

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7044152号  
(P7044152)

(45)発行日 令和4年3月30日(2022.3.30)

(24)登録日 令和4年3月22日(2022.3.22)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 W	28/08	(2009.01)	H 0 4 W	28/08	
H 0 4 W	48/18	(2009.01)	H 0 4 W	48/18	1 1 3
H 0 4 W	88/18	(2009.01)	H 0 4 W	88/18	
H 0 4 W	24/02	(2009.01)	H 0 4 W	24/02	
H 0 4 W	16/14	(2009.01)	H 0 4 W	16/14	

請求項の数 12 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-504959(P2020-504959)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(86)(22)出願日	平成31年2月27日(2019.2.27)	(74)代理人	110003199 特許業務法人高田・高橋国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/007688	(72)発明者	猪木 亮慶 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(87)国際公開番号	WO2019/172055	(72)発明者	若尾 佳佑 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(87)国際公開日	令和1年9月12日(2019.9.12)	(72)発明者	アベセカラ ヒランタ 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和2年9月1日(2020.9.1)	(72)発明者	松井 宗大
(31)優先権主張番号	特願2018-38952(P2018-38952)		
(32)優先日	平成30年3月5日(2018.3.5)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 無線通信制御方法、無線通信システムおよび管理サーバ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

アンライセンス帯の基地局 A P と、ライセンス帯の基地局 B S と、アンライセンス帯の端末局 S T A と、ライセンス帯およびアンライセンス帯に対応する端末局 U E とを備え、管理サーバが U E のアンライセンス帯/ライセンス帯の回線選択を管理するとともにアンライセンス帯のパラメータを管理する無線通信制御方法において、前記管理サーバは、  
前記ライセンス帯を使用する前記 U E のフローを仮決定する第一の処理と、  
前記仮決定の下でのライセンス帯全体の通信容量を推定する第二の処理と、  
前記アンライセンス帯のパラメータを仮決定する第三の処理と、  
前記第一の処理で仮決定されたフローはアンライセンス帯を用いないものとして、アンライセンス帯を用いる各フローについて前記パラメータの下での通信品質を推定すると共に、  
アンライセンス帯全体の通信容量を推定する第四の処理と、  
前記ライセンス帯の通信容量と、前記アンライセンス帯の通信容量とを合計してシステム容量を計算する第五の処理と、  
前記第一乃至第五の処理を繰り返し実行して、前記システム容量が最大化されるように前記パラメータを最適化する処理と、  
 を含む制御ステップを実行することを特徴とする無線通信制御方法。

【請求項2】

請求項1に記載の無線通信制御方法において、

前記制御ステップは、前記UEの回線選択について、前記アンライセンス帯のパラメータ最適化後のアンライセンス帯の通信容量および前記ライセンス帯の通信容量の合計が高くなる時のパターンを採用し、その回線選択の最適化後の前記アンライセンス帯のパラメータを、前記アンライセンス帯の前記AP、前記STA、前記UEに対して設定することを特徴とする無線通信制御方法。

【請求項3】

請求項1に記載の無線通信制御方法において、

前記制御ステップは、前記アンライセンス帯のパラメータとして、送信電力、受信感度閾値、周波数、周波数幅を調整し、前記APのサービスエリアにおいて、前記STAまたは前記アンライセンス帯を使用する前記UEが存在しない場所については、低い伝送レートおよび隠れ端末問題/さらし端末問題発生を許容するパラメータを設定することを特徴とする無線通信制御方法。

10

【請求項4】

請求項1に記載の無線通信制御方法において、

前記制御ステップは、前記ライセンス帯を使用する前記UEの選定について、接続する前記APと前記UEとの間の電波強度の情報、前記UEの周辺APおよび接続する前記APの周辺AP同士との間の電波強度の情報、接続する前記APおよび前記UEの周辺APおよび接続する前記APの周辺APにおける通信量の情報をもとに決定することを特徴とする無線通信制御方法。

20

【請求項5】

アンライセンス帯の基地局APと、ライセンス帯の基地局BSと、

アンライセンス帯の端末局STAと、ライセンス帯およびアンライセンス帯に対応する端末局UEと、UEのアンライセンス帯/ライセンス帯の回線選択を管理するとともにアンライセンス帯のパラメータを管理する管理サーバとを備えた無線通信システムにおいて、前記管理サーバは、

前記ライセンス帯を使用する前記UEのフローを仮決定する第一の処理と、

前記仮決定の下でのライセンス帯全体の通信容量を推定する第二の処理と、

前記アンライセンス帯のパラメータを仮決定する第三の処理と、

前記第一の処理で仮決定されたフローはアンライセンス帯を用いないものとして、アンライ

センス帯を用いる各フローについて前記パラメータの下での通信品質を推定すると共に

、アンライセンス帯全体の通信容量を推定する第四の処理と、

前記ライセンス帯の通信容量と、前記アンライセンス帯の通信容量とを合計してシステム

容量を計算する第五の処理と、

前記第一乃至第五の処理を繰り返し実行して、前記システム容量が最大化されるように前

記パラメータを最適化する処理と、

を実行する制御手段を備えたことを特徴とする無線通信システム。

【請求項6】

請求項5に記載の無線通信システムにおいて、

前記制御手段は、前記UEの回線選択について、前記アンライセンス帯のパラメータ最適化後のアンライセンス帯の通信容量および前記ライセンス帯の通信容量の合計が高くなる時のパターンを採用し、その回線選択の最適化後の前記アンライセンス帯のパラメータを、前記アンライセンス帯の前記AP、前記STA、前記UEに対して設定する構成であることを特徴とする無線通信システム。

40

【請求項7】

請求項5に記載の無線通信システムにおいて、

前記制御手段は、前記アンライセンス帯のパラメータとして、送信電力、受信感度閾値、周波数、周波数幅を調整し、前記APのサービスエリアにおいて、前記STAまたは前記アンライセンス帯を使用する前記UEが存在しない場所については、低い伝送レートおよび隠れ端末問題/さらし端末問題発生を許容するパラメータを設定する構成であることを特徴とする無線通信システム。

50

## 【請求項 8】

請求項 5 に記載の無線通信システムにおいて、  
前記制御手段は、前記ライセンス帯を使用する前記 UE の選定について、接続する前記 AP と前記 UE との間の電波強度の情報、前記 UE の周辺 AP および接続する前記 AP の周辺 AP 同士の間の電波強度の情報、接続する前記 AP および前記 UE の周辺 AP および接続する前記 AP の周辺 AP における通信量の情報をもとに決定する構成であることを特徴とする無線通信システム。

## 【請求項 9】

アンライセンス帯の基地局 AP と、ライセンス帯の基地局 BS と、  
アンライセンス帯の端末局 STA と、ライセンス帯およびアンライセンス帯に対応する端  
末局 UE と、UE のアンライセンス帯 / ライセンス帯の回線選択を管理するとともにアン  
ライセンス帯のパラメータを管理する管理サーバとを備えた無線通信システムの管理サー  
バにおいて、

前記ライセンス帯を使用する前記 UE のフローを仮決定する第一の処理と、  
前記仮決定の下でのライセンス帯全体の通信容量を推定する第二の処理と、  
前記アンライセンス帯のパラメータを仮決定する第三の処理と、

前記第一の処理で仮決定されたフローはアンライセンス帯を用いないものとして、アンラ  
イセンス帯を用いる各フローについて前記パラメータの下での通信品質を推定すると共に  
、アンライセンス帯全体の通信容量を推定する第四の処理と、

前記ライセンス帯の通信容量と、前記アンライセンス帯の通信容量とを合計してシステム  
容量を計算する第五の処理と、

前記第一乃至第五の処理を繰り返し実行して、前記システム容量が最大化されるように前  
記パラメータを最適化する処理と、

を実行する制御手段を備えたことを特徴とする管理サーバ。

## 【請求項 10】

請求項 9 に記載の管理サーバにおいて、  
前記制御手段は、前記 UE の回線選択について、前記アンライセンス帯のパラメータ最適  
化後のアンライセンス帯の通信容量および前記ライセンス帯の通信容量の合計が高くなる  
時のパターンを採用し、その回線選択の最適化後の前記アンライセンス帯のパラメータを  
、前記アンライセンス帯の前記 AP、前記 STA、前記 UE に対して設定する構成である  
ことを特徴とする管理サーバ。

## 【請求項 11】

請求項 9 に記載の管理サーバにおいて、  
前記制御手段は、前記アンライセンス帯のパラメータとして、送信電力、受信感度閾値、  
周波数、周波数幅を調整し、前記 AP のサービスエリアにおいて、前記 STA または前記  
アンライセンス帯を使用する前記 UE が存在しない場所については、低い伝送レートおよ  
び隠れ端末問題 / さらに端末問題発生を許容するパラメータを設定する構成であることを  
特徴とする管理サーバ。

## 【請求項 12】

請求項 9 に記載の管理サーバにおいて、  
前記制御手段は、前記ライセンス帯を使用する前記 UE の選定について、接続する前記 AP  
と前記 UE との間の電波強度の情報、前記 UE の周辺 AP および接続する前記 AP の周  
辺 AP 同士の間の電波強度の情報、接続する前記 AP および前記 UE の周辺 AP および接  
続する前記 AP の周辺 AP における通信量の情報をもとに決定する構成であることを特徴  
とする管理サーバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、CSMA (Carrier Sense Multiple Access) 方式を用いるアンライセンス  
帯無線アクセスと、ライセンス帯無線アクセスの両方の通信インターフェースを備えた端

10

20

30

40

50

末装置（UE）に対して、ネットワーク側の管理サーバがその使用回線をコントロールするとともに、管理サーバがアンライセンス帯無線アクセスの設定パラメータを最適化する無線通信制御方法、無線通信システムおよび管理サーバに関する。

【背景技術】

【0002】

IEEE 802.11 標準規格（非特許文献 1）の無線 LAN（Local Area Network）システムでは、CSMA 方式を用いるアンライセンス帯無線アクセスを採用し、スループットが年々向上することによって主要な無線アクセスの 1 つとして普及している。さらに、ライセンス帯を用いるセルラ通信システムにおいても、近年のスマートフォンのように、セルラ通信のインターフェースに加えて無線 LAN 通信のインターフェースも備えた端末装置（UE）が増えている。

10

【0003】

ただし、CSMA 方式を用いるアンライセンス帯無線アクセスでは、アンライセンス帯を用いる通信が免許不要で誰でも使用可能である点や、CSMA 方式の通信はキャリアセンスに基づく通信プロトコルの性質に起因し、その品質や通信容量が干渉問題によって大きく劣化することがある。

【0004】

端末装置（UE）におけるアンライセンス帯とライセンス帯の選択については、非特許文献 2 によると、無線 LAN のアンライセンス帯から LTE のライセンス帯の順番で接続している。すなわち、端末装置（UE）は、無線 LAN が存在しなければ LTE に接続するという流れで、自己判断によって回線を選択する。

20

【0005】

一方、無線 LAN システムにおける各種パラメータの最適化は、特許文献 1 によると、無線 LAN システムに閉じて行われており、端末装置（UE）における無線 LAN のアンライセンス帯から LTE のライセンス帯の回線選択の要素にはなっていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2017 - 175205 号公報

【非特許文献】

30

【0007】

【文献】IEEE Std 802.11TM-2016, December 2016.

