

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7598340号
(P7598340)

(45)発行日 令和6年12月11日(2024.12.11)

(24)登録日 令和6年12月3日(2024.12.3)

(51)国際特許分類

F I

H O 4 W 88/08 (2009.01)

H O 4 W 72/0446(2023.01)

H O 4 W 72/0453(2023.01)

H O 4 W 88/08

H O 4 W 72/0446

H O 4 W 72/0453

請求項の数 22 (全56頁)

(21)出願番号	特願2021-578034(P2021-578034)	(73)特許権者	519407091
(86)(22)出願日	令和2年7月1日(2020.7.1)		コムスコープ テクノロジーズ リミティ
(65)公表番号	特表2022-538891(P2022-538891 A)		ド ライアビリティ カンパニー
(43)公表日	令和4年9月6日(2022.9.6)		アメリカ合衆国、ノース カロライナ 2
(86)国際出願番号	PCT/US2020/040514		8 6 0 2, ヒッコリー, コムスコープ
(87)国際公開番号	WO2021/003278	(74)代理人	プレイス サウスイースト 1 1 0 0
(87)国際公開日	令和3年1月7日(2021.1.7)		100118902
審査請求日	令和5年6月23日(2023.6.23)	(74)代理人	弁理士 山本 修
(31)優先権主張番号	62/870,025	(74)代理人	100106208
(32)優先日	令和1年7月2日(2019.7.2)		弁理士 宮前 徹
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100196508
(31)優先権主張番号	62/895,625		弁理士 松尾 淳一
(32)優先日	令和1年9月4日(2019.9.4)	(72)発明者	ラゴサマン, バラジ・ビー
	最終頁に続く		アメリカ合衆国ノース・カロライナ州2
			8 6 0 2, ヒッコリー, コムスコープ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 クラウド無線アクセスネットワークとともに使用するためのフロントホールインターフェース

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）であって、

複数のリモートユニット（RU）であって、各々が、無線周波数（RF）信号を少なくとも1つのユーザ機器（UE）と交換するように構成されている、複数のリモートユニット（RU）と、

フロントホールインターフェースを介して前記複数のRUに通信可能に結合された中央ユニットであって、前記中央ユニットが、

前記フロントホールインターフェースにわたって前記複数のRUに送信されるべきデータのセットを決定することと、

前記複数のRUのうちの少なくとも1つへの前記データのセットの各々のマッピングを決定することと、

前記マッピングに基づいて、ビットマスクをデータのセットに追加することであって、前記ビットマスクが複数のビットを有し、前記ビットマスクが前記複数のRUのうちの異なる1つにマッピングされるビット位置を有し、前記ビットマスクが、前記データのセットが対象としている各RUを示し、前記ビットマスクにおける前記複数のビットが、前記データのセットが対象としている、前記複数のRUのうちの2以上を示す、追加することと、

前記ビットマスクを有する前記データのセットを、前記複数のRUにブロードキャストすることと、を行うように構成されている、中央ユニットと、を含む、クラウド無線ア

クセスネットワーク（C-RAN）。

【請求項 2】

前記中央ユニットが、3GPP第5世代通信システムにおいて動作するように構成された分散ユニット（DU）である、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 3】

前記中央ユニットが、3GPP長期進化（LTE）通信システムにおいて動作するように構成されたベースバンドコントローラである、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 4】

前記データのセットのうちの少なくとも1つがユーザプレーンデータを含む、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 5】

前記ビットマスクの長さが、前記C-RANの初期設定中に事前決定および構成されており、前記ビットマスクの前記長さが、前記複数のRUの数と等しいビットの数である、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 6】

前記複数のRUの各々が、前記データのセットを、前記データのセットについての前記ビットマスクにおいて当該RUに対応するビットが設定されているときのみ復号化する、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 7】

前記データのセットのうちの2以上が、単一の packets 伝送において送信される、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 8】

前記マッピングが、前記C-RANの物理リソースブロック（PRB）グループに基づく、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 9】

前記マッピングが、前記C-RANの周波数再利用層に基づく、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 10】

特定のデータのセットの前記マッピングが、前記特定のデータのセットに関連する少なくとも1つのチャンネルに基づく、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 11】

前記フロントホールインターフェースが、少なくとも1つのスイッチを含むETHERNETネットワークを利用する、請求項1に記載のC-RAN。

【請求項 12】

クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）の中央ユニットによって実施される方法であって、前記方法が、

前記C-RANのフロントホールインターフェースにわたって複数のリモートユニット（RU）に送信されるべきデータのセットを決定することであって、前記複数のRUが、前記フロントホールインターフェースを介して前記中央ユニットに通信可能に結合される、決定することと、

前記複数のRUのうちの少なくとも1つへの前記データのセットの各々のマッピングを決定することと、

前記マッピングに基づいて、ビットマスクをデータのセットに追加することであって、前記ビットマスクが複数のビットを有し、前記ビットマスクが前記複数のRUのうちの異なる1つにマッピングされるビット位置を有し、前記ビットマスクが、前記データのセットが対象としている各RUを示し、前記ビットマスクにおける前記複数のビットが、前記データのセットが対象としている、前記複数のRUのうちの2以上を示す、追加することと、

前記ビットマスクを有する前記データのセットを、前記複数のRUにブロードキャストすることと、を含む、方法。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記中央ユニットが、3GPP第5世代通信システムにおいて動作するように構成された分散ユニット(DU)である、請求項12に記載の方法。

【請求項 14】

前記中央ユニットが、3GPP長期進化(LTE)通信システムにおいて動作するように構成されたベースバンドコントローラである、請求項12に記載の方法。

【請求項 15】

前記データのセットのうちの少なくとも1つがユーザプレーンデータを含む、請求項12に記載の方法。

【請求項 16】

前記ビットマスクの長さが、前記C-RANの初期設定中に事前決定および構成されており、前記ビットマスクの前記長さが、前記複数のRUの数と等しいビットの数である、請求項12に記載の方法。

【請求項 17】

前記複数のRUの各々が、前記データのセットを、前記データのセットについての前記ビットマスクにおいて当該RUに対応するビットが設定されているときのみ復号化する、請求項12に記載の方法。

【請求項 18】

前記データのセットのうちの2以上が、単一の packets 伝送において送信される、請求項12に記載の方法。

【請求項 19】

前記マッピングが、前記C-RANの物理リソースブロック(PRB)グループに基づく、請求項12に記載の方法。

【請求項 20】

前記マッピングが、前記C-RANの周波数再利用層に基づく、請求項12に記載の方法。

【請求項 21】

特定のデータのセットの前記マッピングが、前記特定のデータのセットに関連する少なくとも1つのチャンネルに基づく、請求項12に記載の方法。

【請求項 22】

前記フロントホールインターフェースが、少なくとも1つのスイッチを含むETHERNETネットワークを利用する、請求項12に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、以下の優先権を主張する。すべてが参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、2019年7月2日に出願された「FRONTHAUL INTERFACE FOR USE WITH A CLOUD RADIO ACCESS NETWORK」と題する、米国仮特許出願第62/870,025号(弁理士整理番号100.1874USPR)、2019年9月4日に出願された「FRONTHAUL INTERFACE FOR USE WITH A CLOUD RADIO ACCESS NETWORK」と題する、米国仮特許出願第62/895,625号(弁理士整理番号100.1874USP2)、および2020年1月2日に出願された「DEEP PACKET INSPECTION IN A FRONTHAUL NETWORK OF A CLOUD RADIO ACCESS NETWORK」と題する、米国仮特許出願第62/956,402号(弁理士整理番号100.1884USPR)。

【0002】

本出願はまた、参照により本明細書に組み込まれる以下の同時係属中の米国特許出願に関連する。

【0003】

参照により本明細書に組み込まれる、「FRONT HAUL INTERFACE FOR USE WITH A CLOUD RADIO ACCESS NETWORK」と題し、同書に同日付で出願された、米国特許出願第_____号（弁理士整理番号100.1874US02）、および

【0004】

参照により本明細書に組み込まれる、「DEEP PACKET INSPECTION IN A FRONT HAUL NETWORK OF A CLOUD RADIO ACCESS NETWORK」と題し、同書に同日付で出願された、米国特許出願第_____号（弁理士整理番号100.1884US01）。

【背景技術】

【0005】

クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）では、地理的に離れたリモートユニットは、集中型ユニットによって制御され、ユーザ機器（UE）に無線サービスを提供する。C-RANでは、集中型ユニットは、フロントホールネットワーク（「フロントホールインターフェース」とも称される）を介してリモートユニットと通信してもよい。本明細書に記載される特定の機能性を有するC-RANのフロントホールネットワークを実装することが望ましい場合がある。

【発明の概要】

【0006】

一実施形態は、クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）を対象とする。C-RANは、複数のリモートユニット（RU）であって、各々が、無線周波数（RF）信号を少なくとも1つのユーザ機器（UE）と交換するように構成されている、複数のリモートユニット（RU）を含む。C-RANはまた、フロントホールインターフェースを介して複数のRUに通信可能に結合された中央ユニットを含む。中央ユニットは、フロントホールインターフェースにわたって複数のリモートユニットに送信されるべきデータのセットを決定するように構成されている。中央ユニットはまた、複数のリモートユニットのうちの少なくとも1つへのデータのセットの各々のマッピングを決定するように構成されている。中央ユニットはまた、マッピングに基づいて、それぞれのインジケータを各データのセットに追加することであって、各それぞれのインジケータが、それぞれのデータのセットが対象としている各リモートユニットを示す、追加することを行うように構成されている。中央ユニットはまた、それぞれのインジケータを各々が有するデータのセットを、複数のリモートユニットにブロードキャストするように構成されている。

【0007】

別の実施形態は、複数のリモートユニットであって、各々が、無線周波数信号を少なくとも1つのユーザ機器（UE）と交換するように構成されている、複数のリモートユニットを含む、クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）を対象とする。C-RANは、フロントホールネットワークを介して複数のリモートユニットに通信可能に結合された中央ユニットをさらに含む。フロントホールネットワークは、複数のマルチキャストグループを実装するように構成されている。マルチキャストグループの各々は、リモートユニットのそれぞれのグループを含む。中央ユニットは、フロントホールネットワークにわたってリモートユニットのそれぞれのサブセットに送信されるべきデータのセットを決定することと、リモートユニットのサブセットのそれぞれの1つへのデータのセットの各々のマッピングを決定することと、データのセットの各々について、マルチキャストグループのうちの少なくとも1つが、当該データのセットにマッピングされたりリモートユニットのそれぞれのサブセットを完全に含む場合に、当該データのセットにマッピングされたりリモートユニットのそれぞれのサブセットと最良に合致するマルチキャストグループに、当該データのセットをマルチキャストすることによって、フロントホールネットワークを介して、当該データのセットをリモートユニットのそれぞれのサブセットに伝送することと、を行うように構成されている。

