

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7667302号  
(P7667302)

(45)発行日 令和7年4月22日(2025.4.22)

(24)登録日 令和7年4月14日(2025.4.14)

(51)国際特許分類	F I
H 0 4 W 74/0833(2024.01)	H 0 4 W 74/0833
H 0 4 W 84/06 (2009.01)	H 0 4 W 84/06
H 0 4 W 72/1268(2023.01)	H 0 4 W 72/1268

請求項の数 11 (全22頁)

(21)出願番号 特願2023-556109(P2023-556109)	(73)特許権者 319010088 楽天モバイル株式会社 東京都世田谷区玉川一丁目14番1号
(86)(22)出願日 令和4年1月6日(2022.1.6)	(74)代理人 100105924 弁理士 森下 賢樹
(86)国際出願番号 PCT/JP2022/000258	(72)発明者 シェト パンケージ 東京都世田谷区玉川一丁目14番1号 楽天モバイル株式会社内
(87)国際公開番号 WO2023/074007	審査官 玉田 恭子
(87)国際公開日 令和5年5月4日(2023.5.4)	
審査請求日 令和5年12月12日(2023.12.12)	
(31)優先権主張番号 特願2021-177197(P2021-177197)	
(32)優先日 令和3年10月29日(2021.10.29)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	
特許法第30条第2項適用 令和3年10月21日に、 「R2-116-e」オンライン会議のための「3GPP RAN WG2」のウェブサイト( <a href="https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_116-e/Docs">https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_116-e/Docs</a> )に提出	

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 通信システムにおけるランダムアクセス制御

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定するランダムアクセスチャネル特定部と、

前記複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングする通信機グルーピング部と、

前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限するランダムアクセス情報送信制限部と、

を備え、

通信機が基地局に対して情報を送信可能な複数のフレームは、 $n$ 個( $n$ は2以上の自然数)のフレームグループにグルーピングされ、

前記通信機グルーピング部は、前記 $n$ 個のフレームグループに対応する $n$ 個のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたフレームグループに属するフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する通信制御装置。

【請求項2】

前記通信機グルーピング部は、各通信機の通信機識別情報を $n$ で割った余りに応じて $n$

個のランダムアクセスグループに当該各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、フレーム番号を  $n$  で割った余りが前記通信機識別情報を  $n$  で割った余りと等しくなるフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

請求項 1 に記載の通信制御装置。

【請求項 3】

前記通信機識別情報は、通信機のユーザに付与されているユーザ識別番号である、請求項 2 に記載の通信制御装置。

【請求項 4】

前記通信機グルーピング部は各通信機に設けられ、自身の通信機識別情報を  $n$  で割った余りに応じたランダムアクセスグループに自身をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は各通信機に設けられ、基地局から受信したフレーム番号およびグループ数  $n$  に基づいて演算したフレーム番号を  $n$  で割った余りが自身の通信機識別情報を  $n$  で割った余りと等しくなるフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

請求項 2 に記載の通信制御装置。

【請求項 5】

前記ランダムアクセスチャネル特定部、前記通信機グルーピング部、ランダムアクセス情報送信制限部は、各通信機に設けられる、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の通信制御装置。

【請求項 6】

前記基地局は飛行する非地上基地局である、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の通信制御装置。

【請求項 7】

前記非地上基地局は宇宙空間を飛行する通信衛星である、請求項 6 に記載の通信制御装置。

【請求項 8】

前記複数のランダムアクセスチャネルは、 $n$  個 ( $n$  は 2 以上の自然数) のランダムアクセスチャネルグループにグルーピングされ、

前記通信機グルーピング部は、前記  $n$  個のランダムアクセスチャネルグループに対応する  $n$  個のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネルグループに属するランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の通信制御装置。

【請求項 9】

通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定するランダムアクセスチャネル特定部と、

前記複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングする通信機グルーピング部と、

前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限するランダムアクセス情報送信制限部と、

を備え、

前記通信機グルーピング部は、各通信機の通信機識別情報を  $n$  で割った余りに応じて  $n$  個のランダムアクセスグループに当該各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、ランダムアクセスチャネル識別情報を  $n$  で割った余りが前記

10

20

30

40

50

通信機識別情報を  $n$  で割った余りと等しくなるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する通信制御装置。

【請求項 10】

通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定することと、

前記複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングすることと、

前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限することと、

を備え、

通信機が基地局に対して情報を送信可能な複数のフレームは、 $n$  個 ( $n$  は 2 以上の自然数) のフレームグループにグルーピングされ、

前記グルーピングすることは、前記  $n$  個のフレームグループに対応する  $n$  個のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報の送信を制限することは、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたフレームグループに属するフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する通信制御方法。

【請求項 11】

通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定することと、

前記複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングすることと、

前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限することと、

をコンピュータに実行させ、

通信機が基地局に対して情報を送信可能な複数のフレームは、 $n$  個 ( $n$  は 2 以上の自然数) のフレームグループにグルーピングされ、

前記グルーピングすることは、前記  $n$  個のフレームグループに対応する  $n$  個のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報の送信を制限することは、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたフレームグループに属するフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する通信制御プログラムを記憶している記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、通信システムにおけるランダムアクセス制御に関する。

【背景技術】

【0002】

スマートフォンやIoT (Internet of Things) デバイスに代表される無線通信デバイスの数、種類、用途は増加の一途を辿っており、無線通信規格の拡張や改善が続けられている。例えば「5G」として知られる第5世代移動通信システムの商用サービスは2018年に開始したが、現在も3GPP (Third Generation Partnership Project) で規格策定が進められている。また、5Gに続く次世代の無線通信規格としての「6G」または第6世代移動通信システムの規格策定に向けた取り組みも始まっている。

【0003】

電源投入後等のスマートフォンや携帯電話等の移動体または携帯通信機器 (以下では通

10

20

30

40

50

信機と総称する)が、移動通信(以下ではモバイル通信ともいう)ネットワークとの通信を開始するために、ランダムアクセス(RA: Random Access)手順が定められている。特許文献1に開示されているRA手順では、通信機から基地局へのアップリンク通信または上りリンク通信に使用される10msのアップリンクフレームにおける所定の時間-周波数リソース(以下では簡潔にリソースともいう)が物理ランダムアクセスチャネル(PRACH: Physical Random Access Channel)として確保されている。基地局にランダムアクセスを試みる通信機は、当該基地局が受付可能な最大64個の所定のランダムアクセスプリアンブル(以下では簡潔にプリアンブルともいう)から任意の1個のプリアンブルを選択してPRACH上で当該基地局に対して送信する。PRACHを通じて通信機からプリアンブルを受信した基地局は、同一PRACH上で同一のプリアンブルを当該基地局に送信した他の通信機がない場合、当該通信機にランダムアクセスレスポンス(以下では簡潔にレスポンスともいう)を送信し、後続の接続確立ステップ等に進む。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特表2012-533211号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一方、複数の通信機が同一PRACH上で同一のプリアンブルを基地局に送信した場合、いずれの通信機も接続確立ステップ等に進めないか、一つの通信機のみが接続確立ステップ等に進める。基地局から正常なレスポンスが送信されずに接続確立ステップ等に進めなかった通信機は、ネットワークで設定されているPRACH構成インデックスに応じた次のPRACHまで待機する必要がある。

20

【0006】

多数同時接続(mMTC: Massive Machine-Type Communications)を標榜する5Gでは、一つの基地局に同時に接続されるIoTデバイスも含む通信機の数が増大しており、以上のようなRA手順またはPRACH待ちの通信機によって「渋滞」(以下ではPRACH渋滞ともいう)が発生する可能性がある。また、地上に設置される一般的な基地局(以下では地上基地局ともいう)に加えてまたは代えて、宇宙空間や成層圏等の大気圏を飛行する通信衛星や無人航空機等の非地上基地局の検討や導入が進められているが、後述するように、非地上基地局では地上基地局よりもPRACH渋滞が深刻化する恐れがある。

30

【0007】

本開示はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、ランダムアクセス制御を効率化できる通信制御装置等を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本開示のある態様の通信制御装置は、通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定するランダムアクセスチャネル特定部と、複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングする通信機グルーピング部と、各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限するランダムアクセス情報送信制限部と、を備える。

40

【0009】

この態様では、各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応するランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の基地局に対する送信が制限される。すなわち、各ランダムアクセスチャネル上でランダムアクセス情報を送信する通信機の数が増えるため、同一ランダムアクセスチャネル上で複数の通信機のランダムアクセス情報が衝突する可能性が低下する。従っ

50

て、各通信機のランダムアクセス手続を効率化できる。

【0010】

本開示の別の態様は、通信制御方法である。この方法は、通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定することと、複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングすることと、各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限することと、を備える。

【0011】

本開示の更に別の態様は、記憶媒体である。この記憶媒体は、通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定することと、複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングすることと、各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限することと、をコンピュータに実行させる通信制御プログラムを記憶している。

