りうる。ある場合においては一定値でなくてもよい。例えば目的関数へのコントリビューションは、所定の最大受信パワーレベル以上では上がるが、これはネットワーク内の電力消費を最低にするためである。例えば電力消費は、アクセス・ポイントからの送信パワーに関連するからである。

【0030】

図 2, 3, 4 に示すように、信号パワーは、センサから見た最適サーバのパワーである。言い換えると、最適サーバとは、信号レベルあるいは S/N 比の観点からの最適信号を提供するアクセス・ポイントである。あるアクセス・ポイントを最適サーバとして選択することは、コントローラがカバレッジパターンを最適化すると、変わる。かくして目的関数を最小にする自動プロセスを繰り返しプロセスとして行うことができ、更にセンサの出力を生成するために別の最適のサーバを選択することにより、不連続性が発生することがある。

【0031】

一変形例において、近似的に最適サーバの選択のために、センサで受信するサーバの全パワーを用いて目的関数へのコントリビューションを計算することもできる。この最適化は、センサのデザインを単純化する利点があり、そのため、センサのコストと電力消費を最小にすることができる。

【0032】

アクセス・ポイントの送信パワー又は放射パターンを、目的関数を最小にするような様々なアルゴリズムを用いて、制御できる。目的関数即ちコスト関数の最小化は、カバレッジに対するメリット係数を表す関数を最大化することに等しい。目的関数を最小にす

10

20

30

40

50

る公知の方法は、Nelder-Mead Downhill Simplex アルゴリズムである。このアルゴリズムは、制御可能な変数、例えば送信パワー、アンテナビームの減衰、アンテナ構成要素に適用される複素重み係数を変動させることにより、そして目的関数での変動の効果を測定することにより、機能する。その後制御可能な変数を更新して目的関数を最小にする。目的関数を最小にする他のアルゴリズムは公知である。例えば、simple sequential perturbation アルゴリズムである。このアルゴリズムにおいては、各変数が個別に変動し、更新が目的関数を最小にする方向に向いて、行われる。

【 0 0 3 3 】

図 5においては、アクセス・ポイント 2 の放射パターンの制御を、複数のアンテナビームに適用されるゲインを制御することにより行う。それぞれのビームのカバレッジ領域 14 a, 14 b, 14 c, 14 d は、それぞれのビームのゲインを制御することにより変動する。同図では、4 個のビームが示されているが 4 以外の数のビームも可能であり、例えば方位角あるいは高さ変化させることも可能である。これにより三次元の放射パターンも形成できる。10

【 0 0 3 4 】

ビームのカバレッジの領域の間のオーバーラップする領域、例えばカバレッジ領域 14 a とカバレッジ領域 14 b の領域の間のオーバーラップ領域において、それぞれのビーム間の干渉が、放射パターンをヌルにしてしまう。しかしこれはカバレッジを最大にする観点からは好ましくはない。ヌルの形成を回避するために、特許文献 2 においては、空間的に隣接するビームを、直交極性上で動作するように配置し、これにより、隣接するビーム間の干渉を回避している。20

【 0 0 3 5 】

図 6 は、図 5 のビームパターンを実現するアクセス・ポイント 2 を表す。無線ネットワーク・コントローラ 10 は、アンテナ・フィード・ネットワーク 20 の制御下にある。このアンテナ・フィード・ネットワーク 20 は、信号を、無線トランシーバ 22 との間、及び無線トランシーバ 22 とビーム・アンテナ 18 a, 18 b, 18 c, 18 d との間で、送受信する。ビームアンテナは、信号を直交極性で送受信する構成要素を具備する。複数の無線チャネル例えば diversity branches があり、それらは、無線トランシーバ 22 から接続 21 a, 21 b を介してアンテナ・フィード・ネットワーク 20 に接続される。チャネルは、ダイバースアンテナパターンで例えば直交ダイバシティ・パターンで動作するよう、用いられる。30

【 0 0 3 6 】

図 7 は、図 6 のアンテナ・フィード・ネットワーク 20 とビーム・アンテナ 18 a, 18 b, 18 c, 18 d の詳細図である。アンテナ・フィード・ネットワーク 20 は、公知の原理で動作する。即ち不均等の電力分割（パワースピリット）が、バック-ツ-バックの 3 dB ハイブリッドからなり、これらの間に位相シフタが配置される構成のネットワークで、無損失で達成される。位相シフタの調整によりパワースピリットが決定でき、減衰器も用いる非効率性を回避できる利点がある。