【0008】

別の実施形態は、複数のリモートユニットであって、各々が、無線周波数信号を少なくとも1つのユーザ機器（UE）と交換するように構成されている、複数のリモートユニットを含む、クラウド無線アクセスネットワーク（CRAN）を対象とする。CRANは、フロントホールネットワークを介して複数のリモートユニットに通信可能に結合された中央ユニットと、ディープパケット検査を実施するように構成されたエンティティであって、エンティティが、フロントホールネットワークを介して中央ユニットに通信可能に結合されている、エンティティと、をさらに含む。中央ユニットは、フロントホールネットワークにわたって複数のリモートユニットに送信されるべきデータのセットを決定することと、複数のリモートユニットのうちの少なくとも1つへのデータのセットの各々のマッピングを決定することと、マッピングに基づいて、それぞれのインジケータを各データのセットについてのパケットに追加することであって、各それぞれのインジケータが、それぞれのパケットおよびデータのセットが対象としている各リモートユニットを示す、追加することと、フロントホールネットワークを介して、各々がそれぞれのインジケータを有するデータのセットについてのパケットをエンティティに送信することと、を行うように構成されている。エンティティは、パケットが対象としている各リモートユニットを決定し、当該パケットをフロントホールネットワークを介して当該パケットが対象としている各リモートユニットに通信するために、各パケットに対してディープパケット検査を行うように構成されている。

10

【0009】

別の実施形態は、複数のリモートユニット（RU）であって、各々が、無線周波数（RF）信号を少なくとも1つのUEと交換するように構成されている、複数のリモートユニット（RU）を含む、クラウド無線アクセスネットワーク（CRAN）を対象とする。CRANはまた、フロントホールインターフェースを介して複数のRUに通信可能に結合された中央ユニットを含む。フロントホールインターフェースは、RU識別がパケット内に存在するかどうかを決定するために、受信されたパケットに対してディープパケット検査を実施するように構成された少なくとも1つのETHERNETスイッチを含む。RU識別は、パケット内に存在する場合、パケットが対象としている少なくとも1つのRUを示す。RU識別がパケット内に存在するとき、少なくとも1つのETHERNETスイッチはまた、少なくとも1つのRUの各々について、RUの少なくとも1つのビットパターンとのRU識別の比較に基づいて、パケットの少なくとも一部分をRUに通信するように構成されている。

20

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

図面が例示的な構成のみを示し、したがって、範囲の制限とみなされるものではないことを理解すると、例示的な構成は、添付の図面の使用を通して追加の特異性および詳細とともに記述されるであろう。

【0011】

【図1A】3GPP第4世代（4G）コンポーネントを含む通信システムの例示的な構成を示すブロック図である。

40

【図1B】3GPP第5世代（5G）コンポーネントを含む通信システムの例示的な構成を示すブロック図である。

【図2】RUとベースバンドコントローラ（4G）または分散ユニット（DU）（5G）との間の例示の機能的分割を示すブロック図である。

【図3】DUと複数のRUとの間の例示のO-RAN 1.0フロントホールインターフェースを示すブロック図である。

【図4】O-RAN共有セル提案に従った、DUと複数の（M）RUとの間の例示のフロントホールインターフェースを示すブロック図である。

【図5】CRANにおけるRUの異なるセットへの異なるデータの例示のマッピングを示すブロック図である。

50

【図 6 A】 D U と複数の (M) R U との間のフロントホールインターフェースについての例示のダウンリンクブロードキャスト構成を示すブロック図である。

【図 6 B】 D U と複数の (M) R U との間のフロントホールインターフェースについての例示のアップリンク構成を示すブロック図である。

【図 7】 C - R A N のフロントホールインターフェースにわたってデータを送信するための方法を示すフロー図である。

【図 8】 C - R A N のフロントホールインターフェースにわたってデータを送信するための方法を示すフロー図である。

【図 9 A】 フロントホールネットワークを実装するスイッチドネットワークにおける D P I エンティティ (ディープパケット検査を実施する) を有する例示の C - R A N を示している。

10

【図 9 B】 フロントホールネットワークを実装するスイッチドネットワークにおける D P I エンティティ (ディープパケット検査を実施する) を有する別の例示の C - R A N を示している。

【図 10】 C - R A N のフロントホールインターフェースにわたってデータを送信するための方法を示すフロー図である。

【図 11】 C - R A N のフロントホールインターフェースにわたってデータを送信するための方法を示すフロー図である。

【図 12】 フロントホールネットワーク上で各コントローラと関連付けられた無線ユニットとの間で I / Q データを通信するのに好適なプロトコルスタックの一例を示すブロック図である。

20

【図 13 A】 E T H E R N E T パケット、インターネットプロトコル (I P) パケット、 S w I Q - D A P プロトコルデータユニット (P D U) 、 T L V 要素、および S w I Q - D A P ヘッダ内のフィールドの一例を示すブロック図である。

【図 13 B】 E T H E R N E T パケット、 S w I Q - D A P プロトコルデータユニット (P D U) 、 T L V 要素、および S w I Q - D A P ヘッダ内のフィールドの別の例を示すブロック図である。

【図 14 A】 クラウド無線アクセスネットワーク (C - R A N) システムのフロントホールネットワークにおけるディープパケット検査のための例示的な構成を示すブロック図である。

30

【図 14 B】 スwitchド E T H E R N E T ネットワークを使用して C - R A N についてのフロントホールネットワークを実装する実施例に関する追加の詳細を示すブロック図である。

【図 15】 複数の R U および U E を備えた無線システムのブロック図である。

【図 16】 ディープパケット検査 (D P I) を使用して C - R A N のフロントホールインターフェースおよびフロントホールネットワークにわたってデータを送信するための方法を示すフロー図である。

【図 17】 パケットに対してディープパケット検査 (D P I) を実施するための方法を示すフロー図である。

【図 18】 E T H E R N E T スwitchにマルチキャストルールを確立するための方法を示すフロー図である。

40

【 0 0 1 2 】

一般的慣行によれば、様々な説明される特徴は、縮尺で描かれていないが、例示的な構成に関連する特定の特徴を強調するために描かれている。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

クラウド無線アクセスネットワーク (C - R A N) は、分散 R A N を実装する 1 つの方法である。典型的には、 C - R A N によって実装される各セルについて、 1 つ以上のコントローラ (「ベースバンドコントローラ」、「中央ユニット」、または「分散ユニット」とも呼ばれる) は、ユーザ機器 (U E) の様々なアイテムに無線サービスを提供するため

50

に、複数のリモートユニット（RU）と相互作用する。C-RANでは、RUは、フロントホールインターフェースを介して少なくとも1つのコントローラと通信してもよい。フロントホールインターフェースは、RUとDU（5G）またはベースバンドコントローラ（4G）との間の通信を容易にする少なくとも1つのコンピューティングデバイス（例えば、スイッチ）を利用し得る。例えば、フロントホールインターフェースは、少なくとも1つのETHERNETスイッチおよび／またはルーターを使用して実装されてもよい。さらに、フロントホールインターフェースは、異なる物理リンク、例えば、銅、マルチレート、マルチモードケーブルなどを使用して実装されてもよい。

【0014】

周波数の再利用には、UEの複数のセットに対して同じ周波数リソース（複数可）を使用することが含まれ、UEの各セットは、異なるRUの地理的に多様なセットの下にある。これは、異なるUEに送信するために使用される同じRU周波数リソースを含むことができる。ダウンリンクでは、少なくとも1つのRUの複数の再利用層は、各々、同時に同じ周波数で異なるUEへ送信することができる（ここで、再利用層内の各RUが、他の再利用層（複数可）の各RUから十分にRF分離されている）。アップリンク上で、複数のUEの各々は、同時に同じ周波数で少なくとも1つのRUの異なる再利用層に送信することができる（ここで、再利用層内の各RUが、他の再利用層（複数可）の各RUから十分にRF分離されている）。

【0015】

1つの可能性は、マルチキャストを介してC-RAN内のコントローラからすべてのRUにすべてのダウンリンクトラフィックを送信することである。C-RANによって実装される所与のセクタについて、ダウンリンクインフェーズ、直角位相（I/Q）パケットが送信される1つ以上のIPアドレスがあり、すべてのRUは、マルチキャストIPアドレスの同じセットに登録される。したがって、再利用が行われると、すべての再利用層のパケットがすべてのRUに到達する。したがって、DLに4X再利用がある場合、所定のRUの対象のパケットが1X以下であっても、4X倍のパケットが各RUに到達する。しかしながら、C-RANの異なるRU（UEへの送信用）にデータの異なるセットを送信することが望ましい場合がある。ダウンリンクトラフィックのこのカスタム化された伝送を達成するためのいくつかの可能なソリューションがある。

【0016】

第1の可能なソリューションでは、送信元（例えば、C-RAN内のコントローラ）は、パケットを複製し、ユニキャストによって対象のRUにのみパケットを送信することができる。これにより、コントローラに処理負荷がかかる。

【0017】

第2の可能なソリューションでは、C-RAN内のコントローラは、ブロードキャストするデータにインジケータ（例えば、ビットマスク）を追加することができ、ビットマスクは、データが対象としているリモートユニット（複数可）を示す。

【0018】

第3の可能なソリューションでは、伝送グループを形成するRUの各サブセットはまた、独立したマルチキャストグループを形成することができ、その後、送信元は、必要なRUのみを有するマルチキャストグループにデータを送信する。

【0019】

第4の可能なソリューションでは、フロントホールネットワーク／インターフェース（例えば、スイッチ内）は、所与のポート内のRUに対象のトラフィックを転送するのみである。パケットトラフィックの検査／分析（例えば、フロントホールネットワーク／インターフェース内）は、本明細書ではディープパケット検査（DPI）と称される。例えば、フロントホールネットワーク／インターフェース内のスイッチは、パケット内のビットマスクで設定された存在および／またはビットに基づいて、異なるRUにパケットを選択的に転送し得る。