10

【0012】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本開示の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本開示の態様として有効である。

20

【発明の効果】

【0013】

本開示によれば、通信機のランダムアクセス制御を効率化できる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】通信制御装置が適用される無線通信システムの概要を模式的に示す。

【図2】通信制御装置の機能ブロック図である。

【図3】具体的な実施例を示す。

【図4】具体的な実施例を示す。

【図5】具体的な実施例を示す。

30

【図6】通信制御装置によるランダムアクセス制御のフローチャートである。

【図7】通信機と地上基地局の間におけるCBRA手順を模式的に示す。

【図8】通信機と非地上基地局の間におけるCBRA手順を模式的に示す。

【図9】本実施形態が適用されていない場合のNTNにおけるPRACH渋滞に関する試算結果を示す。

【図10】本実施形態が適用されていない場合のNTNにおけるPRACH渋滞に関する試算結果を示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本開示に係る通信制御装置は、地上に設置される地上基地局が地上に提供する通信セル（以下では地上通信セルともいう）によって構築される地上系ネットワーク（TN：Terrestrial Network）、飛行する非地上基地局が地上に提供する通信セル（以下では非地上通信セルともいう）によって構築される非地上系ネットワーク（NTN：Non-Terrestrial Network）、TNとNTNが併存するネットワークその他のモバイル通信ネットワークに適用できる。本実施形態では、TNおよびNTNを包括的に説明するため、TNとNTNが併存するネットワークを例示する。

40

【0016】

図1は、本実施形態に係る通信制御装置が適用される無線通信システム1の概要を模式的に示す。無線通信システム1は、無線アクセス技術（RAT：Radio Access Technology）としてNR（New Radio）または5G NR（Fifth Generation New Radio）を使用し

50

、コアネットワーク（CN：Core Network）として5GC（Fifth Generation Core）を使用する第5世代移動通信システム（5G）に準拠する5G無線通信システム11と、無線アクセス技術としてLTE（Long Term Evolution）やLTE-Advancedを使用し、コアネットワークとしてEPC（Evolved Packet Core）を使用する第4世代移動通信システム（4G）に準拠する4G無線通信システム12と、通信衛星131を介した衛星通信を担う衛星通信システム13を含む。図示は省略するが、無線通信システム1は、4Gより前の世代の無線通信システムを含んでもよいし、5Gより後の世代（6G等）の無線通信システムを含んでもよいし、Wi-Fi（登録商標）等の世代と関係づけられない任意の無線通信システムを含んでもよい。

【0017】

5G無線通信システム11は、地上に設置されてUE（User Equipment）とも呼ばれるスマートフォン等の通信機2A、2B、2C、2D（以下では通信機2と総称することがある）と5G NRによって通信可能な複数の5G基地局111A、111B、111C（以下では5G基地局111と総称することがある）を含む。5Gにおける基地局111はgNodeB（gNB）とも呼ばれる。各5G基地局111A、111B、111Cの通信可能範囲またはサポート範囲はセルと呼ばれ、それぞれ112A、112B、112C（以下では5Gセル112と総称することがある）として図示される。

【0018】

各5G基地局111の5Gセル112の大きさは任意であるが、典型的には半径数メートルから数十キロメートルである。確立した定義はないものの、半径数メートルから十メートルのセルはフェムトセルと呼ばれ、半径十メートルから数十メートルのセルはピコセルと呼ばれ、半径数十メートルから数百メートルのセルはマイクロセルと呼ばれ、半径数100メートルを超えるセルはマクロセルと呼ばれることがある。5Gではミリ波等の高い周波数の電波が使用されることも多く、直進性の高さ故に電波が障害物に遮られて通信可能距離が短くなる。このため、5Gでは4G以前の世代に比べて小さいセルが多用される傾向がある。

【0019】

通信機2は、複数の5Gセル112A、112B、112Cの少なくとも一つの内部にあれば、5G通信を行える。図示の例では、5Gセル112Aおよび112B内にある通信機2Bは、5G基地局111Aおよび111Bのいずれとも5G NRによって通信可能である。また、5Gセル112C内にある通信機2Cは、5G基地局111Cと5G NRによって通信可能である。通信機2Aおよび2Dは、全ての5Gセル112A、112B、112Cの外にあるため、5G NRによる通信ができない状態にある。各通信機2と各5G基地局111の間の5G NRによる5G通信は、コアネットワークである5GCによって管理される。例えば、5GCは、各5G基地局111との間のデータの授受、EPC、衛星通信システム13、インターネット等の外部ネットワークとの間のデータの授受、通信機2の移動管理等を行う。

【0020】

4G無線通信システム12は、地上に設置されて通信機2とLTEやLTE-Advancedによって通信可能な複数の4G基地局121（図1では一つのみを示す）を含む。4Gにおける基地局121はeNodeB（eNB）とも呼ばれる。各5G基地局111と同様に、各4G基地局121の通信可能範囲またはサポート範囲もセルと呼ばれ122として図示される。

【0021】

通信機2は4Gセル122の内部にあれば4G通信を行える。図示の例では、4Gセル122内にある通信機2Aおよび2Bは、4G基地局121とLTEやLTE-Advancedによって通信可能である。通信機2Cおよび2Dは、4Gセル122の外にあるため、LTEやLTE-Advancedによる通信ができない状態にある。各通信機2と各4G基地局121の間のLTEやLTE-Advancedによる4G通信は、コアネットワークであるEPCによって管理される。例えば、EPCは、各4G基地局121との間のデータの授受、5GC、衛星通信システム13、インターネット等の外部ネットワークとの間のデータの授受、通信機2の移動管理

10

20

30

40

50

等を行う。

【0022】

各通信機2A、2B、2C、2Dに着目すると、図示の例では、通信機2Aは4G基地局121との4G通信が可能な状態にあり、通信機2Bは5G基地局111A、111Bとの5G通信および4G基地局121との4G通信が可能な状態にあり、通信機2Cは5G基地局111Cとの5G通信が可能な状態にある。通信機2Bのように通信可能な基地局(111A、111B、121)が複数ある場合は、コアネットワークである5GCおよび/またはEPCによる管理の下、通信品質等の観点で最適と判断された一つの基地局が選択されて通信機2Bとの通信を行う。また、通信機2Dはいずれの5G基地局111および4G基地局121とも通信が可能な状態にないため、次に説明する衛星通信システム13による通信を行う。

10

【0023】

衛星通信システム13は、地表から500km~700km程度の高さの低軌道の宇宙空間を飛行する低軌道衛星としての通信衛星131を非地上基地局として用いる無線通信システムである。5G基地局111および4G基地局121と同様に、通信衛星131の通信可能範囲またはサポート範囲もセルと呼ばれ132として図示される。このように、非地上基地局としての通信衛星131は、非地上通信セルとしての衛星通信セル132を地上に提供する。地上の通信機2は衛星通信セル132の内部にあれば衛星通信を行える。5G無線通信システム11における5G基地局111および4G無線通信システム12における4G基地局121と同様に、衛星通信システム13における基地局としての通信衛星131は、衛星通信セル132内の通信機2と直接的にまたは航空機等を介して間接的に無線通信可能である。通信衛星131が衛星通信セル132内の通信機2との無線通信に使用する無線アクセス技術は、5G基地局111と同じ5G NRでもよいし、4G基地局121と同じLTEやLTE-Advancedでもよいし、通信機2が使用可能な任意の他の無線アクセス技術でもよい。このため、通信機2には衛星通信のための特別な機能や部品を設けなくてもよい。

20

【0024】

衛星通信システム13は、地上に設置されて通信衛星131と通信可能な地上局としてのゲートウェイ133を備える。ゲートウェイ133は、通信衛星131と通信するための衛星アンテナを備え、地上系ネットワークを構成する地上基地局としての5G基地局111や4G基地局121と、それぞれの無線アクセス技術である5G NRやLTEあるいは他の有線または無線のアクセス技術またはインターフェースを介して接続されている。このように、ゲートウェイ133は、通信衛星131によって構成されるNTNと地上基地局111、121によって構成されるTNを相互通信可能に接続する。通信衛星131が5G NRによって衛星通信セル132内の通信機2と5G通信する場合は、ゲートウェイ133およびTNにおける5G基地局111(または5G無線アクセスネットワーク)を介して接続される5GCをコアネットワークとして利用し、通信衛星131がLTEやLTE-Advancedによって衛星通信セル132内の通信機2と4G通信する場合は、ゲートウェイ133およびTNにおける4G基地局121(または4G無線アクセスネットワーク)を介して接続されるEPCをコアネットワークとして利用する。このように、ゲートウェイ133を介して5G通信、4G通信、衛星通信等の異なる無線通信システムの間で適切な連携が取られる。