【 0 0 3 7 】

この動作原理が、3 dB ハイブリッド 24 a, 24 b を例に示される。位相シフタ 26 a の調整により、3 dB ハイブリッド 24 a のポート A に加えられるパワーを、3 dB ハイブリッド 24 b のポート B とポート C の間で分割するのを決定できる。類似する様々なスプリッタを連続配置して、アンテナ・フィード・ネットワーク 20 の接続点 21 a における入力を、ビーム・アンテナ 18 a, 18 b, 18 c, 18 d のそれぞれのアンテナチャネル V A, H B, V C, H D の間で分割する。ここで V は垂直方向の極性を、H は水平方向の極性を表す。極性の指定は任意であり、他の直交の対も用いることができる。例えば + / - 45 度の線形極性、あるいは右回転あるいは左回転する極性である。パワースピリットは、無線ネットワーク・コントローラ 10 により制御される位相シフタ 26 a, 26 b, 26 c の設定により、決定される。40

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

アンテナ・フィード・ネットワーク20の接続点21bにおける入力を、ビーム・アンテナ18a, 18b, 18c, 18dのそれぞれのアンテナチャネルHA, VB, HC, VDの間で分割する。パワースピリットは、無線ネットワーク・コントローラ10により制御される位相シフタ26d, 26e, 26fの設定により決定される。

【0039】

multiple in, multiple out (MIMO) のアプリケーションにおいては、これは標準 IEEE 802.11n を用いた場合に採用されるが、2 個の MIMO ブランチである MIMO 1 と MIMO 2 は、アンテナ・フィード・ネットワーク 20 の接続 21a, 21b を有する。従って、本発明の実施例は、この様な MIMO アプリケーションの使用にも適する。

10

【0040】

別の構成においては、3dB ハイブリッド 24d, 24e, 24j, 24k が、ビーム・アンテナ 18a, 18b, 18c, 18d の別々のそれぞれのアンテナ構成要素に接続される。原理的には、所定の MIMO の接続 21a 又は接続 21b は 4 本のアンテナ構成要素に接続される変形例も実施可能である。一般的に、各 MIMO の接続 21a 又は 21b は、カバレッジ領域が一致しないアンテナ構成要素に接続されるのが好ましい。その理由は、カバレッジの最適の制御を与えるためである。MIMO の接続 21a 又は 21b に対する隣接するビームは、直交するのが好ましい。その理由は、ビーム間のオーバーラップ領域における干渉を回避するためである。

【0041】

20

図 7 のフィード・ネットワークは拡張可能であり、これによりあらゆる数のアンテナ構成要素を提供できるようになる。これは、カスケード接続された適宜の数のパワースピリッタを用いることにより、可能となる。この場合パワースピリッタは、バック - ツ - バックの 3dB ハイブリッドと位相シフタ（図 7 では、3dB ハイブリッド 24a, 24b, 位相シフタ 26a）により形成される。

【0042】

図 8 は、アクセス・ポイント 2a, 2b, 2c のビームゲインの制御の効果を示す。この場合、アクセス・ポイントは図 6 に示すよう構成される。それぞれのビームパターンのカバレッジ 14a...14l の領域は、無線ネットワーク・コントローラ 10 の制御の元で調整されて、カバレッジ 12 の所望の領域内のカバレッジを最適にする。

30

【0043】

図 9 は、図 1 に示すネットワークのセンサと無線ネットワーク・コントローラ 10 との間の通信方法を示す。センサ・アクセス・ポイント 28 が、M センサ 4a...4e と、E センサ 6a...6g と、O センサ 8a...8d との通信用に提供される。通信は、ユーザ装置との通信のために無線アクセス・ポイントが使用していないバンド幅で、行われる。

【0044】

図 9 は、マルチホップネットワークで接続されたセンサを示す。各センサは、あるセンサから別のセンサへメッセージを転送するよう配置される。例えば、O センサ 8a は無線通信リンク（ホップと称する）を介して E センサ 6b に接続され、その後、O センサ 8b, 8c を介してセンサ・アクセス・ポイント (SAP) 28 に接続される。センサ・アクセス・ポイント 28 は、ペイロードのアクセス・ポイント 2a, 2b, 2c とは異なる周波数バンドで動作する。これは、通信は、1 個のセンサアクセス・ポイントを配置することにより広い領域でセンサとの通信を維持できることを意味する。この構成は、配置するハードウェアの観点から経済的であり、センサの低いデータ速度は、マルチホップ方法の伝送に十分適したものであり、時分割の方法で周波数を再利用できる。その結果、低データ・キャパシティになり、無線スペクトラムの経済的利用につながる。