【0020】

10

20

30

40

50

オープン無線ネットワークアライアンス（O-RAN）アライアンスのフロントホールワーキンググループは、無線アクセスネットワークフロントホールインターフェース上でデータを送信する方法を標準化することを模索している。一部の構成では、本明細書に記載のフロントホールインターフェースは、本明細書に参照によって組み込まれる、O-RAN-WG4.CUS.0-v01.00 Control, User and Synchronization Plane Specification, Version 1.00 (<https://www.o-ran.org/specifications> で利用可能) に見出されるようなO-RAN1.0インターフェースに準拠し得る。

【0021】

例示の4G C-RAN

図1Aは、3GPP第4世代（4G）コンポーネントを含む通信システム100Aの例示的な構成を示すブロック図である。図1に示す例示的な構成では、システム100Aは、少なくとも1つのセルを提供する少なくとも1つのベースバンドユニット104および1つ以上のリモートユニット（RU）106A～Mを用いる、クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）（ポイントツーマルチポイント分散基地局）アーキテクチャを使用して実装される。

【0022】

RU106は、1人以上の無線ネットワークオペレータに無線カバレッジおよび容量を提供するために、サイト102に配備されてもよい。サイト102は、例えば、建物もしくはキャンパス、もしくは建物の他のグループ分け（例えば、1つ以上の企業、政府、他の企業体によって使用される）、または何らかの他の公共の場（ホテル、リゾート、アミューズメントパーク、病院、ショッピングセンター、空港、大学キャンパス、アリーナ、またはスキーエリア、スタジアムもしくは人口密集した繁華街などの屋外エリアなど）であってもよい。一部の構成では、サイト102は、少なくとも部分的に（および任意選択的に完全に）屋内にあるが、他の代替手段が可能である。

【0023】

システム100Aはまた、本明細書では、「C-RAN」または「C-RANシステム」と称され得る。ベースバンドユニット104はまた、本明細書では、「ベースバンドコントローラ」104、「CU」104、または単に「コントローラ」104とも称される。各RU106は、ユーザ機器（UE）110にダウンリンクRF信号を放出し、UE110によって伝送されるアップリンクRF信号を受信するために使用される、少なくとも1つのアンテナを含むか、またはそれに結合されてもよい。ベースバンドコントローラ104は、任意選択的に、例えば、ベースバンドコントローラ104の集中型バンク内に、サイト102から遠隔で物理的に位置してもよい。さらに、RU106は、それぞれフロントホールネットワーク116を介してベースバンドコントローラ104に通信可能に結合されているが、サイト102内で物理的に互いに分離されてもよい。

【0024】

各UE110は、メモリに記憶された命令を実行する少なくとも1つのプロセッサを有するコンピューティングデバイス、例えば、携帯電話、タブレットコンピュータ、モバイルメディアデバイス、モバイルゲームデバイス、ラップトップコンピュータ、車両ベースのコンピュータ、デスクトップコンピュータなどであってもよい。各ベースバンドコントローラ104およびRU106は、メモリに記憶された命令を実行する少なくとも1つのプロセッサを有するコンピューティングデバイスであってもよい。さらに、各RU106は、無線ユニット106の1つ以上のインスタンス（例えば、モジュール）を実装してもよい。

【0025】

C-RAN100Aは、任意選択的に、同じ周波数リソース（複数可）がUE110の複数のセットに使用される周波数再利用を実装してもよく、UE110の各セットは、RU106の異なる地理的に多様なセットの下にある。

【0026】

10

20

30

40

50

システム100Aは、適切なバックホールネットワーク114を介して、各無線ネットワークオペレータのコアネットワーク112に結合される。例えば、インターネットは、システム100Aと各コアネットワーク112との間のバックホールに使用され得る。しかしながら、バックホールネットワーク114は、他の方法で実装され得ることが理解される。本明細書に記載のバックホールネットワーク114および／またはフロントホールネットワーク116の各々は、1つ以上のスイッチ、ルーター、および／または他のネットワークング装置で実装されてもよく、例えば、バックホールネットワーク114および／またはフロントホールネットワーク116は、スイッチドETHERNETネットワークで実装されてもよい。

【0027】

システム100Aは、LTEエアインターフェースを使用して無線サービスを提供する長期進化(LTE)無線アクセスネットワークとして実装されてもよい。LTEは、3GPP規格組織によって開発された規格である。この構成では、ベースバンドコントローラ104とRU106と一緒に使用して、LTE畳み込みノードB(本明細書では「eノードB」または「eNB」とも称される)を実装する。eNBを使用して、UE110にワイヤレスネットワークオペレータのコアネットワーク112へのモバイルアクセスを提供し、(例えば、ボイスオーバーLTE(VoLTE)技術を使用して)UE110がデータおよび音声を経由無線で通信することを可能にすることができる。しかしながら、本システムおよび方法は、他の無線プロトコルとともに使用され得、例えば、システム100Aは、5Gエアインターフェースを使用して無線サービスを提供する3GPP 5G RANとして実装され得ることに留意されたい。

【0028】

また、例示的なLTE構成では、各コアネットワーク112は、例えば、モビリティ管理エンティティ(MME)およびサービングゲートウェイ(SGW)、また任意選択的に、ホームeNBゲートウェイ(HeNB GW)(図示せず)およびセキュリティゲートウェイ(SeGWまたはSecGW)(図示せず)などの標準的なLTE EPCネットワーク要素を含む進化型パケットコア(EPC)112として実装されてもよい。

【0029】

さらに、例示的なLTE構成では、各ベースバンドコントローラ104は、LTE S1インターフェースを使用してEPCコアネットワーク112内のMMEおよびSGWと通信し、LTE X2インターフェースを使用してeNBと通信してもよい。例えば、ベースバンドコントローラ104は、LTE X2インターフェースを介して屋外マクロeNB(図示せず)と通信することができる。

【0030】

各ベースバンドコントローラ104およびリモートユニット106は、周波数分割二重化(FDD)および／または時間分割二重化(TDD)のうちの1つ以上をサポートするエアインターフェースを使用するように実装され得る。また、ベースバンドコントローラ104およびリモートユニット106は、複数入力-複数出力(MIMO)、単一入力-単一出力(SISO)、単一入力-複数出力(SIMO)、および／またはビーム形成スキームのうちの1つ以上をサポートするエアインターフェースを使用するように実装され得る。例えば、ベースバンドコントローラ104およびリモートユニット106は、1つ以上のLTE伝送モードを実装することができる。さらに、ベースバンドコントローラ104およびリモートユニット106は、複数のエアインターフェースをサポートする、および／または複数の無線オペレータをサポートするように構成され得る。

【0031】

一部の構成では、エアインターフェースの前処理されたベースバンドシンボルを表すインフェーズ、直角位相(I/Q)データは、ベースバンドコントローラ104とRU106との間で通信される。こうしたベースバンドI/Qデータを通信するためには、通常、比較的高いデータレートのフロントホールが必要である。

【0032】

10

20

30

40

50

一部の構成では、ベースバンド信号は、ソースRU106で事前処理され、（ガードバンド／周期的接頭語データを除去した後になど）周波数ドメイン信号に変換されて、フロントホールレートを効果的に管理してから、ベースバンドコントローラ104に送信され得る。RU106は、こうした周波数ドメイン信号を量子化し、かかる信号を運ぶために使用されるビット数を減少させ、データを送信することによって、データ速度をさらに低減することができる。さらなる単純化において、特定のシンボルデータ／チャネルデータは、ソースRU106自体で完全に処理されてもよく、結果として得られる情報のみがベースバンドコントローラ104に渡される。

【0033】

第3世代パートナーシッププロジェクト（3GPP）は、LTE無線アクセスインターフェースに階層化モデルを採用している。概して、ベースバンドコントローラ104とRU106との何らかの組み合わせは、エアインターフェース用のアナログ無線周波数（RF）機能、ならびにエアインターフェース用のデジタル層1（L1）、層2（L2）、および層3（L3）（3GPP定義のLTE無線アクセスインターフェースプロトコルの）機能を実施する。L1-L3処理（ベースバンドコントローラ104とRU106との間の）の任意の好適な分割を実装してもよい。ベースバンド信号I/Qデータがベースバンドコントローラ104とRU106との間でフロントホールされる場合、各ベースバンドコントローラ104は、エアインターフェースに対するデジタルL1、L2、およびL3処理のすべてまたは一部を実施するように構成され得る。この場合、各RU106のL1機能は、エアインターフェースについてのデジタルL1処理のすべてまたは一部を実装するように構成されている。

【0034】

フロントホールETHERNETネットワーク116が、フロントホール（非圧縮）I/Qデータを必要とするデータレートを送達できない場合、I/Qデータは、ETHERNETネットワーク116を介して通信される前に圧縮されてもよく、それによって、必要なデータレートが、ETHERNETネットワーク116を介してかかるI/Qデータを通信することを低減する。

【0035】

データは、（例えば、共通パブリック無線インターフェース（CPRI）および／またはオープン基地局アーキテクチャイニシアチブ（OBSAI）仕様ファミリーに指定されたフロントホールインターフェースおよび技術を使用して）ベースバンドコントローラ104とRU106との間で他の方法でフロントホールされ得る。したがって、本明細書に記載のベースバンドコントローラ104は、O-RAN分散ユニット（O-DU）の機能性に類似していてもよく、および／またはその少なくとも一部の機能性を実施してもよい。

【0036】

さらに、本システムおよび方法は、（C-RAN100Aに加えて）他の分散RAN、例えば、分散アンテナシステム（DAS）でも使用され得ることに留意されたい。

【0037】

図9Aは、フロントホールネットワーク116を実装するスイッチドネットワーク120におけるDPIエンティティ109（ディープパケット検査を実施する）を有する例示のC-RAN100Aを示している。管理システム107は、例えば、バックホールネットワーク114および／またはフロントホールネットワーク116を介して、ベースバンドコントローラ104およびRU106に通信可能に結合されてもよい。階層アーキテクチャは、管理プレーン（「Mプレーン」）通信に使用され得る。階層アーキテクチャを使用する場合、管理システム107は、ベースバンドコントローラ104との間で管理通信を送信および受信することができ、これは必要に応じて、関連するMプレーン通信をRU106との間で転送する。直接アーキテクチャはまた、Mプレーン通信に使用され得る。直接アーキテクチャを使用する場合、管理システム107は、（コントローラ104によってMプレーン通信が転送されることなく）RU106と直接通信することができる。ハイブリッドアーキテクチャをまた使用してもよく、ここで、一部のMプレーン通信は、階