30

40

【0025】

通信衛星131による衛星通信は、主に、5G基地局111や4G基地局121等の地上基地局が設けられないまたは少ない地域をカバーするために利用される。図示の例では、全ての地上基地局の通信セル外にいる通信機2Dが通信衛星131と通信する。一方、いずれかの地上基地局と良好に通信できる状態にある通信機2A、2B、2Cも、衛星通信セル132内にいるため通信衛星131と通信可能ではあるが、原則として衛星基地局としての通信衛星131ではなく地上基地局と通信を行うことで、通信衛星131の限られた通信リソース(電力を含む)が通信機2D等のために節約される。通信衛星131は

50

、ビームフォーミングによって通信電波を衛星通信セル 1 3 2 内の通信機 2 D に向けることで、通信機 2 D との通信品質を向上させる。

【 0 0 2 6 】

衛星基地局としての通信衛星 1 3 1 の衛星通信セル 1 3 2 の大きさは、通信衛星 1 3 1 が発するビームの本数に応じて任意に設定することができ、例えば、最大 2,800 本のビームを組み合わせることで直径約 24km の衛星通信セル 1 3 2 を形成できる。図示されるように、衛星通信セル 1 3 2 は、典型的には 5 G セル 1 1 2 や 4 G セル 1 2 2 等の地上通信セルより大きく、その内部に一または複数の 5 G セル 1 1 2 および / または 4 G セル 1 2 2 を含みうる。なお、以上では飛行する非地上基地局として、地表から 500km ~ 700km 程度の高さの低軌道の宇宙空間を飛行する通信衛星 1 3 1 を例示したが、より高い静止軌道等の高軌道の宇宙空間を飛行する通信衛星や、より低い (例えば地表から 20km 程度) 成層圏等の大気圏を飛行する無人または有人の航空機を非地上基地局として、通信衛星 1 3 1 に加えてまたは代えて使用してもよい。

10

【 0 0 2 7 】

以上のように、本実施形態に係る無線通信システム 1 は、地上に設置される地上基地局 1 1 1、1 2 1 が地上に提供する地上通信セル 1 1 2、1 2 2 内の通信機 2 と通信可能な地上系ネットワーク (TN) 1 1、1 2、および、飛行する非地上基地局 1 3 1 が地上に提供する非地上通信セル 1 3 2 内の通信機 2 と通信可能な非地上系ネットワーク (NTN) 1 3 を含む。そして、本実施形態に係る通信制御装置は、TN および NTN を制御する。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、本実施形態に係る通信制御装置 3 の機能ブロック図である。通信制御装置 3 は、システム情報取得部 3 1 と、通信機グループング部 3 2 と、ランダムアクセス情報送信制限部 3 3 を備える。これらの機能ブロックは、コンピュータの中央演算処理装置、メモリ、入力装置、出力装置、コンピュータに接続される周辺機器等のハードウェア資源と、それらを用いて実行されるソフトウェアの協働により実現される。コンピュータの種類や設置場所は問わず、上記の各機能ブロックは、単一のコンピュータのハードウェア資源で実現してもよいし、複数のコンピュータに分散したハードウェア資源を組み合わせ実現してもよい。例えば、通信制御装置 3 の機能ブロックの一部または全部を、通信機 2、地上基地局 1 1 1、1 2 1、非地上基地局 1 3 1、コアネットワーク CN に設けられるコンピュータやプロセッサで分散的または集中的に実現してもよい。特に本実施形態では、通信制御装置 3 の機能ブロックのほとんどが通信機 2 で実現され、残りの機能ブロックが主に地上基地局 1 1 1、1 2 1、非地上基地局 1 3 1 で実現される。

20

30

【 0 0 2 9 】

システム情報取得部 3 1 を備える通信機 2 は、基地局 1 1 1、1 2 1、1 3 1 から送信されるダウンリンクフレーム DL からシステム情報を取得する。図 2 では、5G 等で採用されているダウンリンクフレーム DL の概念を模式的に例示する。以下では 5G における一運用例に即してダウンリンクフレーム DL およびアップリンクフレーム UL の具体的な構成や数値等を例示するが、本開示は異なる構成や数値等を採用するダウンリンクフレーム DL およびアップリンクフレーム UL にも適用可能である。なお、図 2 において、ダウンリンクフレーム DL およびアップリンクフレーム UL の横方向は時間方向を模式的に表し、ダウンリンクフレーム DL およびアップリンクフレーム UL の縦方向は周波数方向を模式的に表す。ダウンリンクフレーム DL は、図 2 の右側における基地局 1 1 1、1 2 1、1 3 1 が、図 2 の左側における通信機 2 に対して順次送信可能である。アップリンクフレーム UL は、図 2 の左側における通信機 2 が、図 2 の右側における基地局 1 1 1、1 2 1、1 3 1 に対して順次送信可能である。

40

【 0 0 3 0 】

10ms の長さの各ダウンリンクフレーム DL は、それぞれ 1ms の長さの 10 個のサブフレームによって構成される。5G では、ネットワークで設定されているサブキャリア間隔に応じて、1 個 (サブキャリア間隔が 15kHz の場合) のスロット、2 個 (サブキャリア間隔が 30kHz の場合) のスロット、4 個 (サブキャリア間隔が 60kHz の場合) のスロット、8 個 (

50

サブキャリア間隔が120kHzの場合)のスロット、16個(サブキャリア間隔が240kHzの場合)のスロットが1個のサブフレームに含まれる。各スロットは、サブキャリア間隔によらず、14個のOFDMシンボルを含む。以下では、一例としてサブキャリア間隔が15kHzの場合、すなわち1個のサブフレームに1個のスロットが含まれる場合について説明する。従って、以下の説明において、サブフレームとスロットは同義である。

#### 【0031】

5個のサブフレームによって構成される各ダウンリンクフレームDLの半分のハーフフレーム(5ms)では、所定のハーフフレーム周期(図2の例では、4サブフレーム周期=20ms周期)で、複数のSS/PBCH(Synchronization Signal/Physical Broadcast Channel)ブロックが、所定のサブフレームにおける所定の時間-周波数リソースを使用して、基地局111、121、131から通信機2に対して送信される。各ハーフフレームで送信される複数のSS/PBCHブロックは、基地局111、121、131が発信可能な異なる複数のビームに対応する。例えば、図2の例において各ハーフフレームに含まれる4個の第1~4のSS/PBCHブロックは、それぞれ基地局111、121、131が発する第1~4のビームによって送信される。

#### 【0032】

SS/PBCHブロックは、それを受信した通信機2が、フレーム同期を確立すると共に、後述のランダムアクセスによる基地局111、121、131との接続確立等に必要なシステム情報を取得するためのブロックである。具体的には、SS/PBCHブロックには、フレーム同期のための同期信号(SS: Synchronization Signal)として、プライマリ同期信号(PSS: Primary SS)とセカンダリ同期信号(SSS: Secondary SS)が含まれている。また、SS/PBCHブロックにおける物理報知チャンネル(PBCH: Physical Broadcast Channel)では、システムフレーム番号(SFN: System Frame Number)等の基本的なシステム情報を含むマスタ情報ブロック(MIB: Master Information Block)が送信される。

#### 【0033】

SSによってフレーム同期を確立し、MIBから基本的なシステム情報を取得した通信機2(システム情報取得部31)は、MIBが指定する物理ダウンリンク共有チャンネル(PDSCH: Physical Downlink Shared Channel)からタイプ1のシステム情報ブロック(SIB1: System Information Block Type 1)を取得する。MIBとSIB1は5Gにおける最小システム情報(MSI: Minimum System Information)を構成し、後述するランダムアクセスによる通信機2と基地局111、121、131の間の接続確立に必要な全ての情報を含む。なお、本実施形態における接続確立に利用される後述のグループ数n(nは2以上の自然数)は、現在の5GにおけるMSIに含まれていないが、例えばSIB1に追加的に格納することによって、MSIの一部として運用することが可能である。

#### 【0034】

システム情報取得部31は、ランダムアクセスチャンネル特定部311を備える。ランダムアクセスチャンネル特定部311は、通信機2が基地局111、121、131に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャンネルを特定する。具体的には、ランダムアクセスチャンネル特定部311として機能する通信機2が受信したMSI(特にSIB1)を参照し、基地局111、121、131に対して送信可能な各アップリンクフレームULにおいて、ランダムアクセス情報としてのランダムアクセスプリアンプルの送信のために確保されている物理ランダムアクセスチャンネル(PRACH: Physical Random Access Channel)の時間-周波数領域を特定する。

#### 【0035】

前述の各ダウンリンクフレームDLと同様に、10msの長さの各アップリンクフレームULは、それぞれ1msの長さの10個のサブフレームによって構成される。各アップリンクフレームULには、システム情報取得部31が受信したMIBを通じて通信機2が認識できる「0」から「1023」までの連続(巡回)するシステムフレーム番号が付与される。図2では、システムフレーム番号「1」のアップリンクフレーム「SFN#1」と、システムフレーム番号「2」のアップリンクフレーム「SFN#2」が模式的に例示されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 6 】