神崎洋治、西井美鷹著、「体系的に学ぶWi-Fi/3G/4G/LTE/WiMAX」

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

端末装置（UE）が無線 LAN に優先的に接続する場合、無線 LAN の通信品質が低い場合でも、無線 LAN が存在するだけで接続してしまう。無線 LAN の通信品質が低い端末装置（UE）は、自身の通信品質が低下するだけでなく、信号の再送や、低い伝送レートに起因して、無線 LAN を使用する他の端末の通信品質の低下、ひいては無線 LAN システム全体としての通信容量の低下を引き起こす場合がある。

40

【0009】

また、無線 LAN では、送信電力・受信感度閾値・周波数・周波数幅等のパラメータ調整により、通信容量が上がる可能性を有する。しかし、サービスエリアにおける端末装置の通信品質を確保するために、無線 LAN に接続している、もしくは接続が想定される端末装置の全てについて、パラメータの最適化計算を行って設定する必要がある（特許文献 1）。結果として、サービスエリアにおいて、くまなく電波強度確保や干渉回避を行う必要があるため、送信電力・受信感度閾値の調整による送信機会の増加や、周波数・周波数幅の調整による通信帯域の向上等の通信容量拡大のチャンスを、一部犠牲にせざるを得ない。

【0010】

50

ところで、高い伝送レートを実現するには、受信側における受信信号の S I N R が高い必要があるため、受信電波強度 (= S ) が高く、かつノイズの強度 (= N ) や干渉電波の強度 (= I ) が低い必要がある。低い受信電波強度であったり、干渉電波が存在する場合、通信を成功させるには伝送レートを下げる必要がある。この場合は、高い伝送レートの時と比べて、同じ時間でやりとりできるデータ量が減少することとなる。

【 0 0 1 1 】

また、C S M A 方式では、キャリアセンスによって回線の空き状況を確認し、アイドルと判断された場合に信号送信が可能となる。通信容量を上げるには、キャリアセンスでアイドルとなる機会に恵まれる必要もある。したがって、無線 L A N 等の C S M A 方式を用いるアンライセンス帯無線アクセスでは、高い受信信号強度を得ながら、干渉の電波強度は低くて干渉の頻度が少ない状況を保ちつつ、キャリアセンスにおける他の無線局との競合を減らす必要がある。

10

【 0 0 1 2 】

なお、C S M A 方式では、著しい通信品質の劣化を引き起こす、隠れ端末問題 / さらに隠れ端末問題が発生する可能性がある。これは、キャリアセンスによりアイドルと判断されて送信された複数の信号が、ある地点で両方受信される場合において発生する。

【 0 0 1 3 】

図 1 3 は、隠れ端末問題 / さらに隠れ端末問題の状況を示す。ここで、A 1 , A 2 , A 3 は無線 L A N の基地局 A P を示し、S T A はアンライセンス帯の無線 L A N に対応する端末装置を示す。点線の円は、基地局 A P における受信感度閾値またはキャリアセンス閾値に応じたカバーエリアを示す。

20

【 0 0 1 4 】

図 1 3 ( 1 ) は、送信側のさらに隠れ端末問題を示し、A 1 と A 2 の間ではキャリアセンスが機能せず、互いに独立して信号を送信する。一方、A 3 は、キャリアセンスすると A 1 と A 2 からの電波によりビジーとなるため、A 1 と A 2 が信号を送信すればするほど、A 3 ではキャリアセンスでアイドルとなる機会が著しく減少し、通信品質は著しく減少する。

【 0 0 1 5 】

図 1 3 ( 2 ) は、受信側の隠れ端末問題を示し、A 1 と A 2 の間ではキャリアセンスが機能せず、互いに独立して信号を送信する。一方、S T A には、A 1 の信号だけでなく A 2 の信号も届くため、A 1 から送信された信号に対し、A 2 の信号が干渉となって S I N R が減少する。すなわち、A 2 が信号を送信すればするほど、A 1 から S T A への信号は干渉を受ける。なお、A 1 は、A 2 からの信号を検知できないので、S T A が干渉を受けていることを把握できない。したがって、S T A が干渉を受けていないことを前提とした高い伝送レートの信号を A 1 が S T A に送信すると、S T A では干渉によって信号の復調に失敗し、再送やパケットロスが発生して通信品質は低下するとともに、無線リソースの浪費によりアンライセンス帯システム全体の通信容量が低下する。A 1 は、S T A が干渉を受けていることを前提とした低い伝送レートの信号を S T A に送ることができても、伝送レートは低いし、逆に干渉を受けていない場合でも低い伝送レートのままになってしまう可能性もある。

30

【 0 0 1 6 】

なお、I E E E 8 0 2 . 1 1 標準規格の無線 L A N では、隠れ端末問題に対して、R T S / C T S という仕組みが用意されている。しかし、図 1 3 ( 2 ) の状況では A 1 が R T S を S T A に送信しても、S T A が A 2 によって干渉を受けているため、S T A のキャリアセンスではビジーになり、C T S を A 1 に返すことができず、期待した効果が得られない場合がある。

40

【 0 0 1 7 】

また通信帯域は、使用できる周波数幅が広いほど向上する。I E E E 8 0 2 . 1 1 標準規格の無線 L A N では、20MHz幅、40MHz幅、80MHz幅、160MHz幅といった複数の帯域から選択でき、160MHzのような広い周波数幅を使用する設定が可能である。

【 0 0 1 8 】

50

ところで、アンライセンス帯の A P のみで、1 つの A P ではカバーしきれない広さのサービスエリアをカバーしようとする、図 1 3 (3) または図 1 3 (4) のように、複数の A P のサービスエリアのオーバーラップを許容せざるを得ない。仮に、全ての A P の周波数が同一の場合、図 1 3 (3) では図 1 3 (2) のように隠れ端末問題が発生する可能性がある。さらに、隠れ端末問題を避けるために、図 1 3 (4) のように A 1 と A 2 のオーバーラップエリアに A 3 を設置すると、図 1 3 (1) のようにさらし端末問題が発生する。このように、サービスエリアのオーバーラップは、隠れ端末問題 / さらし端末問題を発生させるので、この発生を回避するためには周波数で棲み分けする考え方がある。しかし、アンライセンス帯の無線周波数には限りがあるので、広い周波数幅を使用した広い通信帯域が実現できなくなるし、周波数棲み分けをした場合であっても、A P の密度が高ければ対応しきれなくなる可能性がある。

10

## 【 0 0 1 9 】

ここで、アンライセンス帯無線アクセスとライセンス帯無線アクセスの複数の通信インターフェースを備える無線端末 ( U E ) は、アンライセンス帯が使えなくても、ライセンス帯を通信に使うことができる。したがって、U E についてはライセンス帯の使用を優先させ、アンライセンス帯の使用を制限すれば、その U E についてはアンライセンス帯の品質が低くても問題ないこととなる。

## 【 0 0 2 0 】

以下に、システム全体として通信容量を上げる方法について、図 1 4 および図 1 5 を参照して説明する。図 1 4 および図 1 5 において、A 1 ~ A 3 は基地局 A P、U E はアンライセンス帯の無線 L A N とライセンス帯の L T E に対応する端末装置、S T A はアンライセンス帯の無線 L A N のみに対応する端末装置とする。点線の円は、基地局 A P における送信電力、受信感度閾値または周波数に応じたカバーエリアを示す。

20

## 【 0 0 2 1 】

図 1 4 (1) の方法 1 は、A 1 と U E および S T A がアンライセンス帯で接続されているとき、A 1 との間で電波強度が弱くて伝送レートが低い U E にライセンス帯を使用させ、電波強度が高くて伝送レートが高い S T A にアンライセンス帯の無線リソースを譲る。

## 【 0 0 2 2 】

図 1 4 (2) の方法 2 は、A 1 と U E がアンライセンス帯で接続されているとき、他への干渉を下げるためにアンライセンス帯の送信電力を下げ、その際にカバーエリア外となる U E にライセンス帯を使用させる。

30

## 【 0 0 2 3 】

図 1 4 (3) の方法 3 は、A 1 と U E がアンライセンス帯で接続されているとき、他への干渉を下げるために A 1 と A 2 のアンライセンス帯の送信電力を下げ、その際に隠れ端末問題 / さらし端末問題の影響下となる U E にライセンス帯を使用させる。

## 【 0 0 2 4 】

図 1 4 (4) の方法 4 は、A 1 と U E がアンライセンス帯で接続されているとき、他への干渉を下げるために A 2 と A 3 のアンライセンス帯の電力を下げ、その際に隠れ端末問題 / さらし端末問題の影響下となる U E にライセンス帯を使用させる。

## 【 0 0 2 5 】

図 1 5 (1) の方法 5 は、A 1 と U E がアンライセンス帯で接続されているとき、A 1 と A 2 のアンライセンス帯の受信感度閾値を高くし、キャリアセンスでアイドルとなる機会を増加させ、その際に隠れ端末問題 / さらし端末問題の影響下となる U E にライセンス帯を使用させる。