10

20

30

40

50

層アーキテクチャを使用して通信され、一部のMプレーン通信は、直接アーキテクチャを使用して通信される。専有のプロトコルおよびインターフェースを、このようなMプレーン通信に使用することができる。また、O-RANなどの規格によって指定されるプロトコルおよびインターフェースを、このようなMプレーン通信に使用することができる。

【0038】

例示の5G C-RAN

図1Bは、3GPP第5世代(5G)コンポーネントを含むシステム100Bの例示的な構成を示すブロック図である。任意選択的に、システム100Bは、4G構成要素を追加的に含んでもよい。構成要素の各々は、少なくとも1つのメモリに記憶された少なくとも1つのプロセッサ実行命令を使用して実装されてもよい。一部の構成では、構成要素の少なくとも一部は、仮想マシンを使用して実装される。

【0039】

第5世代(5G)規格は、多種多様なアプリケーション、帯域幅、およびレイテンシをサポートし、一方で、様々な実装オプションをサポートする。システム100では、「r-c」または単に「c」で示されるインターフェース(破線で示される)は、コントロールプレーン接続を提供し、一方で、「r-u」または単に「u」で示されるインターフェース(実線で示される)は、ユーザプレーン接続を提供する。図1Bの様々なデバイスおよびインターフェースのより詳細な説明は、参照により本明細書に組み込まれる、3GPP TR 38.801 Radio Access Architecture and Interfaces, Release 14 (<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3056>で利用可能)で見出すことができる。

【0040】

図1Bは、5G次世代ノードB(gNB)の実施例を実装するC-RAN100Bを示している。次世代ノードB(gNB)のアーキテクチャは、5G中央ユニット(CU)103、1つ以上の5G分散ユニット(DU)105A~B、および1つ以上の5Gリモートユニット(RU)106N~Oに分割される。5G中央ユニット(CU)103は、ユーザデータの転送、移動制御、無線アクセスネットワーク共有、位置決め、セッション管理などのgNBコントローラ機能を含むノードである。5G CU103は、インターフェース(それぞれ、制御プレーンおよびユーザプレーンのF1-cおよびF1-uを含む)上の分散ユニット(DU)105A~Bの動作を制御する。

【0041】

分散ユニット(DU)105は、機能的分割(CU103とDU105との間)に応じて、gNB機能のサブセットを実装するノードであってもよい。一部の構成では、(5Gエアインターフェースの)L3処理は、CU103に実装されてもよく、(5Gエアインターフェースの)L2処理は、DU105に実装されてもよい。各DU105の動作は、CU103によって制御される。DU105の機能は、無線リンク制御(RLC)、中アクセス制御(MAC)の一部、および/または物理(PHY)層機能の一部を含んでもよい。分散ユニット(DU)105は、任意選択的に、(5Gエアインターフェースの)PHY(L1)処理の一部をRU106にオフロードすることができる。

【0042】

図1Bでは、例示の次世代ノードB(gNB)を実装するC-RAN100Bは、制御プレーン機能およびユーザプレーン機能を処理する単一のCU103を含む。5G CU103(C-RAN100B内)は、5G NG-cおよび5G NG-uインターフェースを使用して、少なくとも1つの無線サービスプロバイダーの次世代コア(NGC)112と通信してもよい。一部の5G構成(図示せず)では、5G CUは、制御プレーン機能を処理するCU-C103Bと、ユーザプレーン機能を処理するCU-U103Cとの間に分割される。

【0043】

10

20

30

40

50

一部の5G構成では、RU(RU)106N-Oは、NG-iqインターフェース上で、ベースバンド信号データをDU105に通信し得る。一部の5G構成では、RU106は、L1および／またはL2処理の少なくとも一部を実装してもよい。一部の構成では、RU106は、複数のETHERNETポートを有してもよく、複数のスイッチと通信することができる。

【0044】

図1Bのインターフェースのうちのいずれも、スイッチドETHERNET（またはファイバー）ネットワークを使用して実装されてもよい。さらに、複数のCU103（図示せず）が存在する場合、それらは、例えば、Xn(Xn-cおよびXn-u)および／またはX2インターフェースである任意の好適なインターフェースを使用して、互いに通信してもよい。フロントホールインターフェースは、図1BのNG-iq、F1-c、および／またはF1-uインターフェースのうちのいずれかを促進し得る。

【0045】

図9Bは、フロントホールネットワーク116を実装するスイッチドネットワーク120におけるDPIエンティティ109（ディープパケット検査を実施する）を有する例示のC-RAN100Bを示している。管理システム107は、例えば、バックホールネットワーク114および／またはフロントホールネットワーク116を介して、CU103、DU105、およびRU106に通信可能に結合されてもよい。階層アーキテクチャは、Mプレーン通信に使用され得る。階層アーキテクチャを使用する場合、管理システム107は、CU103との間で管理通信を送信および受信することができ、必要に応じて、これは次に、DU105との間で関連するMプレーン通信を転送し、次に、RU106との間で関連する通信を転送する。直接アーキテクチャはまた、Mプレーン通信に使用され得る。直接アーキテクチャが使用される場合、管理システム107は、(CU103によってDU105との間でMプレーン通信を転送されることなく、およびDU103によってRU106との間でMプレーン通信を転送されることなく)CU103、DU105、およびRU106と直接的に通信することができる。ハイブリッドアーキテクチャをまた使用してもよく、ここで、一部のMプレーン通信は、階層アーキテクチャを使用して通信され、一部のMプレーン通信は、直接アーキテクチャを使用して通信される。専用のプロトコルおよびインターフェースを、このようなMプレーン通信に使用することができる。また、O-RANなどの規格によって指定されるプロトコルおよびインターフェースを、このようなMプレーン通信に使用することができる。

【0046】

RUとDUとの間の機能的分割

図2は、RU106とベースバンドコントローラ104(4G)または分散ユニット(DU)105(5G)との間の例示の機能的分割を示すブロック図である。DU105(または5Gのベースバンドコントローラ104)とRU106との何らかの組み合わせは、エアインターフェース用のアナログ無線周波数(RF)機能、ならびにエアインターフェース用のデジタル層1(L1)、層2(L2)、および層3(L3)(3GPP定義のLTE無線アクセスインターフェースプロトコルの)機能を実施する。

【0047】

機能的分割の様々なオプションを図2に示しており、ここで、所与のオプションの垂直矢印の左側にある機能は、5GのDU105(または4Gのベースバンドコントローラ104)で実装され、垂直矢印の右側の機能は、RU106で実装される。5G構成では、所与のオプションの垂直矢印の左側にある機能は、DU(複数可)105とCU103との何らかの組み合わせで実装されてもよい。図2の上半分は、第1のRU106とDU105(またはベースバンドコントローラ104)との間の分割を示しており、図2の下半分は、第2のRU106とDU105(またはベースバンドコントローラ104)との間の分割を示している。

【0048】

オプション1では、L3処理の無線リソース制御(RRC)204A~B部分は、DU

10

20

30

40

50

105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、（すべてのアナログRF 220A～B、L1、およびL2処理に加えて）L3処理の packets データ収束プロトコル（PDCP）206A～B部分は、RU106で実施される。オプション2では、L3のRLC204およびPDCP206の部分は、DU105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、一方で、すべてのアナログRF、L1、およびL2機能は、RU106で実施される。オプション3では、L3（RRC204およびPDCP206部分）およびL2処理の高無線リンク制御（RLC）部分208Aは、DU105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、一方で、L1およびアナログRF220処理に加えて、残りのL2処理（低RLC210A～B、高MAC212A～B、低MAC214A～B）は、RU106で実施される。オプション4では、L3（RRC204およびPDCP206部分）、L2処理の高RLC208部分、および低RLC210部分は、DU105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、一方で、L1およびアナログRF220処理に加えて、L2処理の残りの高MAC212部分および低MAC214A～B部分は、RU106で実施される。

【0049】

オプション5では、L3（RRC204およびPDCP206部分）、L2処理の高RLC208部分、低RLC210部分、および高MAC212部分は、DU105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、一方で、L1およびアナログRF220処理に加えて、L2処理の残りの低MAC214A～B部分は、RU106で実施される。オプション6では、すべてのL3（RRC204およびPDCP206部分）およびL2処理（高RLC208部分、低RLC210部分、高MAC212部分、および低MAC214部分）は、DU105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、一方で、L1処理（高物理層（PHY）216A～Bおよび低PHY218A～B部分）およびアナログRF220処理は、RU106で実施される。一部の構成では、オプション6の分割は、RU（複数可）106とベースバンドコントローラ104との間の非常に低いデータレートおよび高い遅延マージンを生成し得る。

【0050】

オプション7では、すべてのL3処理、L2処理、およびL1処理の高PHY216部分は、DU105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、一方で、L1処理（およびアナログRF220処理）の低PHY218A～B部分は、RU106で実施される。その

【0051】

オプション8では、すべてのL3、L2、およびL1（高PHY216および低PHY218部分）は、DU105（またはベースバンドコントローラ104）で実施され、一方で、アナログRF220処理は、RU106で実施される。

【0052】

RLC、MAC、およびPHYに関する用語「高」は、問題の層の上部サブ層を指す。RLC、MAC、およびPHYに関する用語「低」は、問題の層の下部サブ層を指す。

【0053】

O-RANインターフェース

図3は、DU105と複数の（M）RU106との間の例示のO-RAN1.0フロントホールインターフェースを示すブロック図である。DU105は、スイッチドネットワーク120を介してRU106に通信可能に結合されてもよい。示されていないが、DU105はまた、5G CU103（5Gにおける）に通信可能に結合されてもよい。さらに、4G構成では、DU105は、代わりにベースバンドコントローラ104であってもよい。

【0054】

第3世代パートナーシッププロジェクト（3GPP）は、DU105とRU106との間の機能的分割（RU106ではどのような処理が行われ、DU105ではどのような処理が行われるか）を指定する。例えば、「7.2x」プロトコル分割は、物理層（L1）