40

【0045】

かくして、センサは、カバレッジの所定の領域の周囲に配置され、更に領域の内側と外側にも配置されるセンサのネットワーク構成も考えられる。センサは、小型で安価で理想的には低電力のバッテリ駆動あるいは周囲から電力を取り込む自己発電型が好ましい

50

。多数のセンサを配置し、その結果センサ間の距離が短くなるために、低送信パワーでマルチホップの方法で通信できる。センサは、ビル内の壁、天井、床等に配置される。その結果、カバレッジはその領域内に限定される。この限定は、センサの測定値に応じて領域内のアクセス・ポイントの送信パワー又はアンテナ・パターンを制御することにより、行われる。これにより、干渉がなくかつ隣接する会社のネットワークとの共存が可能となり、ネットワークのセキュリティを向上させる。更に十分なカバレッジを維持しながら送信パワーを最小にすることにより、無線通信ネットワークの電力消費を減らし、動作コストを低減させ、カーボン排出を低減させる観点からも利点がある。

【 0 0 4 6 】

図10は本発明のシグナリングを表す。同図において、アクセス・ポイント2の送信パワーは、無線ネットワーク・コントローラ10により、センサ4，6，8の出力に応じて制御される。通常の動作は以下のステップを含む。これらのステップは繰り返し行われる。伝送パラメータは、繰り返しながら徐々に変化させる。

第1ステップは、センサが受信したパワーを測定する。この受信パワーは、Mセンサ4とEセンサ6とOセンサ8で測定される（ステップS10.1）。

このメッセージは、センサから無線ネットワーク・コントローラ（RNC）10に送られる。このメッセージは、受信パワーを示し、センサを特定する。

無線ネットワーク・コントローラ（RNC）10は、各メッセージを受信すると、コントリビューション関数に基づいて、目的関数へのコントリビューションを計算する。このコントリビューションは、センサの位置に依存する（ステップS10.2）。

このセンサの位置（ロケーション）は、例えば内側、エッジ、外側に分類される。他のカテゴリーも用いることができる。センサの座標軸を用いて、目的関数へのコントリビューションを連続関数として重み付けることもできる。例えば、アウトサイド（O）センサへのコントリビューションは、センサのロケーションとカバレッジの所定の領域のエッジとの間の距離に応じて、重み付けされる。一例として、目的関数へのコントリビューションは、各センサで計算され、メッセージが無線ネットワーク・コントローラ10に送られ、その後この計算されたコントリビューションを送信する。即ちステップS10.1を各センサで実行される。

【 0 0 4 7 】

計算されたコントリビューションを組み合わせて目的関数を評価する（ステップS10.3）。組み合わせの単純な方法は、各計算されたコントリビューションを加算することである。別の構成として、計算されたコントリビューションを所定のファクタに従って重み付けし、その後加算してもよい。この所定のファクタは、Mセンサにおける良好な信号を受信する相対的な重要性を反映する。目的関数とこの目的関数へのセンサによるコントリビューションを決定する関数は、ネットワークオペレータあるいはネットワークデザイナにより予め決められる。通常、デフォルトの目的関数が、装置の販売業者により提供されている。

【 0 0 4 8 】

送信パラメータが、目的関数の計算値に基づいて最適化される（ステップS10.4）。通常の摂動アルゴリズム（perturbation algorithm）により、送信パラメータ（例えば送信パワー）を少しづつ増加させる、例えば3dB未満の量だけ増加させる。その結果、目的関数は、センサで受信したパワーの測定値に基づいて、計算される。その後、送信パラメータが、アクセス・ポイント2に送られる。例えば送信パワーを表すメッセージTXPを送る（ステップS10.5）。アクセス・ポイント2の送信パワーは、このメッセージに応答して送信される（ステップS10.6）。その後、送信パラメータは下方修正される即ち少しだけ減らされる。その後、目的関数は、センサでの受信パワー測定値に基づいて再度計算される。その後送信パラメータは、目的関数のより低い値を生成する方向に向けて更新される。かくして、目的関数は、図10のステップを繰り返すことにより、最小となる。