5Gでは、一つのアップリンクフレームUL中の一または複数のスロット（各スロットは14個のOFDMシンボルによって構成される）の周波数リソースの一部または全部をPRACHとしてリザーブできる。図2の例では、スロット長がサブフレーム長と同じ1msの場合（サブキャリア間隔が15kHzの場合）において、第1アップリンクフレーム「SFN#1」の3番目のスロットの周波数リソースの一部が第1物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」としてリザーブされ、第2アップリンクフレーム「SFN#2」の2番目のスロットの周波数リソースの一部が第2物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」としてリザーブされている。

## 【 0 0 3 7 】

ランダムアクセスチャネル特定部311として機能する通信機2は受信したSIB1等を参照し、一連のアップリンクフレーム「SFN#1」「SFN#2」における物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」の時間-周波数領域を特定する。なお、一つのアップリンクフレームULにおいて複数のPRACHがリザーブされていてもよい。以下では、通信制御装置3がシステムフレーム番号の異なるM個（例えば1024個）のアップリンクフレーム「SFN#1」「SFN#2」・・・「SFN#M」を対象として、これらに含まれるN個の物理ランダムアクセスチャネル（RO: RACH Occasion）「PRACH#1」「PRACH#2」・・・「PRACH#N」（典型的には、 $M = N$ ）に関するランダムアクセス制御を行う場合について説明する。図2に示されている範囲では、 $M = N = 2$ である。

## 【 0 0 3 8 】

通信機グルーピング部32は、ランダムアクセスチャネル特定部311が特定した複数の物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」の異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループ「UEGP#1」「UEGP#2」に各通信機2をグルーピングする。図2の例では、通信機2の第1ランダムアクセスグループ「UEGP#1」が第1物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」に対応付けられ、通信機2の第2ランダムアクセスグループ「UEGP#2」が第2物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」に対応付けられる。以下では通信機2のランダムアクセスグループの数をnとする。

## 【 0 0 3 9 】

図2に示されている範囲では、グループ数n、物理ランダムアクセスチャネル数のN、アップリンクフレームの数Mが、いずれも2である（ $M = N = n = 2$ ）。なお、通信機2のn個のランダムアクセスグループとN個の物理ランダムアクセスチャネルの対応付けは、図2のように一対一でなくてもよい。例えば、 $n < N$ の場合は、少なくとも一つのランダムアクセスグループに、複数の物理ランダムアクセスチャネルが対応付けられる。また、 $n > N$ の場合は、少なくとも一つの物理ランダムアクセスチャネルに、複数のランダムアクセスグループが対応付けられる。

## 【 0 0 4 0 】

通信機グルーピング部32は、システム情報取得部31が基地局111、121、131から受信したSIB1等に含まれるグループ数nで各通信機2の通信機識別情報を割った余りに応じて、当該各通信機2をn個のランダムアクセスグループにグルーピングする。通信機2の通信機識別情報としては、当該通信機2のユーザに付与されているIMSI（International Mobile Subscriber Identity）等のユーザ識別番号が例示される。IMSI等をグループ数nで割った余り（以下では、合同式を用いて「 $IMSI \bmod n$ 」等とも表記する）は、0からn-1のn通りであるため、多数の通信機2を効率的にn個のランダムアクセスグループにグルーピングできる。通信機グルーピング部32が各通信機2に設けられる場合、自身の通信機識別情報をグループ数nで割った余りに応じたランダムアクセスグループに自身をグルーピングする。

## 【 0 0 4 1 】

なお、通信機2の通信機識別情報としては、通信機2の電話番号、IPアドレス、IMEI（International Mobile Equipment Identity）等の通信機2に特有の識別情報を利用してもよい。また、多数の通信機2をn個のランダムアクセスグループにグルーピングでき

10

20

30

40

50

れば十分であるため、複数の通信機 2 で同一となりうる通信機識別情報その他の情報を利用してよい。例えば、各通信機 2 に予め割り当てられた乱数または任意の定数や、各通信機 2 が通信機グルーピング部 3 2 の処理を行う際に自ら生成した乱数または任意の定数をグループ数  $n$  で割って余りを演算してもよい。

#### 【 0 0 4 2 】

ランダムアクセス情報送信制限部 3 3 は、 $n$  個の各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機 2 について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられた物理ランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセスプリアンプルの送信を制限する。図 2 の例では、第 1 ランダムアクセスグループ「UEGP#1」にグルーピングされた通信機 2 は、当該第 1 ランダムアクセスグループ「UEGP#1」に対応付けられた第 1 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」以外でのランダムアクセスプリアンプルの送信が制限される。すなわち、当該通信機 2 は、第 1 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」のみでランダムアクセスプリアンプルを送信でき、第 2 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」ではランダムアクセスプリアンプルを送信できない。

10

#### 【 0 0 4 3 】

同様に、第 2 ランダムアクセスグループ「UEGP#2」にグルーピングされた通信機 2 は、当該第 2 ランダムアクセスグループ「UEGP#2」に対応付けられた第 2 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」以外でのランダムアクセスプリアンプルの送信が制限される。すなわち、当該通信機 2 は、第 2 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」のみでランダムアクセスプリアンプルを送信でき、第 1 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」ではランダムアクセスプリアンプルを送信できない。このように、各物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上でランダムアクセスプリアンプルを送信できる通信機 2 の数が制限されるため、同一物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上で複数の通信機 2 のランダムアクセスプリアンプルが競合または衝突する可能性が低下する。従って、各通信機 2 のランダムアクセス手順を効率化できる。

20

#### 【 0 0 4 4 】

ランダムアクセス情報送信制限部 3 3 は、 $n$  個の各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機 2 について、システム情報取得部 3 1 が基地局 1 1 1、1 2 1、1 3 1 から受信した MIB 等に含まれるシステムフレーム番号をグループ数  $n$  で割った余り（以下では、合同式を用いて「 $\text{SFN mod } n$ 」とも表記する）が、当該通信機 2 の通信機識別情報としての IMSI をグループ数  $n$  で割った余り（ $\text{IMSI mod } n$ ）と等しくなるアップリンクフレーム UL に含まれる物理ランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセスプリアンプルの送信を制限する。

30

#### 【 0 0 4 5 】

図 2 の例では、 $\text{IMSI mod } n = 1$  となる IMSI を有するために第 1 ランダムアクセスグループ「UEGP#1」にグルーピングされた通信機 2 は、 $\text{SFN mod } n = 1$  となるシステムフレーム番号「1」の第 1 アップリンクフレーム「SFN#1」に含まれる第 1 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」以外でのランダムアクセスプリアンプルの送信が制限される。このように、 $\text{IMSI mod } n = \text{SFN mod } n = 1$  を満たす第 1 ランダムアクセスグループ「UEGP#1」と第 1 アップリンクフレーム「SFN#1」が対応付けされ、第 1 ランダムアクセスグループ「UEGP#1」に属する通信機 2 は、対応する第 1 アップリンクフレーム「SFN#1」における第 1 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」のみでランダムアクセスプリアンプルを送信でき、 $\text{IMSI mod } n = \text{SFN mod } n$  を満たさない第 2 アップリンクフレーム「SFN#2」における第 2 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」ではランダムアクセスプリアンプルを送信できない。

40

#### 【 0 0 4 6 】

同様に、 $\text{IMSI mod } n = 2$  となる IMSI を有するために第 2 ランダムアクセスグループ「UEGP#2」にグルーピングされた通信機 2 は、 $\text{SFN mod } n = 2$  となるシステムフレーム番号「2」の第 2 アップリンクフレーム「SFN#2」に含まれる第 2 物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」以外でのランダムアクセスプリアンプルの送信が制限される。この

50

ように、 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n = 2$ を満たす第2ランダムアクセスグループ「UEGP#2」と第2アップリンクフレーム「SFN#2」が対応付けられ、第2ランダムアクセスグループ「UEGP#2」に属する通信機2は、対応する第2アップリンクフレーム「SFN#2」における第2物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#2」のみでランダムアクセスプリアンブルを送信でき、 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ を満たさない第1アップリンクフレーム「SFN#1」における第1物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」ではランダムアクセスプリアンブルを送信できない。

【0047】

以上のように、通信機2で大半の機能が実現される通信制御装置3における通信機グループリング部32およびランダムアクセス情報送信制限部33は、システム情報取得部31が基地局111、121、131からダウンリンクフレームDLを通じて受信したMIBやSIB1等のMSIに含まれるシステムフレーム番号(SFN)およびグループ数(n)と当該通信機2自身の通信機識別情報(IMSI)に基づいて単一の方程式「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」を解くことで、自身(通信機2)のグループリングと使用可能な物理ランダムアクセスチャネルを含むアップリンクフレームULへの対応付けを一挙に行う。このように、図2では異なる機能ブロックとして示した通信機グループリング部32およびランダムアクセス情報送信制限部33は、単一の方程式「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」を解く単一の機能ブロックとして実現できる。