40

## 【 0 0 2 6 】

図 1 5 (2) の方法 6 は、A 1 と U E がアンライセンス帯で接続されているとき、A 2 と A 3 のアンライセンス帯の受信感度閾値を高くし、キャリアセンスでアイドルとなる機会を増加させ、その際に隠れ端末問題 / さらし端末問題の影響下となる U E にライセンス帯を使用させる。

## 【 0 0 2 7 】

50

図 1 5 (3) の方法 7 は、A 1 と A 2 が異なる周波数 A , B を使用し、A 1 と U E がアンライセンス帯で接続されているとき、A 1 と A 2 が同一の周波数 A を使用すると、その際に隠れ端末問題 / さらに隠れ端末問題の影響下となる U E にライセンス帯を使用させる。

【 0 0 2 8 】

図 1 5 (4) の方法 8 は、A 2 と A 3 が異なる周波数 A , B を使用し、A 1 と U E がアンライセンス帯で接続されているとき、A 2 と A 3 が同一の周波数 A を使用すると、その際に隠れ端末問題 / さらに隠れ端末問題の影響下となる U E にライセンス帯を使用させる。

【 0 0 2 9 】

なお、図 1 4 ~ 図 1 5 に示す例は、それぞれアンライセンス帯の通信容量を上げる効果があるが、アンライセンス帯のみに対応する端末装置 S T A も存在する場合、それらに対しては、伝送レートの低下や、隠れ端末問題 / さらに隠れ端末問題の影響といった、通信品質を低下させる要素もある。したがって、S T A と U E を区別し、S T A に関しては図 1 4 ~ 図 1 5 に示す制御による通信品質の低下を抑える必要がある。

10

【 0 0 3 0 】

また、方法 2 , 3 , 4 の例について、A P の送信電力を下げると、カバーエリアが縮小することとなり、A P を検知できなくなる U E や S T A が発生する。この場合、本来はアンライセンス帯を使った方がシステム全体としてよいが、A P を検知できなくてアンライセンス帯を使えない U E が発生したり、S T A についてはサービスエリア外となって通信自体が不可能となったりする可能性がある。そのため、A P の送信電力を下げる場合は、カバーエリアの変化を考慮する必要がある。ただし、A P の送信電力を一律に下げるのではなく、S T A または U E ごとや、特定の条件を満たした信号のみ送信電力を下げる場合は、S T A または U E における A P の検知は可能なので、カバーエリアの変化を考慮する必要はない。例えば、A P が定期的に送信するビーコン信号や、S T A や U E からのプローブ要求に対して返答されるプローブ応答信号については送信電力を下げない場合、S T A や U E はその A P を検知することができる。

20

【 0 0 3 1 】

本発明は、アンライセンス帯パラメータである送信電力・受信感度閾値・周波数・周波数幅の制御と、U E が使用するライセンス帯の回線とアンライセンス帯の回線の選択について、アンライセンス帯のみ使用可能な S T A の存在を考慮して実施し、S T A および U E の通信品質の確保、さらにシステム全体としての通信容量を向上させることができる無線通信制御方法、無線通信システムおよび管理サーバを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 3 2 】

第 1 の発明は、アンライセンス帯の基地局 A P と、ライセンス帯の基地局 B S と、アンライセンス帯の端末局 S T A と、ライセンス帯およびアンライセンス帯に対応する端末局 U E とを備え、管理サーバが U E のアンライセンス帯 / ライセンス帯の回線選択を管理するとともにアンライセンス帯のパラメータを管理する無線通信制御方法において、管理サーバは、ライセンス帯を使用する U E をアンライセンス帯システムにおける最適化対象から除外し、S T A およびアンライセンス帯を使用する U E の存在を加味してアンライセンス帯のパラメータを最適化する制御ステップを有する。

40

【 0 0 3 3 】

第 1 の発明の無線通信制御方法において、制御ステップは、U E の回線選択について、アンライセンス帯のパラメータ最適化後のアンライセンス帯の通信容量およびライセンス帯の通信容量の合計が高くなる時のパターンを採用し、その回線選択の最適化後のアンライセンス帯のパラメータを、アンライセンス帯の A P 、 S T A 、 U E に対して設定する。

【 0 0 3 4 】

第 1 の発明の無線通信制御方法において、制御ステップは、アンライセンス帯のパラメータとして、送信電力、受信感度閾値、周波数、周波数幅を調整し、A P のサービスエリアにおいて、S T A またはアンライセンス帯を使用する U E が存在しない場所については、低い伝送レートおよび隠れ端末問題 / さらに隠れ端末問題発生を許容するパラメータを設定す

50

る。

【 0 0 3 5 】

第 1 の発明の無線通信制御方法において、制御ステップは、ライセンス帯を使用する U E の選定について、接続する A P と U E との間の電波強度の情報、U E の周辺 A P および接続する A P の周辺 A P 同士との間の電波強度の情報、接続する A P および U E の周辺 A P および接続する A P の周辺 A P における通信量の情報をもとに決定する。

【 0 0 3 6 】

第 2 の発明は、アンライセンス帯の基地局 A P と、ライセンス帯の基地局 B S と、アンライセンス帯の端末局 S T A と、ライセンス帯およびアンライセンス帯に対応する端末局 U E と、U E のアンライセンス帯 / ライセンス帯の回線選択を管理するとともにアンライセンス帯のパラメータを管理する管理サーバとを備えた無線通信システムにおいて、管理サーバは、ライセンス帯を使用する U E をアンライセンス帯システムにおける最適化対象から除外し、S T A およびアンライセンス帯を使用する U E の存在を加味してアンライセンス帯のパラメータを最適化する制御手段を備える。

10

【 0 0 3 7 】

第 2 の発明の無線通信システムにおいて、制御手段は、U E の回線選択について、アンライセンス帯のパラメータ最適化後のアンライセンス帯の通信容量およびライセンス帯の通信容量の合計が高くなる時のパターンを採用し、その回線選択の最適化後のアンライセンス帯のパラメータを、アンライセンス帯の A P 、 S T A 、 U E に対して設定する構成である。

20

【 0 0 3 8 】

第 2 の発明の無線通信システムにおいて、制御手段は、アンライセンス帯のパラメータとして、送信電力、受信感度閾値、周波数、周波数幅を調整し、A P のサービスエリアにおいて、S T A またはアンライセンス帯を使用する U E が存在しない場所については、低い伝送レートおよび隠れ端末問題 / さらに端末問題発生を許容するパラメータを設定する構成である。

【 0 0 3 9 】

第 2 の発明の無線通信システムにおいて、制御手段は、ライセンス帯を使用する U E の選定について、接続する A P と U E との間の電波強度の情報、U E の周辺 A P および接続する A P の周辺 A P 同士との間の電波強度の情報、接続する A P および U E の周辺 A P および接続する A P の周辺 A P における通信量の情報をもとに決定する構成である。

30

【 0 0 4 0 】

第 3 の発明は、アンライセンス帯の基地局 A P と、ライセンス帯の基地局 B S と、アンライセンス帯の端末局 S T A と、ライセンス帯およびアンライセンス帯に対応する端末局 U E と、U E のアンライセンス帯 / ライセンス帯の回線選択を管理するとともにアンライセンス帯のパラメータを管理する管理サーバとを備えた無線通信システムの管理サーバにおいて、ライセンス帯を使用する U E をアンライセンス帯システムにおける最適化対象から除外し、S T A およびアンライセンス帯を使用する U E の存在を加味してアンライセンス帯のパラメータを最適化する制御手段を備える。

【 0 0 4 1 】

第 3 の発明の管理サーバにおいて、制御手段は、U E の回線選択について、アンライセンス帯のパラメータ最適化後のアンライセンス帯の通信容量およびライセンス帯の通信容量の合計が高くなる時のパターンを採用し、その回線選択の最適化後のアンライセンス帯のパラメータを、アンライセンス帯の A P 、 S T A 、 U E に対して設定する構成である。

40

【 0 0 4 2 】

第 3 の発明の管理サーバにおいて、制御手段は、アンライセンス帯のパラメータとして、送信電力、受信感度閾値、周波数、周波数幅を調整し、A P のサービスエリアにおいて、S T A またはアンライセンス帯を使用する U E が存在しない場所については、低い伝送レートおよび隠れ端末問題 / さらに端末問題発生を許容するパラメータを設定する構成である。

50

## 【 0 0 4 3 】

第3の発明の管理サーバにおいて、制御手段は、ライセンス帯を使用するUEの選定について、接続するAPとUEとの間の電波強度の情報、UEの周辺APおよび接続するAPの周辺AP同士の間の電波強度の情報、接続するAPおよびUEの周辺APおよび接続するAPの周辺APにおける通信量の情報をもとに決定する構成である。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 4 4 】

本発明は、アンライセンス帯のパラメータ最適化において、ライセンス帯を使用するUEを意図的に減らすことができるため、広いカバーエリアを確保しながらパラメータの設定が可能になる。これにより、アンライセンス帯およびシステム全体の通信容量の拡大を図ることができる。

10

## 【 0 0 4 5 】

さらに、低い伝送レート、隠れ端末問題/さらし端末問題の発生を許容するアンライセンス帯のパラメータ設定により、送信機会の増加や、通信周波数幅の向上が実現できるようになる。これにより、アンライセンス帯およびシステム全体としての通信容量の拡大を図ることができる。

## 【 0 0 4 6 】

さらに、ライセンス帯を使用するUEについて、アンライセンス帯のパラメータ制御により伝送レート低下、隠れ端末問題/さらし端末問題の発生を想定した選定が可能となるため、最適化計算における候補数の削減が可能となる。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 4 7 】