10

20

30

40

50

処理の一部がRU106で、およびDU105で的一部分で実施されることを示す。言い換えれば、7.2x分割は、物理層の真ん中にあるオプション7の分割である。一部の構成では、処理されたチャンネルに応じて、DU105またはRU106で処理が実施される軽微な変動がある場合がある。

【0055】

しかしながら、3GPPは、DU105とRU106との間でデータをどのように伝えるかを標準化していない。オープン無線ネットワーク（O-RAN）アライアンスは、DU105とRU106との間の実際のインターフェース、すなわち、データのバケット化方法および送信方法を標準化する。（7.2x分割を使用する）O-RAN1.0標準化は、技術的に1DUから多RUへのマッピングをサポートするが、各構成されたDU-RUリンクは、独立してアドレス指定され、管理される。したがって、図3のO-RAN1.0構成は、DU105が同一のパケットストリームのMコピーを送信する複数の1対1リンクを効果的に実装する。これにより、（DU105とRUとの間の）フロントホールインターフェースにわたって帯域幅を非効率に使用することができる。具体的には、M個のRU106の各々がN個のPRBを伝送する場合、スイッチドネットワーク120からDU105へのアップリンク帯域幅は、およそN個のPRB×M個のRU× α となるであろう。アルファ（ α ）は、分率（1未満）を表し、これは、トラフィックが、示される完全な倍数よりも小さくなり得る、例えば、プルーニングによるN個のPRBの最大数、すなわち、RU106からDU105へと送信されていない一部のPRBよりも小さいという事実を説明する。

【0056】

図3のO-RAN1.0構成における、DU105からスイッチドネットワーク120へのダウンリンク帯域幅は、およそN個のPRB×M個のRU106であるであろう。スイッチドネットワーク120と各RU106との間のアップリンクまたはダウンリンクの帯域幅は、およそN個のPRBである。したがって、図3の例示のO-RANフロントホールインターフェースは、DU105とスイッチドネットワーク120との間のリンク上の帯域幅の非効率的な使用である。

【0057】

データ転送は、O-RAN1.0でシンボルごとにスケジュールされ、管理され、ここで、PDSCHリソース要素（RE）グリッド全体が順次送達される。

【0058】

図4は、O-RAN共有セル提案に従った、DU105と複数の（M）RUとの間の例示のフロントホールインターフェースを示すブロック図である。DUは、フロントホールマネージャ（FHM）122を介してRU106に通信可能に結合されてもよい。示されていないが、DU105はまた、ng-eNB CU（図示せず）またはgNB CU103（5Gにおける）に通信可能に結合されてもよい。さらに、4G構成では、DU105は、代わりにベースバンドコントローラ104であってもよい。

【0059】

O-RAN共有セル提案は、（O-RAN1.0と比較して）DU105との帯域幅のより効率的な使用を試みる。具体的には、共有セル提案は、1DUから多RUへのマッピングをより効率的にサポートするために、フロントホールマネージャ（FHM）122を含む。これを行うために、フロントホールマネージャ122は、（1）各RU106に対して（DU105からの）ダウンリンクパケットストリームを複製し、（2）（DU105に送信する前に）RU106からアップリンクパケットストリーム上で組み合わせ／デジタル総和を使用する。組み合わせ／デジタル総和は、（1）（すべてのRU106からの）対応するPRBに対応するインフェーズ（I）サンプルを追加することと、（2）（すべてのRU106からの）対応するPRBに対応する直角位相（Q）サンプルを追加することと、（3）フロントホールマネージャ122からDU105へのI/Qデータの組み合わせられたストリームを送信することと、を含む。組み合わせ／デジタル総和は、任意選択的に、いくつかのオーバーフロー管理を含み得る。共有セル提案を使用して、DU1

05は、M個のパケットストリームの代わりに、（およそN個のPRBの帯域幅を有する）単一のパケットストリーム（およそN個のPRB×M個のRUの総帯域幅を有する各RU106に対して1つ）を送信および受信することができる。DU105の送信および受信されたデータをN個のPRBの単一のストリームに減少させることによって、図4の共有セル提案は、図3のO-RAN1.0実装と比較して、帯域幅（DU105とFHMとの間）を減少させるであろう。

【0060】

しかしながら、O-RAN1.0の実装（図3における）および共有セル提案（図4における）の両方は、すべてのRU106からのすべてのダウンリンク伝送が、分散アンテナシステム（DAS）のように同一であることを前提としている。言い換えれば、O-RAN1.0の実装（図3における）も共有セル提案（図4における）も、異なるRU106に向かう異なるトラフィックを区別するものではなく、これは、以下で考察するように、C-RAN100では問題になるであろう。

【0061】

C-RANフロントホールインターフェースの必要性

図5は、C-RAN100におけるRU106A～Hの異なるセットへの異なるデータの例示のマッピングを示すブロック図である。具体的には、図5は、異なるPRBグループおよび再利用層の異なるRU106へのマッピングを示している。図5は、8つの異なるRU106を有するC-RAN100についてであるが、C-RAN100は、8つより多いRU106を有してもよい。

【0062】

次のいずれかの理由により、C-RAN100の異なるRU106に異なるデータを送信することが望ましい。（1）PRBのセット全体（例えば、100）が分割され、RU106が割り当てられる2つの異なるPRBグループ（例えば、図5のPRBグループ1および2）にグループ化される場合、（2）周波数再利用では、RU106の異なるセット（ダウンリンク上）から、もしくはRU106の異なるセット（アップリンク上）へ（同じ時間および周波数リソースで）送信されるサンプルは、別々に保持される必要がある、および／または（3）異なるチャネルが異なるタイプの処理（例えば、ナローキャスト、ユニキャスト、ブロードキャスト）を必要とする。

【0063】

理由1に関して、PRBグループ化はすべて、UE110のセットにサービスを提供するために、スケジューラによって作成される（5GではDU105もしくはCU、または4Gではベースバンドコントローラ104のL2処理）。UE110は、その需要に基づき、また公正さおよび他の要因を考慮に入れて、一定の数のPRBグループを割り当てられている。RU106のセットは、RU106へのUE110の近接性に関する知識に基づいて、異なるこのようなPRBグループに割り当てられる。この知識は、アップリンク測定、UE110フィードバック情報などを通じてスケジューラによって得ることができる。PRBグループを使用する場合、特定のRU106は、そのRUの属するPRBグループのパケットにのみ使用される。図5は、2つのPRBグループについて示されているが、より多くのPRBグループが利用され得る。

【0064】

理由2に関して、再利用層はすべて、例えば、アップリンク測定、UE110フィードバック情報などから、UE110のRU106への近接性に関する知識に基づいて、UE110のセットにサービスを提供するために、スケジューラ（5GではDU105もしくはCU、または4Gではベースバンドコントローラ104でL2処理）によって生成される。ダウンリンク周波数の再利用では、少なくとも1つのRU106の複数の再利用層が、同時に同じ周波数で異なるUE110へ送信することができる（ここで、再利用層内の各RU106が、他の再利用層（複数可）の各RU106から十分にRF分離されている）。アップリンク上で、複数のUE110の各々は、同時に同じ周波数で少なくとも1つのRU106の異なる再利用層に送信することができる（ここで、再利用層内の各RU1

10

20

30

40

50

06が、他の再利用層（複数可）の各RU106から十分にRF分離されている）。図5は、簡略化のために2つの再利用係数（RU106の2つの異なるセットが、同じ時間および周波数リソース上で2つの異なるUE110と通信する）で示されているが、より高い再利用係数が利用されてもよい。

【0065】

実施例として、PRBグループおよび再利用層を説明する場合、データは以下のようにマッピングされてもよい。（1）RU1 106A～RU3 106Cが、PRBグループ1／再利用層1 502に割り当てられる、（2）RU4 106D～RU8 106Hが、PRBグループ1／再利用層2 504に割り当てられる、（3）RU1 106A～RU5 106Eが、PRBグループ2／再利用層1 506に割り当てられる、および（4）RU6 106F～RU8 106Hが、PRBグループ2／再利用層2 508に割り当てられる。

【0066】

理由3について、以下の伝送タイプを使用してもよい。（1）一部のチャンネルおよび参照信号（例えば、物理ダウンリンク共有チャンネル（PDSCH）、物理ダウンリンク制御チャンネル（PDCCH）、復調参照信号（DMRS）、および位相追跡参照信号（PTRS）など）について、異なるデータセットを異なるRU106にナローキャストする、（2）共通チャンネルおよび参照信号（例えば、物理ブロードキャストチャンネル（PBCH）およびPDCCH（4Gおよび任意選択的に5Gの場合）など）をすべてのRU106にブロードキャストする、ならびに（3）一部のチャンネルまたは参照信号（例えば、チャンネル状態情報参照信号（CSI-RS）グループ1 510またはCSI-RSグループ2 512など）をユニキャストまたはナローキャストする。共有セルモデルとは異なり、処理されたチャンネルまたは信号に基づいて、データの異なるセットを、同じDU105によってサービス提供されるRU106の異なるセットに伝送することが望ましい。例えば、RU1 106Aは、CSI-RSグループ1 510に割り当てられ、RU2 106BおよびRU3 106Cは、CSI-RSグループ2 512に割り当てられる。

【0067】

例示のO-RAN1.0実装（図3）を使用して、異なるデータを異なるRU106に送信することは、I/Qデータをグループ内のすべてのRU106に複製するだけであるため、非効率的である。さらに、共有セル提案（図4における）の使用には、ラック外ではない新しいエンティティ（FHM）の使用が必要である。したがって、本システムおよび方法は、異なるデータ（cプレーンおよび／またはuプレーン）をRU106の異なるサブセットへ、またはそのRUの異なるサブセットから選択的に送信するように、O-RAN1.0インターフェースを修正するために使用され得る。

【0068】

C-RANとともに使用するためのフロントホールインターフェース

図6Aは、DU105と複数の（M）RU106との間のフロントホールインターフェースについての例示のダウンリンクブロードキャスト構成を示すブロック図である。特に、図6Aは、DU105がすべてのRU106にすべてのデータをブロードキャストし、各RU106がデータをフィルタリングして、どのデータがどのデータを対象としているかを決定する（RU106は通常、受信するすべてのデータを無線でブロードキャストしない）ため、ダウンリンクの「ブロードキャスト」構成を示している。図6Aでは、DU105は、スイッチドネットワーク120を介してRU106に通信可能に結合されてもよい。示されていないが、DU105はまた、ng-eNB CU（図示せず）またはgNB CU103（5Gにおける）に通信可能に結合されてもよい。さらに、4G構成では、DU105は、代わりにベースバンドコントローラ104であってもよい。