【0048】

なお、方程式「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」は、左辺の「 $IMSI \bmod n$ 」の値(0, 1, ..., n-1)に従って組成される通信機2のn個のランダムアクセスグループと、右辺の「 $SFN \bmod n$ 」の値(0, 1, ..., n-1)に従ってシステムフレーム番号の異なるM個(例えば1024個)のアップリンクフレームULがグループリングされるn個のフレームグループを、一対一に対応付ける演算である。すなわち、通信機グループリング部32は、n個のフレームグループに対応するn個のランダムアクセスグループに各通信機2をグループリングする。そして、ランダムアクセス情報送信制限部33は、n個の各ランダムアクセスグループにグループリングされた通信機2について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたフレームグループに属するアップリンクフレームULに含まれる物理ランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセスプリアンブルの送信を制限する。

【0049】

以上の例では、方程式「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」によって、通信機2のn個のランダムアクセスグループとアップリンクフレームULのn個のフレームグループが対応付けられたが、図2に例示される「PRACH#1」「PRACH#2」のようなN個の物理ランダムアクセスチャネルの識別情報(以下では、ランダムアクセスチャネル識別情報、PRACH識別情報等ともいう)が設定されており、それをシステム情報取得部31がMIBやSIB1等のMSIを通じて取得可能な場合は、方程式「 $IMSI \bmod n = PRACH \bmod n$ 」(ここでの「PRACH」はPRACH識別情報を表す)によって、通信機2のn個のランダムアクセスグループと物理ランダムアクセスチャネルのn個のランダムアクセスチャネルグループが対応付けられてもよい。この場合、以上の例のようにフレームグループを介して間接的にランダムアクセスグループがランダムアクセスチャネルグループに対応付けられるのではなく、ランダムアクセスグループがランダムアクセスチャネルグループに直接的に対応付けられる。

【0050】

図3から図5は、具体的な実施例を示す。図3に示されるように、本実施例は、連続する五つのIMSI「1013016041741」～「1013016041745」を有する五つの通信機「UE1」～「UE5」を、システムフレーム番号「768」～「770」を有する三つのアップリンクフレームにおける物理ランダムアクセスチャネルに割り当てるまたはマッピングするものである。本実施例におけるグループ数nは、図4にも示されるように「3」である。図4は、前述の方程式「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」を解く過程を図解したものである。各通信機2の通信機識別情報(IMSI)、システムフレーム番号(SFN)、グループ数(n)

10

20

30

40

50

に基づいて、「IMSI mod n」および「SFN mod n」が演算され、両者が一致するか（TRUE）否か（FALSE）が判定される。判定結果が「TRUE」となる通信機識別情報（IMSI）およびシステムフレーム番号（SFN）の組合せのみが、通信機2のランダムアクセスにおいて許容される。

#### 【0051】

図5に模式的に示されるように、「IMSI mod n」が「0」となって第0ランダムアクセスグループ「UEGP#0」にグルーピングされた通信機「UE2」「UE5」は、「SFN mod n」が「0」となるシステムフレーム番号「768」のアップリンクフレームに対応付けられ、当該アップリンクフレームに含まれる第0物理ランダムアクセスチャネル「PRACH Window#0」に対してランダムアクセスプリアンブルを送信できる（他の物理ランダムアクセスチャネル「PRACH Window#1」「PRACH Window#2」に対してはランダムアクセスプリアンブルを送信できない）。同様に、「IMSI mod n」が「1」となって第1ランダムアクセスグループ「UEGP#1」にグルーピングされた通信機「UE3」は、「SFN mod n」が「1」となるシステムフレーム番号「769」のアップリンクフレームに対応付けられ、当該アップリンクフレームに含まれる第1物理ランダムアクセスチャネル「PRACH Window#1」に対してランダムアクセスプリアンブルを送信できる（他の物理ランダムアクセスチャネル「PRACH Window#0」「PRACH Window#2」に対してはランダムアクセスプリアンブルを送信できない）。また、「IMSI mod n」が「2」となって第2ランダムアクセスグループ「UEGP#2」にグルーピングされた通信機「UE1」「UE4」は、「SFN mod n」が「2」となるシステムフレーム番号「770」のアップリンクフレームに対応付けられ、当該アップリンクフレームに含まれる第2物理ランダムアクセスチャネル「PRACH Window#2」に対してランダムアクセスプリアンブルを送信できる（他の物理ランダムアクセスチャネル「PRACH Window#0」「PRACH Window#1」に対してはランダムアクセスプリアンブルを送信できない）。

#### 【0052】

図6は、通信制御装置3によるランダムアクセス制御のフローチャートである。フローチャートの説明における「S」は、ステップまたは処理を意味する。S1では、システム情報取得部31が、基地局111、121、131から送信されるダウンリンクフレームDLからシステム情報を取得する。S2では、通信機グルーピング部32およびランダムアクセス情報送信制限部33が、S1で取得されたMIBやSIB1等のシステム情報に含まれるシステムフレーム番号（SFN）およびグループ数（n）と通信機2の通信機識別情報（IMSI）に基づいて方程式「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」を解くことで、当該通信機2をアップリンクフレームに対応付ける。現在のアップリンクフレームについて「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」が成り立たない通信機2（S2におけるNo）はS3に進み、「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」が成り立つシステムフレーム番号のアップリンクフレームが来るまで待機してS1に戻る。現在のアップリンクフレームについて「 $IMSI \bmod n = SFN \bmod n$ 」が成り立つ通信機2（S2におけるYes）はS4に進み、ランダムアクセスチャネル特定部311が当該アップリンクフレーム内のランダムアクセスチャネル（RO: RACH Occasion）を特定する。S5では、S4で特定されたランダムアクセスチャネル上で通信機2が基地局111、121、131に対してランダムアクセスプリアンブルを送信する。

#### 【0053】

図7は、通信機2と地上基地局111、121の間における、コンテンション（競合）ベースのランダムアクセス（CBRA: Contention Based Random Access）手順を模式的に示す。CBRA手順は、通信機2（UE）と地上基地局111、121（gNB/eNB）との間で交換される四つのメッセージによって構成される。第1メッセージ（Msg1）は、通信機2が地上基地局111、121に対して送信するランダムアクセスリクエスト（RA Request）である。地上基地局111、121に接続確立のためのランダムアクセスを試みる通信機2は、当該地上基地局111、121が受付可能な互いに直交する最大64個の所定のランダムアクセスプリアンブル（以下では簡潔にプリアンブルともいう）から任意の1個のプリアンブルを選択し、物理ランダムアクセスチャネル上で当該地上基地局111

10

20

30

40

50

、 1 2 1 に対する第 1 メッセージに含めて送信する。

【 0 0 5 4 】

第 2 メッセージ (Msg2) は、地上基地局 1 1 1、 1 2 1 が通信機 2 に対して送信するランダムアクセスレスポンス (RA Response) である。物理ランダムアクセスチャネルを通じて通信機 2 からプリアンブルを受信した地上基地局 1 1 1、 1 2 1 は、同一物理ランダムアクセスチャネル上で同一のプリアンブルを当該地上基地局 1 1 1、 1 2 1 に送信した他の通信機 2 がない場合 (プリアンブルの衝突がない場合)、当該通信機 2 にランダムアクセスレスポンス (以下では簡潔にレスポンスともいう) を送信し、後続の第 3 メッセージおよび第 4 メッセージによる接続確立ステップに進む。

【 0 0 5 5 】

一方、複数の通信機 2 が同一物理ランダムアクセスチャネル上で同一のプリアンブルを地上基地局 1 1 1、 1 2 1 に送信した場合、当該地上基地局 1 1 1、 1 2 1 は、一つの通信機 2 のみにレスポンスを送信する、一つの通信機 2 のみに接続確立ステップへの移行を許可するレスポンスを送信すると共に他の通信機 2 には次のランダムアクセスまでの待機時間を指示するレスポンスを送信する、いずれの通信機 2 にもレスポンスを送信しない、等の対応を取る。地上基地局 1 1 1、 1 2 1 から正常なレスポンスを受信できなかった通信機 2 は、次以降の別の物理ランダムアクセスチャネルまで待機する必要がある。図 2 の例では、時間的に隣接する物理ランダムアクセスチャネルの間隔は、アップリンクフレーム UL のフレーム長 (10ms) 程度であり、これが少なくとも 1 回の PRACH 待ちに伴う各通信機 2 の遅延時間となる。

【 0 0 5 6 】

多数同時接続 (mMTC: Massive Machine-Type Communications) を標榜する 5G では、一つの地上基地局 1 1 1、 1 2 1 に同時に接続される IoT デバイスも含む通信機 2 の数が増大しており、以上のような PRACH 待ちの通信機 2 によって「渋滞」 (以下では PRACH 渋滞ともいう) が発生する可能性がある。すなわち、一つの物理ランダムアクセスチャネルでは、最大で 64 個の互いに異なる (直交する) プリアンブルしか受け付けられない上、各通信機 2 はランダムで 1 個のプリアンブルを選択するため、他の通信機 2 が送信するプリアンブルを事前に知ることができない。このため、ランダムアクセスを同時に試みる通信機 2 の数が増大すると、複数の通信機 2 が同一のプリアンブルを選択してしまうプリアンブルの衝突が頻発して深刻な PRACH 渋滞が引き起こされる。