【 0 0 4 9 】

10

20

30

40

50

図11において、アクセス・ポイント2a, 2bの送信パラメータは、無線ネットワーク・コントローラ10により、センサ4, 6, 8からの出力に応じて制御される。この実施例においては、アクセス・ポイント2aは、4個のビーム14a...14dを有する。アクセス・ポイント2bは、4個のビーム14e...14hを有する。送信パラメータは、それぞれのビームの送信パワーを表す。この動作は、図10に示したシステムのそれと類似し、繰り返し行われる。しかしこの場合、更なる繰り返しが、各ビームのパワーが変動すると、必要となる。送信パラメータは、交互に変動し、目的関数は公知のNelder-Mead Downhill Simplex アルゴリズムにより最適化される。このアルゴリズムは、上記の単純な上下変動アルゴリズムよりも少ないステップで、目的関数の最小化を達成できる。

【0050】

10

以上の説明は、本発明の一実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例を考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。特許請求の範囲の構成要素の後に記載した括弧内の番号は、図面の部品番号に対応し、発明の容易なる理解の為に付したものであり、発明を限定的に解釈するために用いてはならない。また、同一番号でも明細書と特許請求の範囲の部品名は必ずしも同一ではない。これは上記した理由による。用語「又は」に関して、例えば「A又はB」は、「Aのみ」、「Bのみ」ならず、「AとBの両方」を選択することも含む。特に記載のない限り、装置又は手段の数は、単数か複数かを問わない。

【符号の説明】

【0051】

20

- 2 アクセス・ポイント
- 4 Mセンサ
- 6 Eセンサ
- 8 Oセンサ
- 4, 6, 8 センサ
- 10 無線ネットワーク・コントローラ
- 12 カバー領域
- 14 カバレッジ領域
- 16 コントリビューション
- 18 アンテナ
- 20 アンテナ・フィード・ネットワーク
- 21 接続
- 22 無線トランシーバ
- 24 3dBハイブリッド
- 26 位相シフタ
- 28 センサ・アクセス・ポイント

図10

- S10.1 受信パワーの測定をする。
- S10.2
- S10.3 目的関数を計算する。
- S10.4 送信パラメータを最適化する。
- S10.5 送信パラメータを送信する。
- S10.6 送信パワーを設定する。

30

図11

- S10.1 受信パワーの測定をする。
- S10.2
- S10.3 目的関数を計算する。
- S10.4 送信パラメータを最適化する。
- S10.5 送信パラメータを送信する。
- S10.6 送信パワービームを設定する。