【0069】

上述したように、C-RAN100では、データの異なるセットを異なるRU106に送信することが望ましい。したがって、どのRU（複数可）106のCプレーンおよび／またはUプレーンデータが対象としているかを示す追加データが、制御プレーン（Cプ

10

20

30

40

50

レーン) データおよびユーザプレーン (Uプレーン) データ (DU105 から RU106 へ送信される) に追加されてもよい。

【0070】

一部の構成では、追加データは、ビットマスク、例えば、RUidビットマスク602 A～Zであってもよい。各RUidビットマスク602は、ビットのセット (例えば、各々が「1」または「0」の値を有する) であってもよく、その長さは、単一のセクタ内のDU105に通信可能に結合された (例えば、DU105によってサービスを提供される) RU106の数と少なくとも等しい。RUidビットマスク602の長さは、C-RAN100の初期設定中に構成されてもよく、および／または初期設定後に再構成されてもよい。初期設定中 (または再構成中)、RUidビットマスク602の各ビットと特定のRU106との間の関連付けがなされ、すなわち、各ビット位置が特定のRU106にマッピングされる。一部の実施例では、RUidビットマスク602は、例えば、RUidビットマスク602が後方互換性であるように、O-RAN1.0に対応する、ゼロの長さに減少され得る。すなわち、追加データ (すなわち、RUidビットマスク) を使用してデータの異なるセットを異なるRU106に送信することができる、本明細書で説明する拡張フロントホールインターフェースモードをサポートするDU105はまた、RUidビットマスクの長さをゼロに減少させることによって、後方互換性のO-RAN1.0フロントホールインターフェースモードで動作するように構成され得る。さらに、追加データは、どのRU (複数可) 106のCプレーンまたはUプレーンデータのセットが対象とされているかを示すのに好適な任意の形態を採り得ることが理解される。

【0071】

所与のセクタにサービスを提供する各RU106には、一意の識別子 (RUid) を割り当てることができる。例えば、所与のセクタにサービスを提供する各RU106には、0と当該セクタ (「nRU」) にサービスを提供するRUの数から1を引いたものとの間 (0とnRUs-1との間) の整数であるRUidを割り当てることができる。また、所与のセクタにサービスを提供する各RU106は、RUidビットマスク602内の特定のビット位置を割り当てられている。RUidビットマスク602内のこのビット位置はまた、本明細書では「RUインデックス」と称される。RUidが各RU106に割り当てられている場合、RUインデックスは、RUidから決定され得る。例えば、セクタにサービスを提供する各RU106が、0とnRUs-1との間の整数であるRUidを割り当てられている場合、RUidビットマスク602のビット位置は、0からnRUs-1までの番号付け (インデックス付け) をすることができる。セクタにサービスを提供する各RU106に割り当てられるRUインデックスは、当該RU106に割り当てられるRUidに対応するビット位置番号 (インデックス) であり得る。すなわち、RUインデックスは、当該RU106に割り当てられたRUidと等しい。例えば、RU106に6のRUidが割り当てられている場合、当該RU106に割り当てられたRUインデックスは6である。しかしながら、RUインデックスは、各RU106に割り当てられたRUidから決定する必要はないことが理解されるべきである。また、RUidの使用は、任意選択的である (すなわち、一部の実施形態では、それぞれのRUインデックスは、セクタにサービスを提供する各RU106に割り当てられているが、各RU106には別個のRUidは割り当てられていない) ことが理解されるべきである。

【0072】

管理システム107は、O-RANのMプレーン通信を使用して、所与のセクタに対して拡張フロントホールインターフェースモードを使用するようにC-RANを構成 (または再構成) することができる (RUid (使用される場合) およびRUインデックスの割り当てを含む)。管理システム107は、RUid割り当て (使用される場合) およびRUインデックス割り当てを決定し、その後、拡張フロントホールインターフェースモードがどのように構成されるべきかを指定する他の情報に加えて、関連するCU103、DU105、およびRU106にこれらの割り当てを通信することができる。管理システム107はまた、CU103、DU105、およびRU106が、新しい構成を使用して拡張

フロントホールインターフェースモードで動作を開始すべきときに、O-RANのMプレーン通信を使用して同期することができる。例えば、管理システム107は、O-RANのMプレーン通信を使用して、新しい構成を使用して拡張フロントホールインターフェースモードで動作を開始する特定の時点を指定することができる。

【0073】

一部の構成では、DU105は、Cセクション604A~Pと称される少なくとも1つのパケットのグループ化でCプレーンデータを伝送し、DU105は、Uセクション606A~Pと称される少なくとも1つのパケットのグループ化でUプレーンデータを伝送する。これらの構成では、RUidビットマスク602は、各Cセクション604およびUセクション606の内部に含まれ得る。代替的に、追加データ（例えば、RUidビットマスク602）は、何らかの他の方法で（例えば、付加される）CプレーンデータおよびUプレーンデータと関連付けられてもよい。各Cセクション604およびUセクション606は、それぞれ、を制御およびI/Qデータを含み得る。

【0074】

単純な実施例では、DU105によってサービスを提供されるRU106ごとについて、RUidビットマスク602ごとにビットが1つあり、各ビット位置は特定のRU106に対応する。RUidビットマスク602の任意の特定のビットが（例えば、「1」に）設定されている場合、関連付けられたセクションで送信されるパケットのグループ化がセットビットに対応する特定のRU106によって受信されることを対象としていることを特定する。複数のビット（各々が異なるRU106に対応する）、またはすべてのビットが、RUidビットマスク602に設定されてもよい。すべてのパケットは、DU105からすべてのRU106へ（例えば、ETHERNETを介して）ブロードキャストされ、各RU106は、（それぞれのRU106に対応するRUidビットマスク602のビットが設定されているかどうかを決定することによって）すべてのセクションを復号化することなく、パケットのグループ化が対象とされているかどうかを識別することができる。言い換えれば、各RU106は、関連付けられるセクション／パケット（複数可）に送信された（またはそうでなければ関連付けられた）RUidビットマスク602に基づいて、アドレス指定されていないパケットをフィルタリングする。さらに、すべて（または多数）のRU106に対して意図されるデータは、依然として、例えば、DU105からスイッチドネットワーク120への初期アクセスリンクを介して一度だけ送信される。

【0075】

図6Aの例示のダウンリンクブロードキャスト構成により、DU105は、すべてのRU106に単一のストリームを（例えば、ETHERNETを介して）ブロードキャストすることができるが、各RU106が受信したデータをフィルタリングして、セクションを復号化する必要があるかどうかを決定することができるため、異なるデータを異なるRU106にカスタム化することができる。これは、ダウンリンク上の複製またはアップリンク上の組み合わせ／デジタル総和のためにFHM122を必要としないため、共有セル提案（図4における）に対するさらなる利点を有する。例えば、スイッチ付きネットワーク120は、既製のデバイス、例えば、スイッチ（複数可）、ルーター（複数可）、および／または他のネットワーキング装置（複数可）を使用して実装されてもよい。ダウンリンクブロードキャスト構成では、DU105からスイッチドネットワーク120まで利用される帯域幅は、およそN個のPRB $\times$ α とすることができ、スイッチドネットワーク120から各RU106まで利用される帯域幅は、およそN個のPRB $\times$ α とすることができる。

【0076】

例示のダウンリンクブロードキャスト構成に対して、2つの可能な修正を実行することができる。第1の変更では、スイッチドネットワーク120（例えば、ETHERNETまたはIPマルチキャスト機能）におけるスイッチ（または他のネットワーキング機器）によって提供されるマルチキャスト機能が、フロントホールデータを輸送するために使用される。

【0077】

例えば、このようなマルチキャスト修正は、ダウンリンクフロントホールデータに使用され得る。様々なマルチキャストグループを定義することができ、各マルチキャストグループは、所定のセクタにサービスを提供するRU106の異なるサブセットを含む。各RU106は、複数のマルチキャストグループに含まれてもよい（また、通常は含まれるであろう）。スイッチドネットワーク120における関連するスイッチ（または他のネットワーク機器）は、定義されたマルチキャストグループを実装するように構成されている。

【0078】

ダウンリンクフロントホールデータ（例えば、CプレーンまたはUプレーンデータ）を、関連する中央ユニット（すなわち、コントローラ104またはDU105）からRU106の特定のサブセットに伝送する必要がある場合、中央ユニットは、このサブセットに「合致する」マルチキャストグループが存在するかどうかをチェックする。1つの実装では、マルチキャストグループは、当該マルチキャストグループがそのRU106の特定のサブセットにRU106のすべてを含む場合、（たとえ当該マルチキャストグループが、ダウンリンクフロントホールデータがフロントホールを介して伝送されるRU106のサブセットにない他の「余分な」RU106を含むとしても）RU106のサブセットに「合致する」。合致するマルチキャストグループが複数ある場合、RU106のサブセット「と最良に合致する」合致するマルチキャストグループが決定される。RU106のサブセットと最良に合致するように、RU106の総数が最小である合致するマルチキャストグループを検討することができる。RU106の数が最小である複数の合致するマルチキャストグループが存在する場合、それらの複数の合致するマルチキャストグループのうちの1つを選択することができる（例えば、ランダムに選択されるか、または何らかの他のプロセスを使用する）。

【0079】

合致するマルチキャストグループがある場合、関連する中央ユニット（すなわち、コントローラ104またはDU105）は、ダウンリンクフロントホールデータを、データが通信されるRU106のサブセットと最良に合致するマルチキャストグループにマルチキャストする。マルチキャスト送信を使用する場合、関連する中央ユニットをスイッチドネットワーク120に結合するために使用される境界ETHERNETリンクを介してダウンリンクフロントホールデータの単一バージョンのみが伝送される。（標準ETHERNETまたはIPマルチキャストの一部としての）スイッチドネットワーク120におけるスイッチは、必要に応じてダウンリンクフロントホールデータを分散し、それを当該マルチキャストグループに含まれるRU106のすべてに送信する。当該マルチキャストグループのメンバーではないRU106は、当該マルチキャストグループに伝送されるダウンリンクフロントホールデータを受信しないであろう。結果として、当該マルチキャストグループのメンバーではないRU106は、当該RU106で終了する境界ETHERNETリンクの帯域幅を保存する、その対象ではないダウンリンクフロントホールデータを受信しないであろう。