【 0 0 5 7 】

図 2 に関して説明した本実施形態によれば、各ランダムアクセスグループ「UEGP#1」「UEGP#2」にグルーピングされた通信機 2 について、当該各ランダムアクセスグループ「UEGP#1」「UEGP#2」に対応する物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」以外でのプリアンブルの基地局 1 1 1、 1 2 1、 1 3 1 に対する送信が制限される。すなわち、各物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上でプリアンブル (第 1 メッセージ) を送信できる通信機 2 の数が効果的に制限されるため (あるいは多数の通信機 2 が複数の物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」に効果的に分散されるため)、同一物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上で複数の通信機 2 のプリアンブルが競合または衝突する可能性が低下する。従って、各通信機 2 のランダムアクセス手順を効率化できる。

【 0 0 5 8 】

地上基地局 1 1 1、 1 2 1 から正常なレスポンス (第 2 メッセージ) を受信した通信機 2 は、第 2 メッセージに含まれるタイミング情報やスケジューリング許可 (第 3 メッセージの送信に使用可能な、アップリンクフレーム UL 中のリソースまたは物理アップリンク共有チャネル (PUSCH: Physical Uplink Shared Channel) を指定する) に従って、第 3 メッセージ (Msg3) を地上基地局 1 1 1、 1 2 1 に対して送信する。第 3 メッセージには、通信機 2 の通信機識別情報等が含まれる。第 3 メッセージを受信した地上基地局 1 1 1、 1 2 1 は、適宜コアネットワーク CN と連携しながら、通信機識別情報等に基づいて通信機 2 を識別または認証し、その完了通知を第 4 メッセージ (Msg4) として通信機

10

20

30

40

50

2 に対して送信する。以上の一連の四つのメッセージの正常な交換を経て、通信機 2 と地上基地局 1 1 1、1 2 1 の間の接続が確立される。

【 0 0 5 9 】

図 8 は、通信機 2 と非地上基地局としての通信衛星 1 3 1 の間における CBRA 手順を模式的に示す。地上基地局 1 1 1、1 2 1 に関する図 7 と同様に、CBRA 手順は、通信機 2 (UE) と通信衛星 1 3 1 (Satellite) との間で交換される四つのメッセージによって構成される。通信機 2 と通信衛星 1 3 1 の間の距離が大きいため、各メッセージの通信は無視できない (典型的には 20ms より大きい) 伝播遅延 (Delay) を伴う。そこで、第 1 メッセージや第 3 メッセージを通信衛星 1 3 1 に対して送信する通信機 2 は、GNSS (Global Navigation Satellite System) 等による自身の測位情報と通信衛星 1 3 1 の軌道情報に基づいて、自身と通信衛星 1 3 1 の間の距離または伝播遅延を演算する。そして、通信衛星 1 3 1 側で用意されている第 1 メッセージ (プリアンブルを含むランダムアクセスリクエスト) 受信用の物理ランダムアクセスチャネルウィンドウ (図 2 における各物理ランダムアクセスチャネルの長さ (1ms) の時間枠) や、第 3 メッセージ受信用のメッセージウィンドウに各メッセージが適時に到達するように、通信機 2 は伝播遅延を考慮した早めのタイミングで各メッセージを発信する。

10

【 0 0 6 0 】

また、通信衛星 1 3 1 側においても、通信機 2 からの第 3 メッセージを確実に受け取れるように、第 3 メッセージ受信用のメッセージウィンドウの長さ (第 3 メッセージ通信用に設定される PUSCH の長さ) を、地上基地局 1 1 1、1 2 1 の場合より大きくする。このように、通信衛星 1 3 1 に関する CBRA 手順は、地上基地局 1 1 1、1 2 1 に関する CBRA 手順より、伝播遅延のために長い時間を要し、確実なメッセージ通信のために多くのリソースを消費する。このため、通信衛星 1 3 1 によって構成される NTN では、図 7 における TN よりも PRACH 渋滞が発生しやすく更には深刻化しやすい。このため、図 2 に関して説明した本実施形態のように、各物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上でプリアンブル (第 1 メッセージ) を送信できる通信機 2 の数を効果的に制限することで、同一物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上で複数の通信機 2 のプリアンブルが競合または衝突する可能性を低下させることが極めて重要である。

20

【 0 0 6 1 】

NTN における PRACH 渋滞は、例えば、DRX (Discontinuous Reception) サイクルに従って間欠的に信号受信を行う多数の NB-IoT デバイス (通信機 2) が、一斉に待機状態から信号受信状態に移行または起動する際に発生しうる。すなわち、一斉に起動した多数の NB-IoT デバイスが、同一の物理ランダムアクセスチャネルに対して重複したプリアンブルを一斉に送信する可能性がある。また、NTN における PRACH 渋滞は、通信衛星 1 3 1 等の非地上基地局が地上に提供する非地上通信セルの非連続性によっても引き起こされうる。例えば、第 1 通信衛星を追うように第 2 通信衛星が飛行する場合であって、第 1 通信衛星の第 1 衛星通信セルと第 2 通信衛星の第 2 衛星通信セルの間にギャップがある場合、第 1 通信衛星が飛び去ることによって第 1 衛星通信セルから切断された多数の通信機が、後から飛んでくる第 2 通信衛星に対して一斉にランダムアクセスを試みる可能性がある。

30

【 0 0 6 2 】

図 7 および図 8 では四つのメッセージによって構成される 4 ステップの CBRA 手順を示したが、本実施形態は二つのメッセージによって構成される 2 ステップの CBRA 手順にも適用できる。2 ステップの CBRA 手順では、4 ステップの CBRA 手順における第 3 メッセージに相当する情報が第 1 メッセージに包含され、4 ステップの CBRA 手順における第 4 メッセージに相当する情報が第 2 メッセージに包含される。各メッセージの通信が大きな伝播遅延を伴う NTN では、メッセージ数が最小化された 2 ステップの CBRA 手順によって伝播遅延を最小化できる。一方、2 ステップの CBRA 手順では、複数の通信機 2 のプリアンブルが衝突した場合に第 3 メッセージ相当の情報の送信に使用されたリソースが無駄になる可能性がある。しかし、本実施形態によれば、プリアンブルの衝突の可能性を低減できるため、リソースを効率的に使用しながら伝播遅延を最小化できる。

40

50

## 【 0 0 6 3 】

図 9 および図 1 0 は、図 2 等に関して説明した本実施形態が適用されていない場合の N T N における PRACH 渋滞に関する試算結果を示す。具体的には、地表から 36,000km 程度の高さの静止軌道 (GEO: Geosynchronous Equatorial Orbit) を飛行する通信衛星 1 3 1 と、地表から 2,000km 以下の高さの地球低軌道 (LEO: Low Earth Orbit) を飛行する通信衛星 1 3 1 について、各通信衛星 1 3 1 の通信可能範囲 (Coverage)、各通信機 2 が 1 秒あたりに試みるランダムアクセスの回数 (RACH per second per UE)、各通信衛星 1 3 1 がサポート可能な通信機 2 の密度 (Supported UE density) の試算結果が示されている。この試算は、一つの典型的なパラメータの組、具体的には、衝突レート「0.01」、プリアンブル数「56」、プリアンブルフォーマット「0」、PRACH 構成インデックス「27」、周波数多重化数「8」等を用いて行った。

10

## 【 0 0 6 4 】

図 9 に示されるように、GEO 衛星のように通信可能範囲が広いほど、および、各通信機 2 のランダムアクセスの頻度が高くなるほど、各通信衛星 1 3 1 がサポート可能な通信機 2 の密度は低くなる。実用上は好ましくないと考えられる「500 UE/km<sup>2</sup>」未満のサポート可能通信機密度を太字および太枠でハイライトした。図 1 0 は、図 9 に対して更に「3G PP TR 38.821 Section 7.2.1.1.1.2」で規定されている条件 (時間的に隣接する RO (RACH Occasion) の間隔が、衛星通信セル内の最大遅延の 2 倍より大きい) を付加した場合の試算結果を示す。図 9 と比較して、特に通信可能範囲が広い GEO 衛星において、サポート可能通信機密度が極めて大きく低下してしまう (実質的に一つの通信機 2 もサポートできないことを意味する「0 UE/km<sup>2</sup>」の場合すらある)。