40

50

【図1】

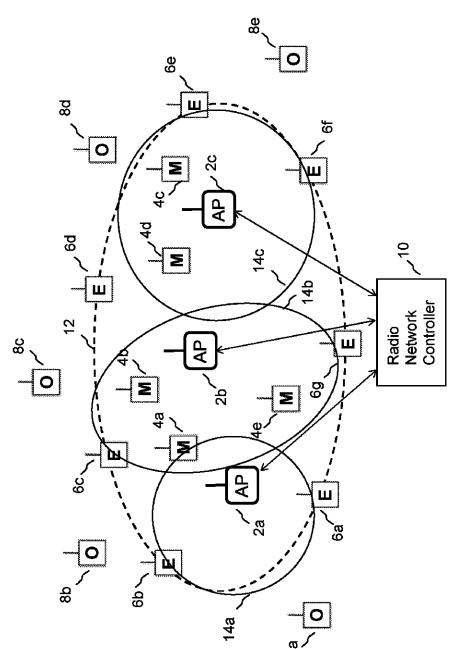


Figure 1

【図2】

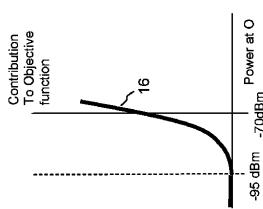


Figure 2

【図3】

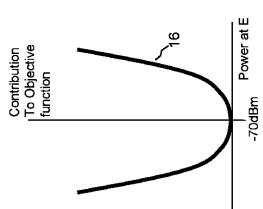


Figure 3

【図4】

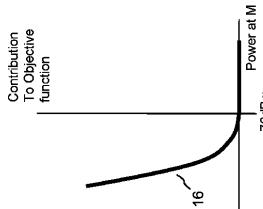


Figure 4

【図5】

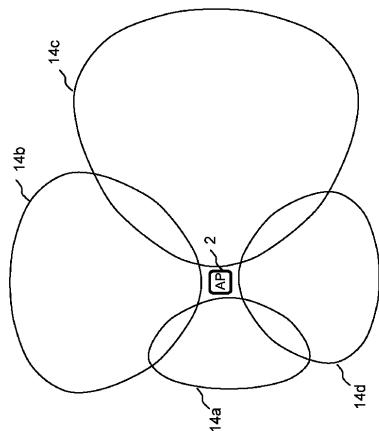


Figure 5

【図6】

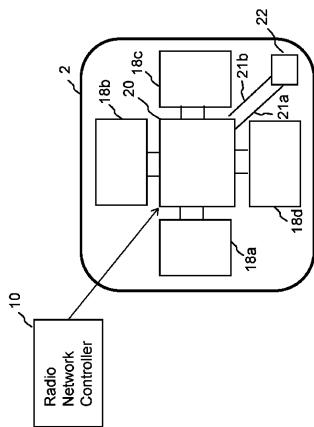


Figure 6

【図7】

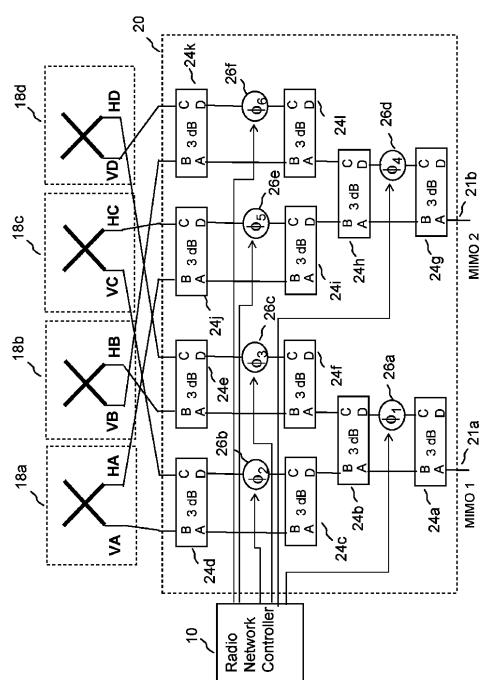


Figure 7

【図8】

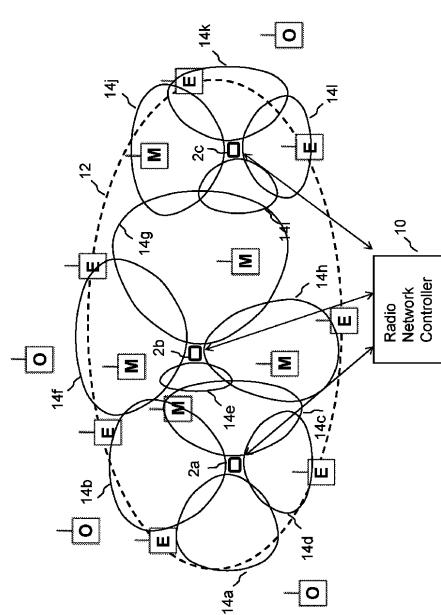
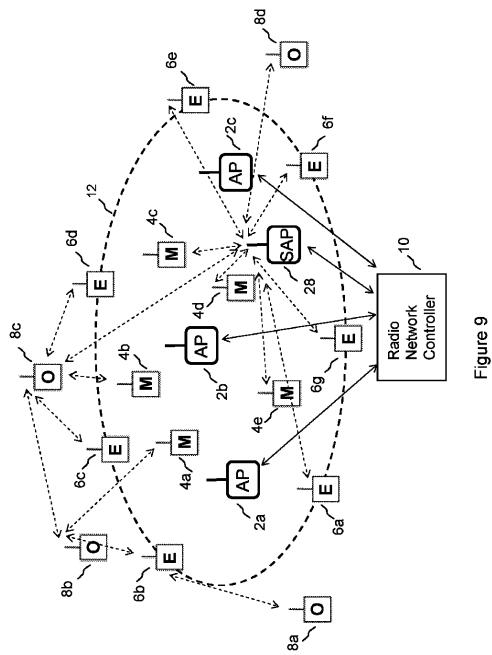


Figure 8

【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 ジェフリーーズ アンドリュー
イギリス, シービー 11 3エヌエヌ エセックス州、サフロン ウォルデン、フィンチス ウッド エンド
(72)発明者 ゲイル サイモン
イギリス, シーエム 23 3エヌキュー ハートフォードシャー州、ピショップス ストートフォード、ソアリー パーク ロード 39
(72)発明者 ホール スティーブン
イギリス, シーエム 18 7ディーエッチ エセックス州、ハーロー、ペア ツリー ミード、リージエンシー コート 9

審査官 田畠 利幸

(56)参考文献 特開2004-304255(JP,A)
特開2004-282695(JP,A)
特開2007-251755(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W 16/20
H04W 4/04
H04W 16/28