【図1】本発明の無線通信システムの基本構成例を示す図である。

【図2】回線・パラメータ決定部53の他の構成例を示す図である。

【図3】回線選択およびアンライセンス帯パラメータを最適化する処理手順例1を示すフローチャートである。

【図4】回線選択およびアンライセンス帯パラメータを最適化する処理手順例2を示すフローチャートである。

【図5】ライセンス帯品質推定部533の通信品質推定のための構成例1を示す図である。

【図6】ライセンス帯品質推定部533の通信品質推定のための構成例2を示す図である。

30

【図7】UE回線仮決定の絞り込み手順例1を示すフローチャートである。

【図8】UE回線仮決定の絞り込み手順例2を示すフローチャートである。

【図9】UE回線仮決定の絞り込み手順例3を示すフローチャートである。

【図10】アンライセンス帯パラメータ仮決定の絞り込み手順例1を示すフローチャートである。

【図11】アンライセンス帯パラメータ仮決定の絞り込み手順例2を示すフローチャートである。

【図12】SINRと伝送レートの関係を示す図である。

【図13】隠れ端末問題/さらし端末問題を説明する図である。

【図14】システム全体として通信容量を上げる方法1~4を示す図である。

40

【図15】システム全体として通信容量を上げる方法5~8を示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 4 8 】

## (基本構成)

図1は、本発明の無線通信システムの基本構成例を示す。

図1において、アンライセンス帯の基地局(以下、APという)10は、アンライセンス帯通信部11とアンライセンス帯パラメータ変更部12を備える。ライセンス帯の基地局(以下、BSという)20は、ライセンス帯通信部21を備える。アンライセンス帯に対応する端末局(以下、STAという)30は、アンライセンス帯通信部31を備え、AP10と通信する。アンライセンス帯およびライセンス帯に対応する端末局(以下、UEと

50

いう) 40は、アンライセンス帯通信部41とライセンス帯通信部42と回線変更部43を備え、回線変更部43の選択によりAP10またはBS20と通信する。

【0049】

管理サーバ50は、アンライセンス帯パラメータ指示部51とUE回線指示部52と回線・パラメータ決定部53を備える。回線・パラメータ決定部53は、UE回線仮決定部531、アンライセンス帯パラメータ仮決定部532、ライセンス帯品質推定部533、アンライセンス帯品質推定部534、システム容量計算部535、回線・パラメータ最終決定部536を備える。

【0050】

アンライセンス帯パラメータ指示部51は、AP10のアンライセンス帯パラメータ変更部12にアンライセンス帯パラメータを指示する。AP10のアンライセンス帯パラメータ変更部12は、管理サーバ50から指示されたアンライセンス帯パラメータに基づき、自身に関するアンライセンス帯パラメータを変更する。

10

【0051】

UE回線指示部52は、AP10のアンライセンス帯通信部11およびBS20のライセンス帯通信部21に、UE40の使用回線を指示する。UE40の回線変更部43は、管理サーバ50から指示された使用回線をAP10経由でアンライセンス帯通信部41から受信、もしくはBS20経由でライセンス帯通信部42から受信し、その指示に基づいて使用回線を選択する。

【0052】

管理サーバ50の回線・パラメータ決定部53は、AP10のアンライセンス帯パラメータおよびUE40の使用回線を以下のように決定する。

20

【0053】

まず、UE回線仮決定部531は、UE40のフローが使用する回線として、ライセンス帯またはアンライセンス帯を仮決定する。ここでフローとは、STA30およびUE40が通信を行う単位である。例えば、UE40が音声通信と動画ストリーミングの2つのアプリケーションを実行する場合、音声通信および動画ストリーミングがそれぞれ1つのフローとなる。ただし、UE40においてフロー毎の回線選択ができず、全フロー一括でライセンス帯またはアンライセンス帯の選択しか実施できない場合は、UE40における全フローで同じ回線を選択する。STA30のフローは全てアンライセンス帯を使用する。

30

【0054】

ライセンス帯品質推定部533は、ライセンス帯の使用が仮決定されたフローの情報から、ライセンス帯の各フローの通信品質およびライセンス帯全体の通信容量を推定する。

【0055】

アンライセンス帯品質推定部534は、ライセンス帯の使用が仮決定されたフローはアンライセンス帯を用いないものとして、アンライセンス帯パラメータ仮決定部532で送信電力・受信感度閾値・周波数・周波数幅をパラメータとして仮決定し、その仮決定後のパラメータにおけるアンライセンス帯の各フローの通信品質およびアンライセンス帯全体の通信容量を推定する。なお、受信感度閾値はキャリアセンス閾値でもよい。このパラメータ仮決定は、アンライセンス帯品質推定部534において、各フローの要求品質をクリアしつつ、アンライセンス帯全体の通信容量が最大になるよう実施する。

40

【0056】

システム容量計算部535は、ライセンス帯品質推定部533およびアンライセンス帯品質推定部534で推定したそれぞれの通信容量に基づき、ライセンス帯およびアンライセンス帯の合計の通信容量、すなわちシステム容量を計算する。

【0057】

ここでいう通信品質・要求品質は、スループット・遅延・ジッタといった、通信に関する品質についてどのような形でも問題なく、それらの組み合わせでもよい。例えば、音声通信を行う場合は、通信品質として遅延およびジッタに要求が存在する。動画ストリーミングを行う場合は、通信品質としてスループットの要求が存在する。

50

## 【 0 0 5 8 】

また、フローの通信品質の判別方法には、例えば A P 1 0 および B S 2 0 が S T A 3 0 および U E 4 0 の各フロー情報通知部から、S T A 3 0 および U E 4 0 が使用するアプリケーションの情報を直接入手し、管理サーバ 5 0 のフロー情報受信部が収集してフローの通信品質を判別する。なお、フロー情報通知部およびフロー情報受信部は図示していない。または、A P 1 0 に S T A / U E 通信履歴把握部を備え、B S 2 0 に U E 通信履歴把握部を備え、各通信履歴におけるデータ送受信のパターンを管理サーバ 5 0 の通信履歴情報受信部が収集してフローの通信品質を判別する。なお、S T A / U E 通信履歴把握部、U E 通信履歴把握部および通信履歴情報受信部は図示していない。または、ネットワーク側でディープパケットインスペクション等の手法を用いて判別してよい。これらの判別された

10

## 【 0 0 5 9 】

併せて、無線アクセス回線がスループットのボトルネックでない場合に実現され得る最大のスループットを推定する。例えば、動画ストリーミングのフローであれば、動画の大きさによって最大スループットは決まるが、データをダウンロードするフローであれば、データを保有するサーバや無線アクセス回線より上位側のネットワーク、および通信プロトコルが許す限り、最大のスループットは大きくなる。なお、この最大のスループットについて、上限が変動するために推定が難しい場合は、ネットワーク側、A P、もしくは S T A ・ U E において、各フローの通信速度に上限を設けるといった手法で最大のスループットを絞って推定を容易にすることも可能であるし、平均値等の統計値を用いてもよい。また、フローの通信品質を判別する方法を持たないシステムの場合は、U E や S T A 一律の要求品質、およびそれらが実現しうる最大のスループットを想定してもよい。

20

## 【 0 0 6 0 】

また、U E 回線仮決定部 5 3 1 による回線仮決定については、各フローの要求品質をクリアしつつ、システム容量が最大になるように実施する。なお、アンライセンス帯において、どのようなパラメータ変更を行っても要求品質を満たせないフローが存在する場合、該当の回線仮決定は採用しない。一方、ライセンス帯において、要求品質を満たせないフローが存在する場合、該当の回線仮決定は採用しない。

30

## 【 0 0 6 1 】

回線・パラメータ最終決定部 5 3 6 は、以上の流れにおいて、システム容量が最大となる U E 回線仮決定およびアンライセンス帯パラメータ仮決定の内容で、A P 1 0 のアンライセンス帯パラメータと、U E 4 0 の各フローの使用回線を決定する。

## 【 0 0 6 2 】

なお、U E 回線仮決定部 5 3 1 による回線仮決定、およびアンライセンス帯パラメータ仮決定部 5 3 2 によるパラメータ仮決定について、選択できる回線およびパラメータは、各 U E 4 0 およびアンライセンス帯における A P 1 0 ・ S T A 3 0 ・ U E 4 0 において取りうる範囲が存在することから、計算機の能力および計算に許容できる時間内に計算が完了するならば、全組み合わせにおける最適値を算出する。その手順の一例を図 3 に示す。

40

## 【 0 0 6 3 】

図 3 において、回線選択最適化として、ライセンス帯を使用する U E を仮決定し ( S 1 1 )、ライセンス帯において要求品質を満たさないフローが存在しないことを判定する ( S 1 2 )。仮決定した U E について、ライセンス帯において要求品質を満たさないフローが存在しない場合 ( S 1 2 : Yes )、アンライセンス帯のパラメータ最適化に入り、送信電力・受信感度閾値・周波数・周波数幅をパラメータとして仮決定する ( S 1 3 )。次に、アンライセンス帯において要求品質を満たさないフローが存在しないことを判定する ( S 1 4 )。当該フローが存在しない場合 ( S 1 4 : Yes )、ライセンス帯とアンライセンス帯の合計のシステム容量を記録する ( S 1 5 )。さらに、全パラメータの組合せに対してステップ S 1 3 からの処理を繰り返す ( S 1 6 )。さらに、全 U E の組合せに対してステップ S 1 1 からの

50

処理を繰り返し（S17）、システム容量が最大となるライセンス帯を使用するUEと、アンライセンス帯のパラメータを決定する（S18）。

【0064】

なお、組み合わせ数が多く、計算機的能力および計算時間に問題があるのならば、モンテカルロ法を用いたり、遺伝的アルゴリズムといった最適化アルゴリズムを用いたりしてもよい。

【0065】

また、アンライセンス帯品質推定部534における通信品質推定は、シミュレータを用いた算出、マルコフチェーンを用いた解析関数による算出、グラフ理論を用いた算出、経験や学習により導かれた関数による算出等の手法を用いることができる。

10

【0066】

（管理サーバ50の回線・パラメータ決定部53の他の構成例）

図2は、回線・パラメータ決定部53の他の構成例を示す。

図2において、回線・パラメータ決定部53は、図1の基本構成における回線選択最適化とアンライセンス帯パラメータ最適化の順番を逆にし、アンライセンス帯パラメータ仮決定部532がUE回線仮決定部531の前段に配置する。アンライセンス帯パラメータ仮決定部532によるパラメータ仮決定およびUE回線仮決定部531による回線仮決定後の処理手順を図4に示す。