【0080】

マルチキャストがこのように使用される場合、RUIDビットマスクは、マルチキャストされるフロントホールデータに含まれてもよい（ただし、一部の他の実施例では、RUIDビットマスクは、マルチキャストされるフロントホールデータに含まれていない）。スイッチドネットワーク120で使用され得るマルチキャストグループの数は典型的に限定されるため、好適な「合致する」マルチキャストグループがない場合があり得る。この場合、関連する中央ユニット（すなわち、コントローラ104またはDU105）は、上述のように、ダウンリンクフロントホールデータのブロードキャスト伝送を使用し得、RU106は、RUIDビットマスクおよびRUインデックスを使用して、受信されたダウンリンクフロントホールデータを処理すべきかどうかを決定することができる。また、「合致する」マルチキャストグループが、フロントホールデータが対象としていないいくつ

10

20

30

40

50

かの「余分な」RU106を含む場合もあり得る。この場合、中央ユニットは、マルチキャスト伝送を使用して、ダウンリンクフロントホールデータを合致するマルチキャストグループに伝送することができる。この結果として、ダウンリンクフロントホールデータは、フロントホールデータが対象としていないこれらの余分なRU106で受信されるであろう。一部の余分なRU106は、フロントホールデータがフロントホールネットワークを介してマルチキャストされているときに、それらを対象としていないフロントホールデータを受信する場合があるが、マルチキャストは、フロントホールデータがフロントホールネットワークを介してブロードキャストされた場合よりも、依然として、対象としていない（かつ影響を受けているRU106を供給するETHERNETリンクの数が依然として少ない）フロントホールデータを受信するRU106の数が、より少ない結果となる。マルチキャストグループのRU106は、RUidビットマスクおよびRUインデックスを使用して、受信したダウンリンクフロントホールデータを処理すべきかどうかを決定することができる。フロントホールデータが対象としていないマッチングマルチキャストグループの余分なRU106は、それらのRUインデックスが、受信されたダウンリンクフロントホールデータに含まれるRUidビットマスクと合致しないという決定に基づいて、受信されたダウンリンクフロントホールデータを処理しないであろう。

【0081】

マルチキャストグループの初期セットは、スイッチドネットワーク120に対して定義され得、各マルチキャストグループは、RU106の異なるサブセットを含み、各RU106は、複数のマルチキャストグループに含まれ得る（また、通常含まれるであろう）。次に、定期的に、スイッチドネットワーク120で使用されるマルチキャストグループのセットを、（スイッチドネットワーク120が追加のマルチキャストグループに適応することができる場合）に追加するか、または、UEおよびRU106の実際のフロントホールトラフィックフローおよび／または実際の場所を反映するために変更して、それらにサービスを提供することができる。これに関連して、スイッチドネットワーク120で使用されるマルチキャストグループのセットは、最も使用頻度の低いマルチキャストグループを削除し、それらのグループを、それらのサービス提供に使用される最近のフロントホールトラフィックフローならびに／またはUEおよびRU106の最近の場所に基づいて使用される可能性の高いマルチキャストグループと交換することによって、変更され得る。サービス提供に使用されるUEとRU106の場所は、様々な方法、例えば、各RU106のアップリンクにおけるサウンディング参照信号（SR S）、物理アップリンク制御チャネル（PUCCH）、物理アップリンク共有チャネル（PUSCH）および物理ランダムアクセスチャネル（PRACH）測定、UEによって決定される優先ビーム情報、UEから受信したチャネル状態参照信号（CSI-RS）測定レポートを用いて、決定され得る。マルチキャストグループの定義およびスイッチの構成は、エアインターフェース用のスケジューラ（例えば、コントローラ104またはDU105）を実装するエンティティによって、管理システム107によって、またはスケジューラおよび管理システム107を実装するエンティティの組み合わせによって、ならびに他のエンティティによって（独立してまたは前述のエンティティのうちのいずれかと組み合わせで）行うことができる。O-RANのMプレーン通信は、任意の関連する通信（例えば、管理システム107、関連する中央ユニット、およびRU106に、マルチキャストグループの更新されたセットを通知し、スイッチドネットワーク120内のスイッチを構成して、マルチキャストグループの更新されたセットを実装し、またいつマルチキャストグループの更新されたセットの使用を開始するかを、管理システム107、関連する中央ユニット、およびRU106に示すための任意の必要とされる通信）に使用することができる。上述のMプレーン通信アーキテクチャのうちのいずれも（階層的、直接、またはハイブリッド）、このようなMプレーン通信に使用することができる。

【0082】

第2の修正では、フロントホールネットワーク116を実施するために使用されるスイッチドネットワーク120内であるか、またはそれに結合されている1つ以上のエンティ

10

20

30

40

50

ティ１０９（そのうちの１つは図９Ａおよび図９Ｂに示されている）は、ディープパケット検査（ＤＰＩ）を行うように構成されている。こうした各エンティティ１０９はまた、一般的に「ＤＰＩエンティティ」１０９と称される。このようなＤＰＩ構成では、各ＤＰＩエンティティ１０９は、（１）ＲＵｉｄビットマスク６０２を使用して、すべてのリモートユニット１０６についてのＣプレーンデータ（例えば、Ｃセクション６０４）およびＵプレーンデータ（例えば、Ｕセクション６０６）を分析することと、（２）各ＲＵ１０６に、その対象としているデータのみを選択的に送信することと、を行ってもよい。言い換えれば、関連する中央ユニット（すなわち、図９Ａに示す実施例のベースバンドコントローラ１０４または図９Ｂに示す実施例のＤＵ１０５）は、依然として、スイッチドネットワーク１２０に対して、すべてのＲＵ１０６についてのＣプレーンデータ（例えば、Ｃセクション６０４）およびＵプレーンデータ（例えば、Ｕセクション６０６）を送信するが、各ＤＰＩエンティティ１０９は、（ビットマスクを使用して）フィルタリングを実施し、各セクションを、セクションのビットマスクに示されているＲＵ１０６にのみ転送する。各セクションは、そのセクションのビットマスクに示されていないいかなるＲＵ１０６にも転送されず（すなわち、各セクションは、セクションが対象としていないいかなるＲＵ１０６にも転送されない）、これにより、それらのＲＵ１０６で終了する境界ＥＴＨＥＲＮＥＴリンクの帯域幅が保存される。ＤＰＩアプローチは通常、マルチキャストグループアプローチで通常必要とされるものよりもはるかに少ない管理オーバーヘッドを伴う（例えば、ＤＰＩアプローチは、マルチキャストグループの定義および定義されたマルチキャストグループを使用するスイッチの構成を当初およびその後定期的に要求しない）。

【００８３】

各ＤＰＩエンティティ１０９は、ＤＰＩ機能を、ＥＴＨＥＲＮＥＴスイッチの一部として埋め込むことによって実装され得る。さらに、上述のように、ＤＰＩは、１つ以上の他のエンティティで実施され得る（１つ以上のスイッチに加えて、または代わりに１つ以上のエンティティで実施される）。こうした１つ以上の他のエンティティは、Ｏ－ＲＡＮ共有セル提案に関連して上述のフロントホールマネージャ（ＦＨＭ）１２２を含み得る。また、例示を容易にするために単一のＤＰＩエンティティ１０９のみが図９Ａおよび図９Ｂに示されているが、複数のＤＰＩエンティティ１０９が使用され得ることが理解されるべきである。例えば、スイッチドネットワーク１２０は、典型的には複数のスイッチを含むであろう。ＤＰＩが、スイッチドネットワーク１２０のスイッチ内で実施される場合、スイッチドネットワーク１２０の各スイッチにＤＰＩ機能を実装することが好ましくあり得、これは、より効率的なフロントホール帯域幅の使用をもたらし得る。

【００８４】

図６Ｂは、ＤＵ１０５と複数の（Ｍ）ＲＵ１０６との間のフロントホールインターフェースについての例示のアップリンク構成を示すブロック図である。図６Ａと同様に、ＤＵ１０５は、スイッチドネットワーク１２０を介してＲＵ１０６に通信可能に結合されてもよい。示されていないが、ＤＵ１０５はまた、ｎｇ－ｅＮＢ ＣＵ（図示せず）またはｇＮＢ ＣＵ１０３（５Ｇにおける）に通信可能に結合されてもよい。さらに、４Ｇ構成では、ＤＵ１０５は、代わりにベースバンドコントローラ１０４であってもよい。

【００８５】

Ｃ－ＲＡＮ１００では、ＤＵ１０５は、制御プレーンデータ（例えば、Ｃセクション６０４）をＲＵ１０６に送信してもよい。とりわけ、制御プレーンデータは、（ＤＵ１０５に）アップリンク上で送信するＰＲＢをＲＵ１０６に表示することができる。したがって、追加データ（例えば、ＲＵｉｄビットマスク）が、制御プレーン（Ｃプレーン）データに追加されてもよい。例えば、ＤＵ１０５がＣセクション６０４にＣプレーンデータの packets をグループ化する場合、ＤＵ１０５は、上述のように、各Ｃセクション６０４内に（またはそうでなければそれに関連付けられる）ＲＵｉｄビットマスク６０２を含み得る。しかしながら、アップリンクＵプレーンデータ（例えば、Ｕセクション６０６）は、各ＲＵ１０６からＤＵ１０５へのユニキャストであるため、追加データ（例えば、ＲＵｉｄビットマスク６０２）は、アップリンクＵプレーンデータ（Ｕセクション６０６）に必要

とされない。帯域幅の利用率は、 $O-RAN1.0$ の実装（マイナーなCプレーンのオーバーヘッド差を伴う）と同じであってもよく、すなわち、スイッチドネットワーク120からDU105へのおよそN個のPRB×M個のRU× α 、および各RU106からスイッチドネットワーク120へのおよそN個のPRBである。