20

## 【 0 0 6 5 】

以上のように、通信衛星 1 3 1 によって構成される N T N では、PRACH 渋滞が発生しやすく更には深刻化しやすい。このため、図 2 に関して説明した本実施形態のように、各物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上でプリアンブル (第 1 メッセージ) を送信できる通信機 2 の数を効果的に制限する (図 9 および図 1 0 において「RACH per second per UE」を下げることに相当する) ことで、同一物理ランダムアクセスチャネル「PRACH#1」「PRACH#2」上で複数の通信機 2 のプリアンブルが競合または衝突する可能性を低下させることが極めて重要である。

## 【 0 0 6 6 】

以上、本開示を実施形態に基づいて説明した。実施形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本開示の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

30

## 【 0 0 6 7 】

なお、実施形態で説明した各装置の機能構成はハードウェア資源またはソフトウェア資源により、あるいはハードウェア資源とソフトウェア資源の協働により実現できる。ハードウェア資源としてプロセッサ、ROM、RAM、その他の L S I を利用できる。ソフトウェア資源としてオペレーティングシステム、アプリケーション等のプログラムを利用できる。

## 【 0 0 6 8 】

本開示は以下の項目のように表現してもよい。

40

## 【 0 0 6 9 】

項目 1 :

通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定するランダムアクセスチャネル特定部と、

前記複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングする通信機グルーピング部と、

前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限するランダムアクセス情報送信制限部と、

50

を備える通信制御装置。

項目 2 :

通信機が基地局に対して情報を送信可能な複数のフレームは、 $n$  個 ( $n$  は 2 以上の自然数) のフレームグループにグルーピングされ、

前記通信機グルーピング部は、前記  $n$  個のフレームグループに対応する  $n$  個のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたフレームグループに属するフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

10

項目 1 に記載の通信制御装置。

項目 3 :

前記通信機グルーピング部は、各通信機の通信機識別情報を  $n$  で割った余りに応じて  $n$  個のランダムアクセスグループに当該各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、フレーム番号を  $n$  で割った余りが前記通信機識別情報を  $n$  で割った余りと等しくなるフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

項目 2 に記載の通信制御装置。

項目 4 :

前記通信機識別情報は、通信機のユーザに付与されているユーザ識別番号である、項目 3 に記載の通信制御装置。

20

項目 5 :

前記通信機グルーピング部は各通信機に設けられ、自身の通信機識別情報を  $n$  で割った余りに応じたランダムアクセスグループに自身をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は各通信機に設けられ、基地局から受信したフレーム番号およびグループ数  $n$  に基づいて演算したフレーム番号を  $n$  で割った余りが自身の通信機識別情報を  $n$  で割った余りと等しくなるフレームに含まれるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

項目 3 または 4 に記載の通信制御装置。

30

項目 6 :

前記ランダムアクセスチャネル特定部、前記通信機グルーピング部、ランダムアクセス情報送信制限部は、各通信機に設けられる、項目 1 から 5 のいずれかに記載の通信制御装置。

項目 7 :

前記基地局は飛行する非地上基地局である、項目 1 から 6 のいずれかに記載の通信制御装置。

項目 8 :

前記非地上基地局は宇宙空間を飛行する通信衛星である、項目 7 に記載の通信制御装置。

項目 9 :

40

前記複数のランダムアクセスチャネルは、 $n$  個 ( $n$  は 2 以上の自然数) のランダムアクセスチャネルグループにグルーピングされ、

前記通信機グルーピング部は、前記  $n$  個のランダムアクセスチャネルグループに対応する  $n$  個のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネルグループに属するランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

項目 1 から 8 のいずれかに記載の通信制御装置。

項目 10 :

50

前記通信機グルーピング部は、各通信機の通信機識別情報を  $n$  で割った余りに応じて  $n$  個のランダムアクセスグループに当該各通信機をグルーピングし、

前記ランダムアクセス情報送信制限部は、前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、ランダムアクセスチャネル識別情報を  $n$  で割った余りが前記通信機識別情報を  $n$  で割った余りと等しくなるランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限する、

項目 9 に記載の通信制御装置。

項目 1 1 :

通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定することと、

前記複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングすることと、

前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限することと、

を備える通信制御方法。

項目 1 2 :

通信機が基地局に対してランダムアクセス情報を送信可能な複数のランダムアクセスチャネルを特定することと、

前記複数のランダムアクセスチャネルの異なる複数の部分に対応付けられる複数のランダムアクセスグループに各通信機をグルーピングすることと、

前記各ランダムアクセスグループにグルーピングされた通信機について、当該各ランダムアクセスグループに対応付けられたランダムアクセスチャネル以外でのランダムアクセス情報の送信を制限することと、

をコンピュータに実行させる通信制御プログラムを記憶した記憶媒体。

【 0 0 7 0 】

本願は、2021年10月29日に出願された日本国特許出願 2021 177197 を基礎として優先権を主張するものであり、当該出願の全内容を参照することによって援用する。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 1 】

本開示は、通信システムにおけるランダムアクセス制御に関する。

【符号の説明】

【 0 0 7 2 】

1 無線通信システム、2 通信機、3 通信制御装置、11 5G無線通信システム、12 4G無線通信システム、13 衛星通信システム、31 システム情報取得部、32 通信機グルーピング部、33 ランダムアクセス情報送信制限部、111 5G基地局、112 5Gセル、121 4G基地局、122 4Gセル、131 通信衛星、132 衛星通信セル、133 ゲートウェイ、311 ランダムアクセスチャネル特定部。

10

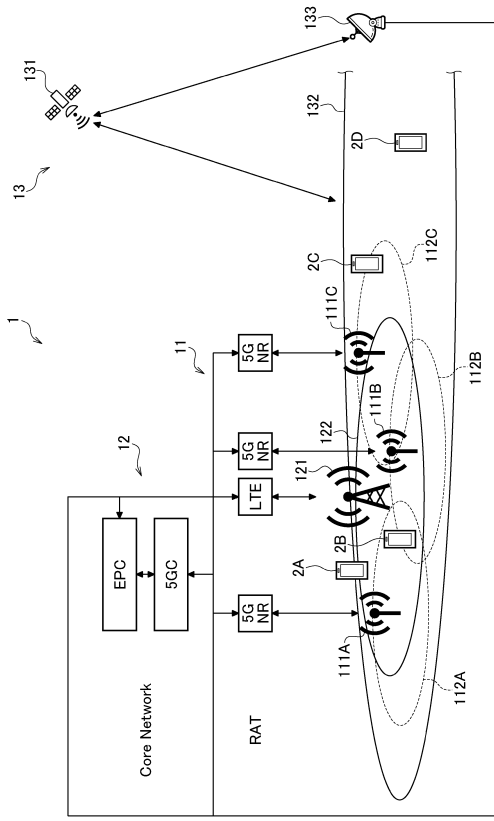
20

30

40

50

【図面】  
【図 1】

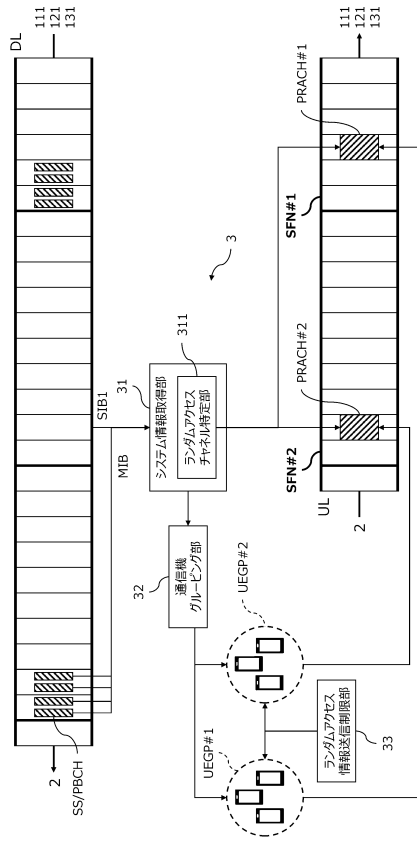


【図 3】

<b>SFN</b>
768
769
770

<b>UE</b>	<b>IMSI</b>
UE1	1013016041741
UE2	1013016041742
UE3	1013016041743
UE4	1013016041744
UE5	1013016041745