【0067】

図4において、アンライセンス帯のパラメータ最適化として、送信電力・受信感度閾値・周波数・周波数幅をパラメータとして仮決定する（S21）。次に、回線選択最適化として、ライセンス帯を使用するUEを仮決定し（S22）、ライセンス帯およびアンライセンス帯において要求品質を満たさないフローが存在しないことを判定する（S23）。仮決定したUEについて、ライセンス帯およびアンライセンス帯において要求品質を満たさないフローが存在しない場合（S23: Yes）、ライセンス帯とアンライセンス帯の合計のシステム容量を記録する（S24）。さらに、全UEの組合せに対してステップS22からの処理を繰り返し（S25）、さらに全パラメータの組合せに対してステップS21からの処理を繰り返し（S26）、システム容量が最大となるライセンス帯を使用するUEと、アンライセンス帯のパラメータを決定する（S27）。

20

【0068】

（ライセンス帯品質推定部533の通信品質推定のための構成例）

管理サーバ50の回線・パラメータ決定部53のライセンス帯品質推定部533における通信品質推定のための構成例について、以下の2通りの例を示す。

【0069】

図5は、ライセンス帯品質推定部533の通信品質推定のための構成例1を示す。ここでは、BS20から情報収集する例を示す。

【0070】

図5において、AP10、BS20、STA30、UE40、管理サーバ50については、図1に示す基本構成と同様である。ここで、ライセンス帯の通信では、BS20のUE/無線リソース管理部22または基地局管理装置によって、UE40に割り当てられる無線リソースが管理されている。したがって、管理サーバ50のUE/無線リソース管理情報受信部54は、BS20のUE/無線リソース管理部22または基地局管理装置と通信し、UE40の情報および無線リソース管理に関する情報を取得することで、各UEのライセンス帯を使用した場合の通信品質を推定し、ライセンス帯品質推定部533に通知する。

40

【0071】

図6は、ライセンス帯品質推定部533の通信品質推定のための構成例2を示す。ここでは、UE40からライセンス帯情報を収集する例を示す。

【0072】

図6において、AP10、BS20、STA30、UE40、管理サーバ50については

50

、図 1 に示す基本構成と同様である。ここで、UE 40 のライセンス帯情報把握 / 通知部 44 は、自身が接続中または接続可能な BS 20 の情報、および BS 20 との間の電波品質に関する情報を取得している。したがって、管理サーバ 50 の UE ライセンス帯情報受信部 55 は、AP 10 または BS 20 を介してこれらの情報を収集して通信品質を推定し、ライセンス帯品質推定部 53 に通知する。

【0073】

ところで、ライセンス帯は、置局設計によって設置が決定されている点と、管理外の干渉源が存在しない、もしくは別に管理されている点から、アンライセンス帯と比較して通信品質の把握は容易であり、隠れ端末問題 / さらに端末問題も発生しないことが想定できる。また、高い無線周波数を用いるライセンス帯での通信は、遮蔽物等による電波減衰の影響で安定しない可能性があるが、ライセンス帯の通信サービスとしては、別途低い周波数を用いる安定したライセンス帯と合わせて運用されることが考えられるため、通信品質は安定することが想定される。さらに、ライセンス帯では、UE に割り当てられる無線リソースが管理されていることから、各 UE における電波強度が周辺の他 UE に与える通信品質の変化は無視することができる。したがって、ライセンス帯の通信品質は、ライセンス帯基地局および UE のケイパビリティ、基地局における接続 UE 台数とそのフローの把握、および各 UE における基地局との間の電波強度の把握で代えることができる。

10

【0074】

一方、管理サーバでは、管理サーバに情報が存在しない UE によるライセンス帯での通信は加味することができないため、管理サーバに情報が存在しない UE がアンライセンス帯のサービスエリア内に存在する場合や、ライセンス帯とアンライセンス帯のサービスエリアが一致せず、アンライセンス帯のサービスエリア外かつライセンス帯のサービスエリア内に UE が存在する場合に、接続 UE 台数とそのフローの情報が不足することになる。これらの場合、あらかじめ、管理サーバに情報が存在する UE の数に対して、アンライセンス帯のサービスエリア内に存在するが、管理サーバに情報が存在しない UE の数や、アンライセンス帯のサービスエリア外かつライセンス帯のサービスエリア内に存在する UE の数を統計的に把握し、その割合を求めておくこと。そして、現時点において管理サーバに情報が存在するライセンス帯 UE の情報から、情報が存在しないライセンス帯 UE 数およびそのフローを推定してもよい。また、不足する情報だけ、ライセンス帯基地局または基地局管理装置からの情報収集で補うといった方法でもよい。

20

30

【0075】

また、管理サーバでは、管理サーバに情報が存在しない UE や、ライセンス帯とアンライセンス帯のサービスエリアの不一致に関する管理を簡単にするために、管理サーバに情報が存在する UE に対して、ライセンス帯で許容できるフロー数やフローによる通信容量をあらかじめ決定しておく。そして、その範囲内で UE 回線選択を行うこととし、ライセンス帯品質推定部 53 における通信品質推定は、その許容できるフロー数やフローによる通信容量の情報を基に実施してもよい。

【0076】

なお、UE 回線選択では、UE において選択できる回線のリストの中から選択する。アンライセンス帯パラメータについては、AP・STA・UE のアンライセンス帯のケイパビリティに関する情報を AP・STA・UE から収集して判断する。アンライセンス帯品質推定については、アンライセンス帯を使用する各 STA・UE のフローの情報と、AP における周辺 AP のリストとその AP との間の電波強度、STA・UE における接続 AP との間の電波強度、STA・UE における周辺 AP のリストとその AP との間の電波強度の情報を収集し、品質推定を実施する。ただし、これらは一例であり、統計的な情報や別の情報での代替、および推定精度を向上させる情報の追加も可能である。

40

【0077】

また、本発明では、AP は管理サーバによって管理できることを前提としているため、AP のアンライセンス帯に関する情報や、そこに接続する STA・UE のケイパビリティに関する情報は収集可能であることを想定している。また、STA・UE についても、AP

50

による周辺 A P のリストとその A P の間の電波強度の情報取得指示により、S T A ・ U E のアンライセンス帯に関する情報が取得可能であり、U E は管理サーバによって管理できることを前提としているため、管理サーバからの指示によっても取得可能であると想定している。

【 0 0 7 8 】

また、以下に示す例の方法を用いれば、最適化における組み合わせ数を削減可能で、計算時間の短縮が可能となる

【 0 0 7 9 】

( U E 回線仮決定の絞り込み例 )

ここでは、接続する A P と該当 U E の間の電波強度の情報を使用する場合を示す。  
 確率的に、A P と U E 間の伝送レートは、その間の電波強度が高い程高くでき、隠れ端末問題 / さらに隠れ端末問題は発生しにくくなる。一方、A P と U E 間の電波強度が低い U E にライセンス帯を使用させると、図 1 4 および図 1 5 に示すように、通信容量増大が期待できる確率は高く、かつフローの要求品質を満たせる確率も高い。

【 0 0 8 0 】

したがって、U E における A P からの電波強度、または A P における U E からの電波強度を基に、アンライセンス帯とライセンス帯のどちらを使用させるかを選択することで、U E 回線仮決定の組み合わせを絞り込むことができる。

【 0 0 8 1 】

図 7 は、U E 回線仮決定の絞り込み手順例 1 を示す。

図 7 において、管理サーバ 5 0 の U E 回線仮決定部 5 3 1 は、接続する A P と U E との間の電波強度の情報を取得し ( S 3 1 ) 、電波強度の閾値を ( dBm ) とし ( S 3 2 ) 、未満の U E をライセンス帯使用として仮決定し ( S 3 3 ) 、その閾値に基づいてライセンス帯の使用が選択されたフローの通信品質推定を行う ( S 3 4 ) 。回線選択を行う電波強度の閾値を変化させてシステム容量の計算を行い、要求品質を満たせないフローが存在しないという条件 ( 通信容量の上限を超えない ) において、最もシステム容量の大きな閾値で、回線選択を行う電波強度の閾値を決定する ( S 3 5 , S 3 6 , S 3 7 ) 。また、アンライセンス帯の使用が選択されたフローについては、アンライセンス帯品質推定部 5 3 4 で通信品質推定を行いつつ、アンライセンス帯パラメータ仮決定部 5 3 2 によって最適なパラメータを仮決定する ( S 3 8 ~ S 4 2 ) 。この方法では、U E における A P からの電波強度に対して閾値を設ける場合、閾値さえ U E に通知すれば、U E 自身でも回線選択を判断できることとなる。

【 0 0 8 2 】

図 8 は、U E 回線仮決定の絞り込み手順例 2 を示す。

図 8 において、管理サーバ 5 0 の U E 回線仮決定部 5 3 1 は、接続する A P と U E との間の電波強度の情報を取得し ( S 3 1 ) 、電波強度の低い U E のフローから順にライセンス帯の使用を仮決定し ( S 3 2 ' ~ S 3 6 ' ) 、ライセンス帯の使用が仮決定されたフローの通信品質推定を行う。アンライセンス帯の品質推定とパラメータ仮決定 ( S 3 8 ~ S 4 2 ) は、図 7 の絞り込み手順例 1 と同様である。この場合においては、要求品質を満たせないフローが存在しないという条件において、最もシステム容量の大きな回線選択のパターンで決定する。この方法は、ライセンス帯を使用するフローを順々に増やしていく手法であるので、例えばライセンス帯において許容できるフロー数やフローによる通信容量の上限が決まっている場合、その上限に収まる範囲というのを条件として、U E におけるフローのライセンス帯の仮決定の範囲をあらかじめ絞る事が可能となる。

【 0 0 8 3 】

ところで、電波強度を閾値として使用する、または電波強度の低い順に選択する場合に、送信電力を下げる制御を実施すると、制御後に電波強度が下がって閾値を下回る、または電波強度の順番が入れ替わり、制御が収束しない恐れがある。また、A P や U E のケイパビリティとしては高い送信電力を設定でき、U E や A P における電波強度を上げられるという場合も存在する。この場合は、閾値判定や順番判定を行う際には、制御で変更した分

10

20

30

40

50

の送信電力を補正し、変更前の送信電力を基にした判定を行うといった工夫で対処できる。また、電波強度をモニタする信号は、制御で送信電力が変更されていないものを使用するといった対処でも問題ない。具体例として、APが定期的に送信するビーコン信号の送信電力は変更されない場合、そのビーコン信号をモニタするならば問題ない。

#### 【0084】

図9は、UE回線仮決定の絞り込み手順例3を示す。

図9において、接続するAPとUEとの間の電波強度の情報を取得し(S51)、UEの周辺APおよび接続するAPの周辺AP同士の間の電波強度、接続するAPおよびUEの周辺APおよび接続するAPの周辺APの通信量の情報を取得する(S52)。ここで、接続するAPとUEの間の電波強度が同様な複数のUEが存在する場合、それらのUEにおいて、隠れ端末問題/さらし端末問題が同様に発生する、もしくは同様なSINRになるとは限らない。実際には、各々のUEにおける隠れ端末問題/さらし端末問題やSINR低下の原因となる無線局(以下、原因局という)との関係、および接続するAPとそれら原因局の関係により、隠れ端末問題/さらし端末問題の発生やSINRについては異なってくる。

#### 【0085】

ところで、APだけでなくSTA・UEも原因局となりうる。この場合、AP・AP間、AP・UE間、STA・UE間、UE・UE間の関係を把握することで、正確な隠れ端末問題/さらし端末問題の発生やSINRを推定できるようになる。ただし、APからSTA・UE方向の下り通信が支配的な環境、およびSTA・UEの送信する電波の強度がAPと比べて小さくかつSTA・UEからの上り通信がAPによって管理されている、すなわちAPからのポーリング/トリガーフレームに従って、STA・UEが上り通信を行うシステムでは、STA・UE間、UE・UE間の関係を把握しなくても、影響は限定的となる。したがって、AP・AP間、AP・UE間の情報のみで、最適化を実施することができる。また、通信量がない、もしくは少ないAPについては、原因局であっても電波の送信が少ないため、周辺APから除外して考えてもよい。

#### 【0086】

ここで、周波数・周波数幅の最適化を行う場合は周波数・周波数幅の設定に拘らず、最適化を行わない場合は周波数・周波数幅の現設定値により、以下の処理を行う。隠れ端末問題/さらし端末問題が発生しない位置のUE、およびSINRにおける干渉強度Iとなる原因局が存在しない、または干渉が小さく無視できるUEについては、アンライセンス帯を使用させても通信品質に問題が発生しないため、再送やパケットロスによる無線リソースの浪費は無視できる。したがって、上記のUEについては、ライセンス帯でしか通信品質を満たせないフローを除き、ライセンス帯を選択しないものとして回線選択をアンライセンス帯に固定することで、UEにおけるフローのライセンス帯の仮決定の範囲をあらかじめ絞ることが可能となる(S53, S54, S55)。

#### 【0087】

以上により、ライセンス帯を使用するUEを仮決定した後のステップS56~S63の処理は、アンライセンス帯パラメータとして送信電力・受信感度閾値を仮決定するステップS58以外は、図3に示す処理手順S11~S18と同様である。

#### 【0088】

(アンライセンス帯パラメータ仮決定の絞り込み例)

##### (1) 送信電力・受信感度閾値

送信電力を下げる程、他の無線局へ与える干渉強度Iが低減したり、他の無線局におけるキャリアセンスでアイドルとなる機会が増加したりする場合がある。また、受信感度閾値を上げる程、その無線局においてキャリアセンスでアイドルとなる機会が増加する。一方で送信電力を下げると、SINRにおける受信電波強度Sが下がるため伝送レートは低下する恐れがあり、また干渉源へ電波が届かずに、自身との通信相手における干渉強度Iが増加する恐れがある。また受信感度閾値を上げると、隠れ端末問題により自身との通信相手における干渉強度Iが増加する、もしくはさらし端末問題により他の無線局におけるキ

10

20

30

40

50

キャリアセンスでアイドルとなる機会を著しく減少させる可能性がある。これに対し、受信感度閾値を上げた分、送信電力を下げることで、受信感度閾値を上げることによる他の無線局への干渉強度  $I$  の増加およびキャリアセンスでアイドルとなる機会の低下を、送信電力の低減によって抑制する考え方がある。

【 0 0 8 9 】

また、 $S I N R$ と伝送レートの関係として、図 1 2 のように、線形の関係ではない場合が存在する。この場合、受信電波強度  $S$  の低下および干渉強度  $I$  の増加に対し、伝送レートの低下は線形ではなく、その低下が無い、もしくは比較的小さい領域が発生する。この領域においては、送信電力を下げたとして、 $S$  が下がることに伴う伝送レートの低下によるデメリットよりも、他の無線局における  $I$  が低下する・キャリアセンスでアイドルとなる機会が増加するといったメリットがより大きく発現する可能性が高くなる。したがって、メリットの大きくなる  $S I N R$  をターゲットとし、その上で、 $S$  の低下と  $I$  の低下は連動することが考えられるので、ターゲットとなる  $S$  (以下、ターゲット  $S$  という) を想定する。

10

【 0 0 9 0 】

図 1 0 は、アンライセンス帯パラメータ仮決定の絞り込み手順例 1 を示す。

図 1 0 において、 $S I N R$ と伝送レートの関係が線形関係でないアンライセンス帯のシステムでは、 $A P$ および  $S T A \cdot U E$  に対するターゲット  $S$  をパラメータとして仮決定し ( $S 7 1$ )、アンライセンス帯における  $A P$ および  $S T A \cdot U E$  に対してターゲット  $S$  となるように送信電力を下げる、または上げる ( $S 7 2$ )。その上で、送信電力を下げた、または上げた分だけ受信感度閾値を上げる、または下げる ( $S 7 3$ )、ライセンス帯・アンライセンス帯合計のシステム容量を記録する ( $S 7 4$ )。これを取りうるターゲット  $S$  の範囲で実施することにより ( $S 7 5$ )、ターゲット  $S$  の最適化のみに絞ることが可能となる。

20

【 0 0 9 1 】

(2) 周波数・周波数幅

周波数幅については、拡大するほど通信帯域は拡大するが、同時に同じ周波数を用いる無線局数が増え、同一の周波数を使用する事によって発生する隠れ端末問題/さらし端末問題が発生する確率は高くなる。

【 0 0 9 2 】

隠れ端末問題/さらし端末問題影響を受けるものが  $U E$  であった場合、該当  $U E$  にライセンス帯を使用させることができる。したがって、隠れ端末問題/さらし端末問題が発生するような場所に存在する  $U E$  にライセンス帯を使用させることができるならば、周波数幅を拡大できる。

30

【 0 0 9 3 】

しかし、サービスエリアにおいて  $S T A$  が存在する場合、 $S T A$  では隠れ端末問題/さらし端末問題による通信品質の低下をフォローできないため、帯域拡大は望ましくない場合が存在するので、サービスエリアにおける  $S T A$  の存在を考慮する必要がある。

したがって、 $S T A$  の分布や数の情報を用いれば、選択可能な周波数・周波数幅を絞ることが可能となる。

【 0 0 9 4 】

また、帰属する  $U E$  および  $S T A$  が多い  $A P$  程、各  $U E$  および  $S T A$  が使用できる帯域は小さくなる。この場合、 $S$  が高いので  $S I N R$  が高く、隠れ端末問題/さらし端末問題が発生しないといった状況であっても、アンライセンス帯において要求品質を満たせないフローが発生する確率は高くなる。この状況では、例えば図 4 の最適化計算において、アンライセンス帯において要求品質を満たせないフローが存在しないという条件に漏れることによる、計算リソースの浪費や、図 7 ~ 図 9 の回線選択における精度の低下、すなわちアンライセンス帯においては要求品質を満たせないフローであるにもかかわらず、アンライセンス帯を選択してしまうケースを引き越す可能性が高い。これらのことから、帰属する  $U E$  および  $S T A$  が多い  $A P$  から順に優先的に広い周波数幅を与えることで、計算リソース浪費の低減・精度の向上を見込むことが可能となる。

40

50

## 【 0 0 9 5 】

図 1 1 は、アンライセンス帯パラメータ仮決定の絞り込み手順例 2 を示す。

図 1 1 において、A P に帰属する U E / S T A 数の情報を取得し ( S 8 1 )、全 A P の周波数幅を最小値に設定し ( S 8 2 )、帰属する U E / S T A 数の多い A P から順に周波数幅を広くし ( S 8 3 )、周波数をパラメータとして仮決定し ( S 8 4 )、図 4 に示す回線選択最適化処理 ( S 2 2 ~ S 2 5 ) を実行する。それを全周波数の組合せに対して実施し ( S 8 5 )、次に帰属する U E / S T A 数の多い A P の周波数幅を広げて同様の処理を繰り返す ( S 8 6 )、システム容量が最大となるライセンス帯を使用する U E と、アンライセンス帯のパラメータを決定する ( S 8 7 )。

## 【 0 0 9 6 】

なお、図 7 ~ 図 9 に示す U E 回線仮決定の絞り込み例、図 1 0 ~ 図 1 1 に示すアンライセンス帯パラメータ仮決定の絞り込み例では、大群化効果が得られるような多くの無線局が存在するサービスエリアでは、A P ・ S T A ・アンライセンス帯を使用する U E の分布や台数が類似した状況では、S T A ・ U E の詳細な配置が変化しても、過去に算出した最適値の使い回しを行っても同様のシステム容量の向上効果が得られる可能性は高い。したがって、最適化計算ではなく、あらかじめ準備しておいた、分布や台数をインデックスとした U E 回線選択やアンライセンス帯パラメータのテーブルを用いた設定も可能である。また、各絞り込み方法を組み合わせ、最適化計算の更なる簡易化を行ってもよい。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 9 7 】