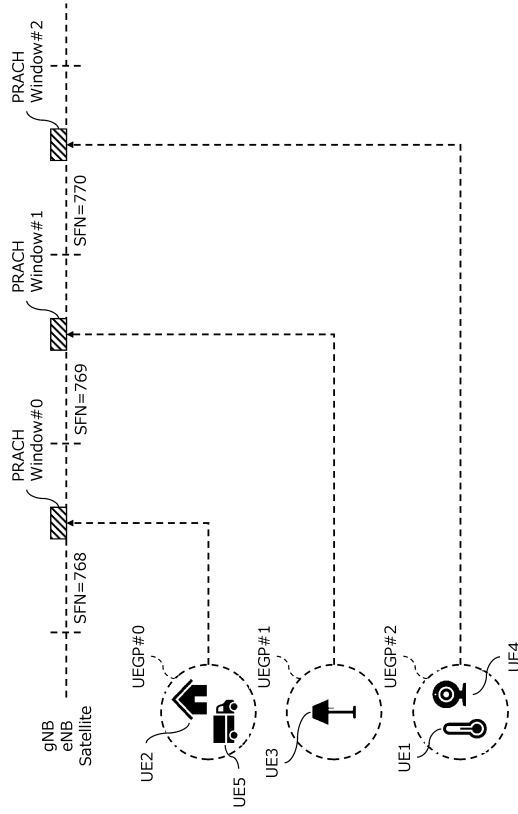
【図 2】



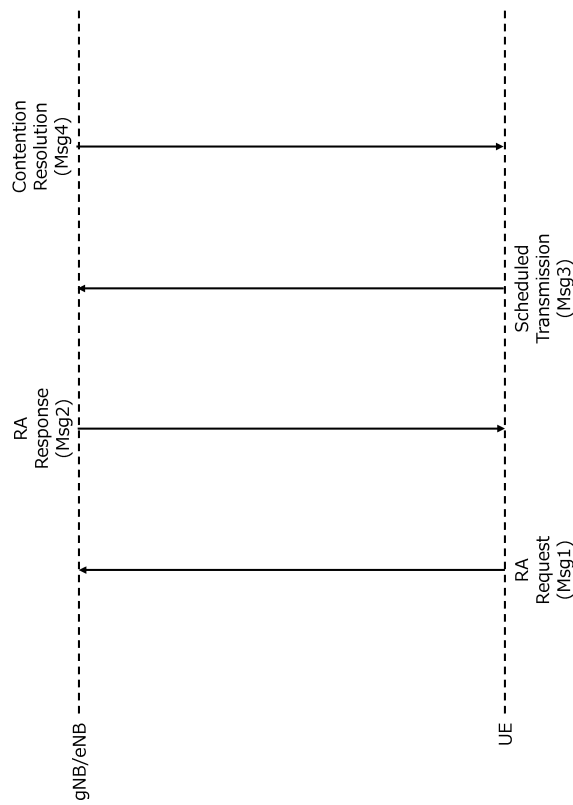
【図 4】

<b>UE</b>	<b>IMSI</b>	<b>SFN</b>	<b>Divider "n"</b>	<b>(IMSI) mod n</b>	<b>(SFN) mod n</b>	<b>(IMSI) mod n = (SFN) mod n ?</b>
UE1	1013016041741	768	3	2	0	FALSE
UE1	1013016041741	769	3	2	1	FALSE
UE1	1013016041741	770	3	2	2	TRUE
UE2	1013016041742	768	3	0	0	TRUE
UE2	1013016041742	769	3	0	1	FALSE
UE2	1013016041742	770	3	0	2	FALSE
UE3	1013016041743	768	3	1	0	FALSE
UE3	1013016041743	769	3	1	1	TRUE
UE3	1013016041743	770	3	1	2	FALSE
UE4	1013016041744	768	3	2	0	FALSE
UE4	1013016041744	769	3	2	1	FALSE
UE4	1013016041744	770	3	2	2	TRUE
UE5	1013016041745	768	3	0	0	TRUE
UE5	1013016041745	769	3	0	1	FALSE
UE5	1013016041745	770	3	0	2	FALSE

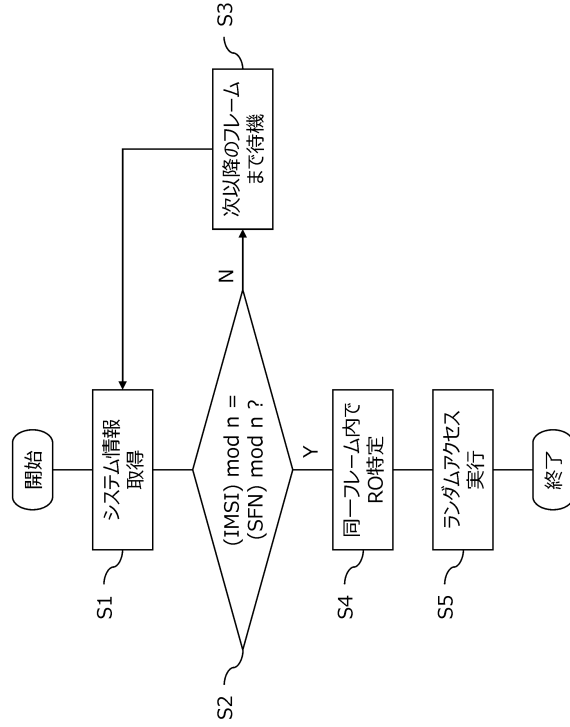
【図5】



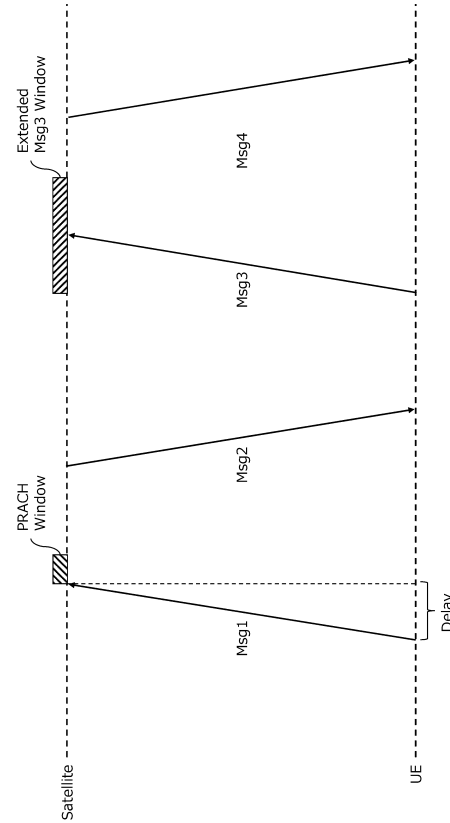
【図7】



【図6】



【図8】



10

20

30

40

50

【 9 】

	Coverage (km <sup>2</sup> )	RACH per second per UE	Supported UE density
<b>GEO</b>	650,000 (hex with r=500km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	596 UE/km <sup>2</sup>
	650,000	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	<b>25 UE/km<sup>2</sup></b>
	650,000	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>4 UE/km<sup>2</sup></b>
	162,500 (hex with r=250km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	2383 UE/km <sup>2</sup>
	162,500	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	<b>99 UE/km<sup>2</sup></b>
	162,500	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>16 UE/km<sup>2</sup></b>
<b>LEO</b>	26,000 (hex with r=100km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	14893 UE/km <sup>2</sup>
	26,000	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	620 UE/km <sup>2</sup>
	26,000	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>101 UE/km<sup>2</sup></b>
	6,500 (hex with r=50km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	59571 UE/km <sup>2</sup>
	6,500	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	2479 UE/km <sup>2</sup>
	6,500	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>405 UE/km<sup>2</sup></b>

【 10 】

	Coverage (km <sup>2</sup> )	RACH per second per UE	Supported UE density
<b>GEO</b>	650,000 (hex with r=500km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	<b>60 UE/km<sup>2</sup></b>
	650,000	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	<b>2 UE/km<sup>2</sup></b>
	650,000	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>0 UE/km<sup>2</sup></b>
	162,500 (hex with r=250km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	<b>477 UE/km<sup>2</sup></b>
	162,500	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	<b>20 UE/km<sup>2</sup></b>
	162,500	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>3 UE/km<sup>2</sup></b>
<b>LEO</b>	26,000 (hex with r=100km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	7446 UE/km <sup>2</sup>
	26,000	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	<b>310 UE/km<sup>2</sup></b>
	26,000	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>51 UE/km<sup>2</sup></b>
	6,500 (hex with r=50km)	1.157*10 <sup>-5</sup> (1 time per day per UE)	59571 UE/km <sup>2</sup>
	6,500	2.78*10 <sup>-4</sup> (1 time per hour per UE)	2479 UE/km <sup>2</sup>
	6,500	0.0017 (1 time per 10 min per UE)	<b>405 UE/km<sup>2</sup></b>

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表 2 0 1 6 - 5 2 6 8 3 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 3 - 1 7 2 4 1 4 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 2 1 / 0 6 2 6 6 6 ( W O , A 1 )  
米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 1 5 3 3 2 0 ( U S , A 1 )  
Rakuten Mobile Inc , PRACH Congestion mitigation in NTN IoT [online] , 3GPP TSG-RAN W  
G2 Meeting #116-e R2-2110561 , 2021年10月21日 , pages 1-4, 特に2. Discussion [pages  
1-3] , Internet URL: [https://www.3gpp.org/ftp/tsg\\_ran/WG2\\_RL2/TSGR2\\_116-e/Docs/R2-2110561.zip](https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_116-e/Docs/R2-2110561.zip) , [retrieved on 2022-03-08]
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 4 W 4 / 0 0 - 9 9 / 0 0  
3 G P P T S G R A N W G 1 - 4  
S A W G 1 - 4  
C T W G 1、4