- 1 0 アンライセンス帯の基地局 ( A P )
- 1 1 アンライセンス帯通信部
- 1 2 アンライセンス帯パラメータ変更部
- 2 0 ライセンス帯の基地局 ( B S )
- 2 1 ライセンス帯通信部
- 2 2 U E / 無線リソース管理部
- 3 0 アンライセンス帯に対応する端末局 ( S T A )
- 3 1 アンライセンス帯通信部
- 4 0 アンライセンス帯およびライセンス帯に対応する端末局 ( U E )
- 4 1 アンライセンス帯通信部
- 4 2 ライセンス帯通信部
- 4 3 回線変更部
- 4 4 ライセンス帯情報把握 / 通知部
- 5 0 管理サーバ
- 5 1 アンライセンス帯パラメータ指示部
- 5 2 U E 回線指示部
- 5 3 回線・パラメータ決定部
- 5 3 1 U E 回線仮決定部
- 5 3 2 アンライセンス帯パラメータ仮決定部
- 5 3 3 ライセンス帯品質推定部
- 5 3 4 アンライセンス帯品質推定部
- 5 3 5 システム容量計算部
- 5 3 6 回線・パラメータ最終決定部
- 5 4 U E / 無線リソース管理情報受信部
- 5 5 U E ライセンス帯情報受信部

10

20

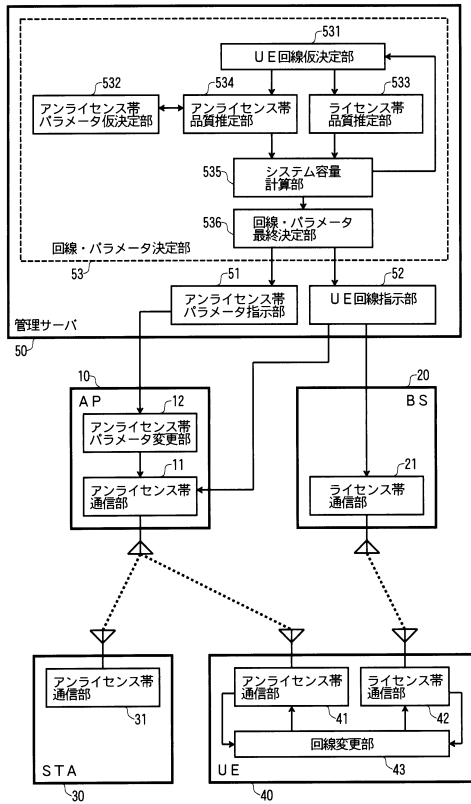
30

40

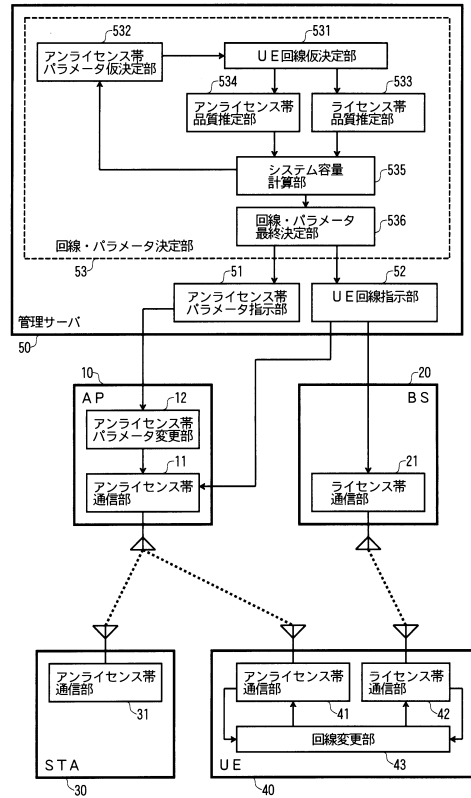
50

【 図 面 】

【 図 1 】



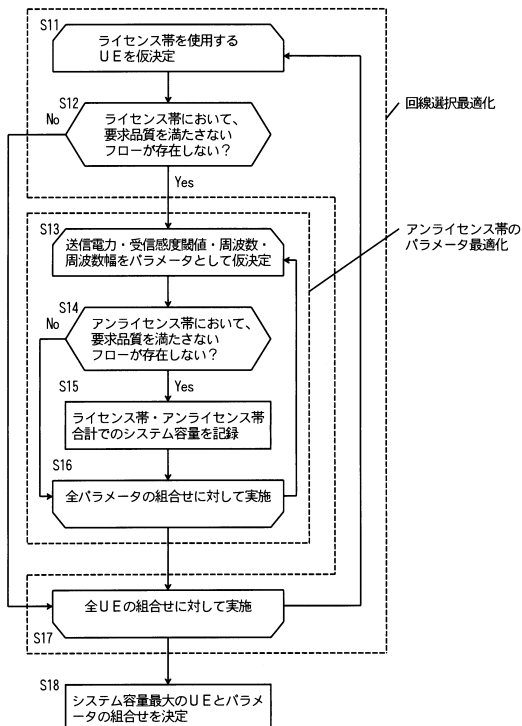
【 図 2 】



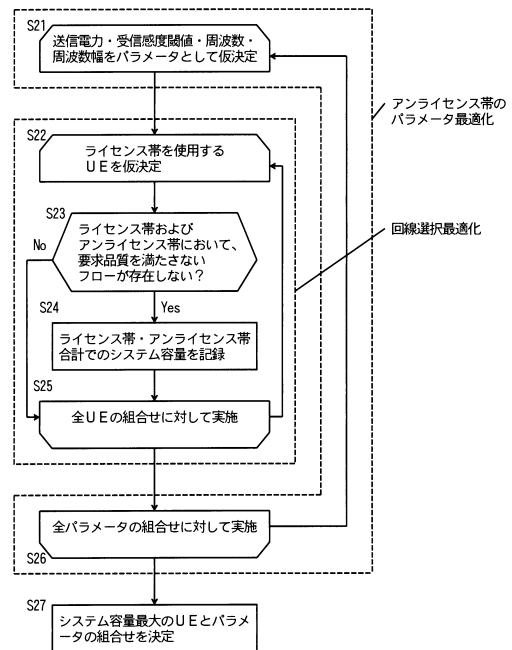
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

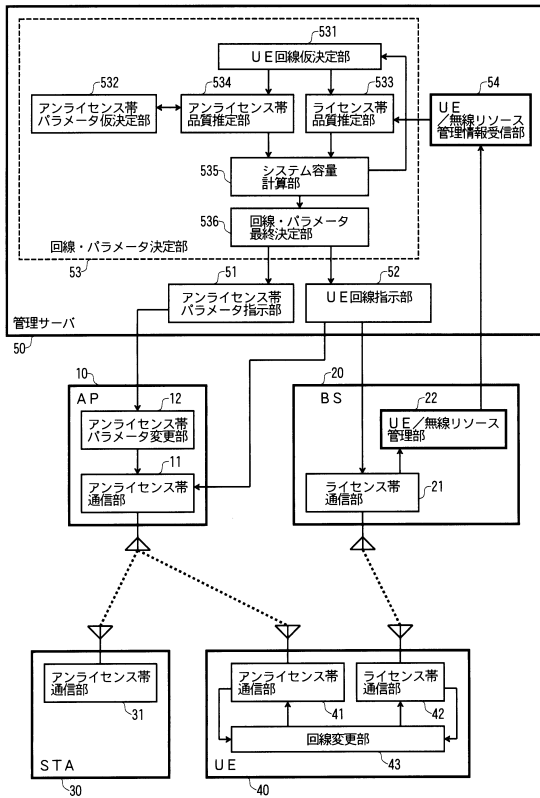


30

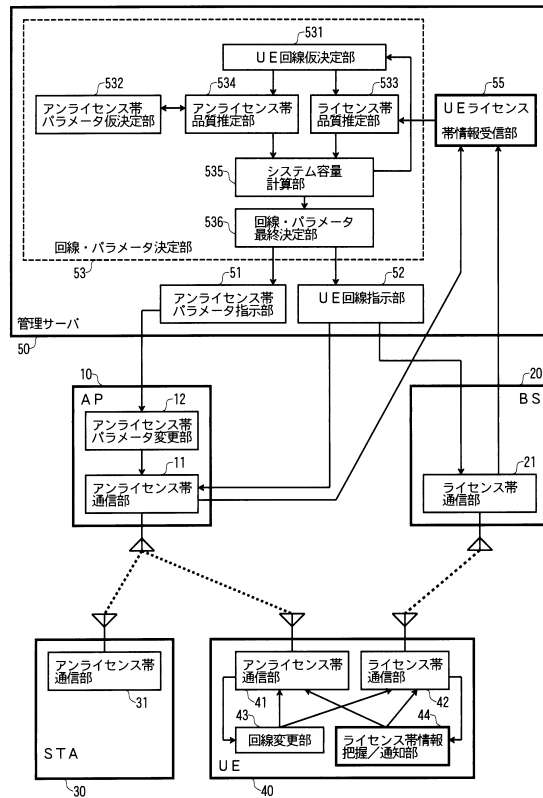
40

50

【図 5】



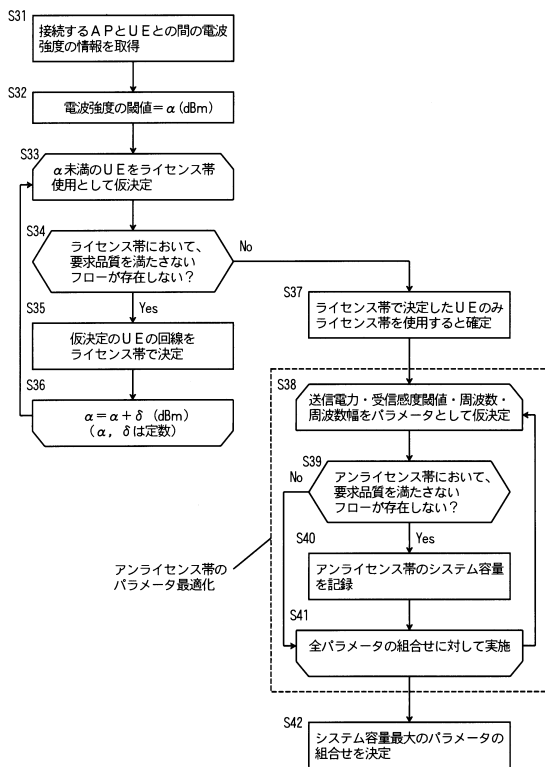
【図 6】



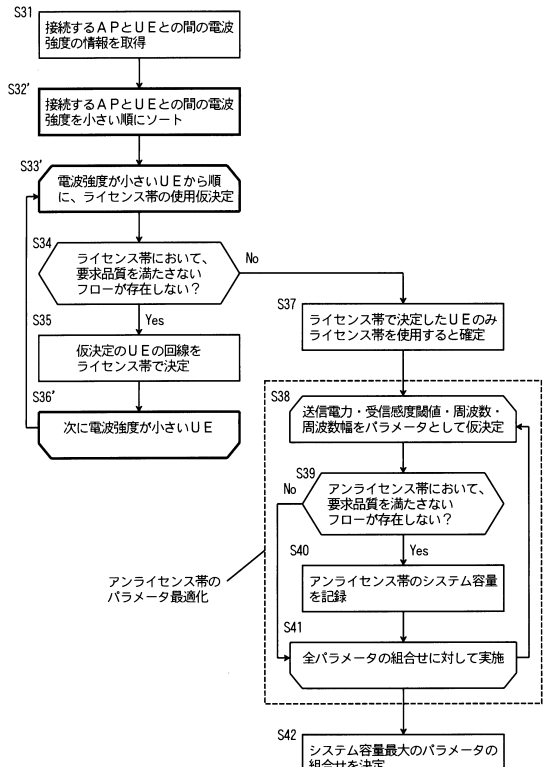
10

20

【図 7】



【図 8】

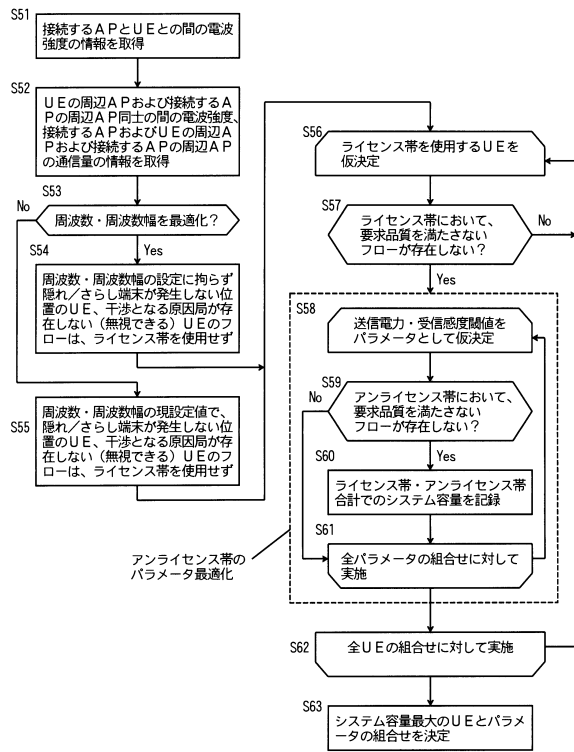


30

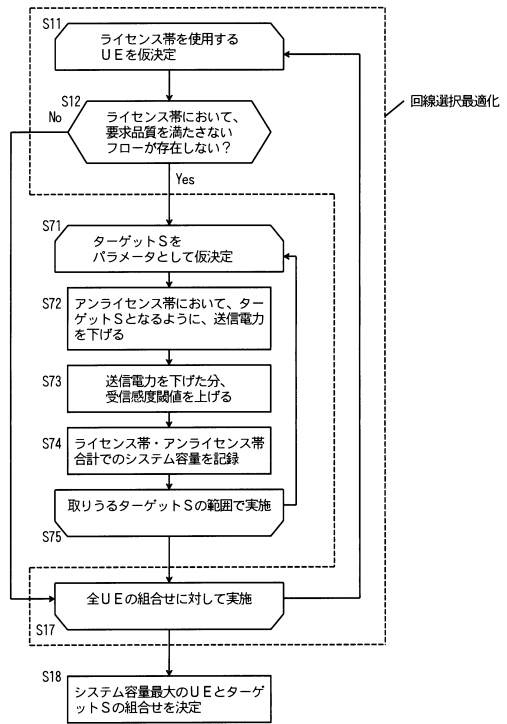
40

50

【 図 9 】



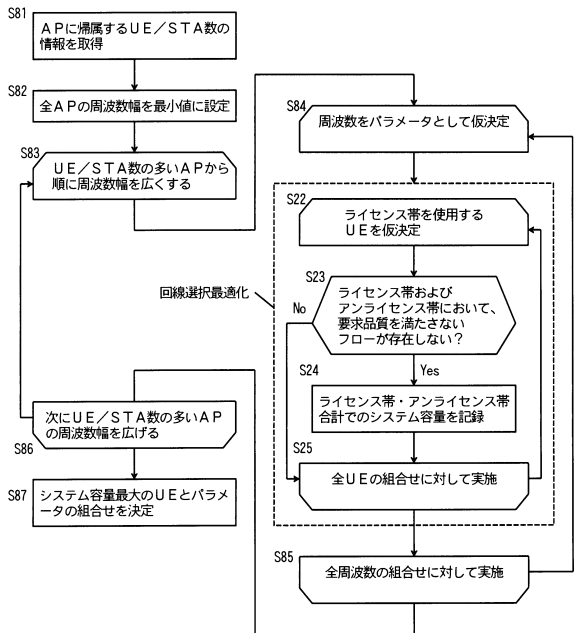
【 図 10 】



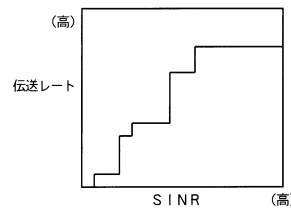
10

20

【 図 11 】



【 図 12 】

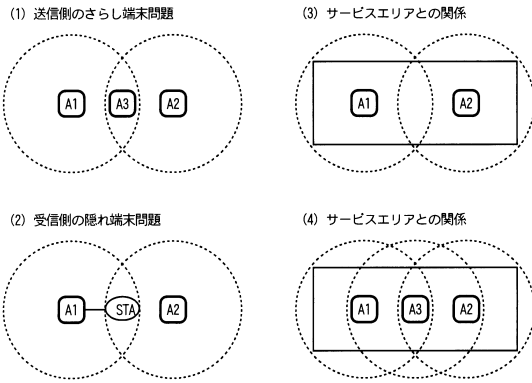


30

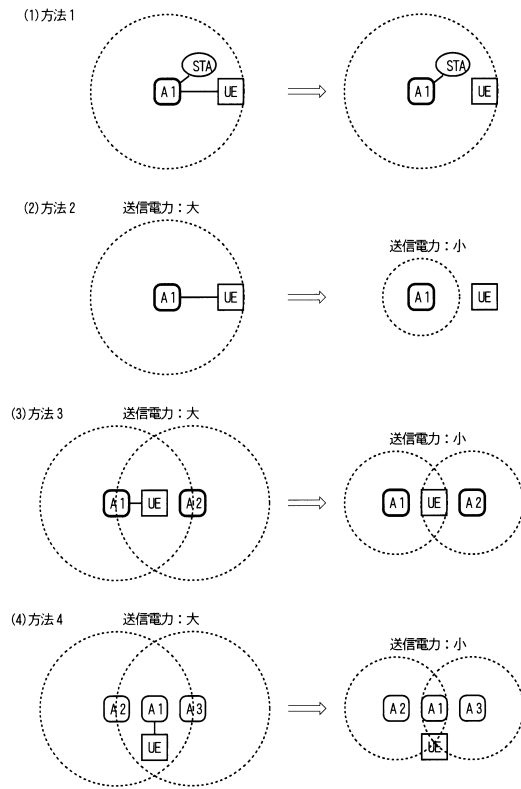
40

50

【 図 1 3 】



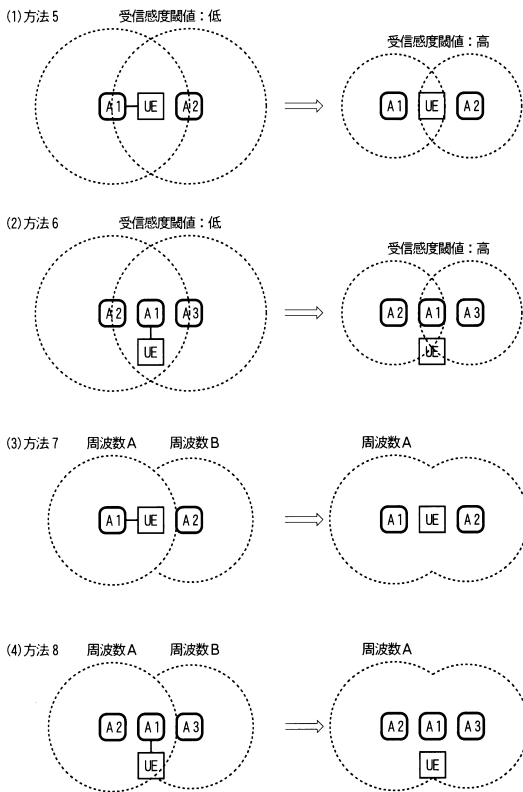
【 図 1 4 】



10

20

【 図 1 5 】



30

40

50

## フロントページの続き

- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 河村 憲一
- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 鷹取 泰司
- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- 審査官 田部井 和彦
- (56)参考文献 国際公開第2017/161361(WO, A2)  
特表2019-509703(JP, A)  
河村 憲一 他, 5G時代におけるセルラー連携制御による高密度無線LANのスループット改善の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 一般社団法人電子情報通信学会, 2017年10月, 第117巻, No.246, 第63-68頁  
Akiyoshi INOKI et al., Throughput Improvement of Mobile Cooperative WLAN Systems with Identifying and Management of Starved, IEICE Transaction on Communication [online], Vol. E100-B No.8, [retrieved on 2019.03.19], 2017年08月01日, 第1366-1376頁, [http://search.ieice.org/bin/pdf\\_link.php?category=B&lang=E&year=2017&fname=e100-b\\_8\\_1366&abst=](http://search.ieice.org/bin/pdf_link.php?category=B&lang=E&year=2017&fname=e100-b_8_1366&abst=), DOI: 10.1587/transcom.2016FGP0017  
河村 憲一, I o T / M 2 M からブロードバンドまで多様なニーズにこたえる無線アクセス技術, NTT技術ジャーナル, 一般社団法人電気通信協会, 2017年01月01日, 第29巻 第1号, 第18-21頁
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H04W 4/00-99/00  
DB名 3GPP TSG RAN WG1-4  
SA WG1-4  
CT WG1、4