【0086】

図6Aでは、CプレーンおよびUプレーンの両方のデータは、上述の拡張フロントホールインターフェースモードおよびブロードキャスト方式を使用して、フロントホールを介して通信されているものとして示されている。しかしながら、所与の伝送時間間隔(TTI)について、異なるパケットを異なる方法で伝送することができる。すなわち、所与のTTIについては、一部のパケットは、ユニキャスト伝送を使用して送信され得、一部の10パケットは、ブロードキャスト伝送を使用して送信され得、もし使用された場合、一部のパケットは、マルチキャスト伝送を使用して伝送され得る。例えば、同じUプレーンパケットがフロントホールを介して複数のRU106（ブロードキャストを使用してRU106のすべて、またはマルチキャストを使用してRU106のサブセットのいずれかに）に通信されるが、別個の異なるCプレーンメッセージ（およびCプレーンパケット）がフロントホールを介してRU106の各々に通信される、という実例があり得る。これらの異なるCプレーンメッセージは、例えば、共通Uプレーンパケット内で通信されるUプレーンデータを処理する際に使用される異なるビームフォーミングまたはプリコーダ情報を指定することができる。

【0087】

図7は、 $C-RAN100$ のフロントホールインターフェースを介してデータを送信するための方法700を示すフロー図である。方法700は、DU105（5G構成）またはベースバンドコントローラ104（4G構成）の少なくとも1つのプロセッサによって実施されてもよい。DU105（またはベースバンドコントローラ104）は、スイッチドネットワーク120を介して複数の(M)RU106に通信可能に結合されてもよい。DU105（またはベースバンドコントローラ104）およびRU106は、 $C-RAN100$ を形成してもよい。

【0088】

図7に示すフロー図のブロックは、説明を容易にするために概して連続的な様式で配置されているが、この配置は単に例示的なものであることが理解されるべきであり、方法700（および図7に示すブロック）に関連する処理は、異なる順番（例えば、ブロックに関連する少なくとも一部の処理が並列および／またはイベント駆動様式で実施される場合）で発生し得ることが認識されるべきである。また、ほとんどの標準的な例外処理は、説明を容易にするために記述されていないが、方法700は、そのような例外処理をすることができ、また典型的にはそのような例外処理を含むであろうことが理解されるべきである。

【0089】

方法700は、ステップ702で開始してもよく、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、 $C-RAN100$ のフロントホールインターフェースにわたって複数のリモートユニット(RU)106に送信されるべきデータのセットを決定する。データの各セットは、制御プレーン(Cプレーン)データおよび／またはユーザプレーン(Uプレーン)データを含み得る。Cプレーンデータは、少なくとも1つのCセクション604で送信されてもよく、各々は、I/Qデータの少なくとも1つのパケット、および任意選択的に、I/Qデータが（少なくとも1つのRU106によって）エアにわたって送信されるべき少なくとも1つの物理リソースブロック(PRB)の表示を含む。Uプレーンデータは、少なくとも1つのUセクション606で送信されてもよく、各々は、I/Qデータの少なくとも1つのパケット、および任意選択的に、I/Qデータが（少なくとも1つのRU106によって）エアにわたって送信されるべき少なくとも1つの物理リソースブロック(PRB)の表示を含む。

【0090】

方法700は、ステップ704に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、複数のRU106のうちの少なくとも1つへのデータのセットの各々のマッピングを決定する。このマッピングは、PRBグループ、周波数再利用層、および／またはそれぞれのデータのセットが関連するチャンネル（複数可）に基づいてもよい。

【0091】

上述のように、PRBグループ化はすべて、UE110のセットにサービスを提供するために、スケジューラによって作成される（5GではDU105もしくはCU103、または4Gではベースバンドコントローラ104のL2処理）。UE110は、その需要に基づき、また公正さおよび他の要因を考慮に入れて、一定の数のPRBグループを割り当てられている。RU106のセットは、RU106へのUE110の近接性に関する知識に基づいて、異なるこのようなPRBグループに割り当てられる。この知識は、アップリンク測定、UE110フィードバック情報などを通じてスケジューラによって得ることができる。PRBグループを使用する場合、特定のRU106は、そのRUの属するPRBグループの packets にのみ使用される。

【0092】

再利用層はすべて、例えば、アップリンク測定、UE110フィードバック情報などから、UE110のRU106への近接性に関する知識に基づいて、UE110のセットにサービスを提供するために、スケジューラ（5GではDU105もしくはCU、または4Gではベースバンドコントローラ104でL2処理）によって生成される。ダウンリンクでは、周波数の再利用は、複数のグループを利用し、その各々は、同時に同じ周波数で異なるUE110へ送信する（ここで、再利用層内の各RU106が、他の再利用層（複数可）の各RU106から十分にRF分離されている）ためのそれぞれ少なくとも1つのRU106を含む。アップリンク上で、複数のUE110の各々は、同時に同じ周波数で少なくとも1つのRU106の異なる再利用層に送信することができる（ここで、再利用層内の各RU106が、他の再利用層（複数可）の各RU106から十分にRF分離されている）。

【0093】

上述のように、以下の伝送タイプを使用してもよい。（1）一部のチャンネルおよび参照信号（例えば、物理ダウンリンク共有チャンネル（PDSCH）、物理ダウンリンク制御チャンネル（PDCCH）、復調参照信号（DMRS）、および位相追跡参照信号（PTRS）など）について、異なるデータセットを異なるRU106にナローキャストする、（2）共通チャンネルおよび参照信号（例えば、物理ブロードキャストチャンネル（PBCH）およびPDCCH（4Gおよび任意選択的に5Gの場合）など）をすべてのRU106にブロードキャストする、ならびに（3）一部のチャンネルまたは参照信号（例えば、チャンネル状態情報参照信号（CSI-RS）グループ1またはCSI-RSグループ2など）をユニキャストまたはナローキャストする。したがって、データの異なるセットを、同じDU105によってサービスを提供されるRU106の異なるセットにマッピングしてもよい。

【0094】

方法700は、ステップ706に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、マッピングに基づいて、各データのセットにインジケータを追加し、各インジケータは、各RU106にそれぞれのデータのセットが対象としていることを示す。

【0095】

例えば、各インジケータは、複数のRU106の各々に対してビットを有するRU id ビットマスク602であってもよく、ここで、各ビット位置は、RU106に対応する。言い換えれば、各RU id ビットマスク602は、DU105、CU103、またはベースバンドコントローラ104に接続されたRU106の数と少なくとも同じ数のビットを有してもよい。RU id ビットマスク602の任意の特定のビットが（例えば、「1」に）設定されている場合、データのセット（例えば、Cセクション604および／またはUセクション606）がセットビットに対応する特定のRU106によって受信されることを対象としていることを特定する。複数のビット（各々が異なるRU106に対応する）

、またはすべてのビットが、R U i dビットマスク602に設定されてもよい。

【0096】

各インジケータは、それぞれのデータのセットに含まれ得る（またはそうでなければ関連付けられ得る）。Cセクション604およびUセクション606が、それぞれ制御プレーンデータおよびユーザプレーンデータを送信するために使用される構成では、R U i dビットマスク602は、各Cセクション604およびUセクション606の内部に含まれ得る。代替的に、追加データ（例えば、R U i dビットマスク）は、何らかの他の方法で（例えば、付加される）CプレーンデータおよびUプレーンデータと関連付けられてもよい。

【0097】

方法700は、ステップ708に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、それぞれのインジケータを各々が有するデータのセットを、複数のR U 106にブロードキャストする。例えば、すべてのパケットは、フロントホールインターフェースを介して、D U 105またはベースバンドコントローラ104からすべてのR U 106へと（例えば、E T H E R N E Tを介して）ブロードキャストされてもよい。次に、各R U 106は、（それぞれのR U 106に対応するR U i dビットマスク602のビットが設定されているかどうかを決定することによって）すべてのセクションを復号化することなく、パケットのグループ化が対象とされているかどうかを識別することができる。例えば、R Uのビットが「1」に設定されている場合、R U 106は、データのセットを復号化するであろう。しかしながら、R Uのビットが0に設定されている場合、R U 106は、データのセ

【0098】

方法700は、任意選択的なステップ710に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、ブロードキャストされたデータのセットのうちの少なくとも1つに指定されたP R B上のアップリンクデータを受信する。例えば、ステップ708でブロードキャストされたデータのセットは、アップリンク信号（P R B）をアップリンクで送り返すR U 106に命令する、1つ以上のR U 106へのコマンドを含み得る。この場合、任意選択的なステップ710は、要求されたアップリンク信号を送り返すR U 106を含む。

【0099】

一部の構成では、複数のR U 106は、（1）R U 106の寄与が「結合される」、すなわち、協同的な受信であること、または（2）R U 106がR F分離を有し、同じP R Bが異なるU E 110、すなわち、再利用に割り当てられていることのいずれかであるため、同じP R Bの情報を送り返してもよい。

【0100】

図8は、C-RAN100のフロントホールインターフェースを介してデータを送信するための方法800を示すフロー図である。方法800は、R U 106の少なくとも1つのプロセッサによって実施されてもよい。R U 106は、スイッチドネットワーク120を介してD U 105（5G構成における）またはベースバンドコントローラ104（4G構成における）に通信可能に結合された、複数の（M個の）R U 106のうちの1つであってもよい。R U 106およびD U 105（またはベースバンドコントローラ104）は、C-RAN100を形成してもよい。

【0101】

図8に示すフロー図のブロックは、説明を容易にするために概して連続的な様式で配置されているが、この配置は単に例示的なものであることが理解されるべきであり、方法800（および図8に示すブロック）に関連する処理は、異なる順番（例えば、ブロックに関連する少なくとも一部の処理が並列および／またはイベント駆動様式で実施される場合）で発生し得ることが認識されるべきである。また、ほとんどの標準的な例外処理は、説明を容易にするために記述されていないが、方法800は、そのような例外処理をすることができ、また典型的にはそのような例外処理を含むであろうことが理解されるべきである。

10

20

30

40

50

【0102】

方法800は、ステップ802で開始してもよく、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、C-RAN100のRU106を対象としているデータのセットを受信する。実施例では、データのセットのうちの少なくとも一部は、方法800を実装するRU106を対象としていない。データの各セットは、制御プレーン（Cプレーン）データおよび／またはユーザプレーン（Uプレーン）データを含み得る。Cプレーンデータは、少なくとも1つのCセクション604で送信されてもよく、各々は、I/Qデータの少なくとも1つのパケット、および任意選択的に、I/Qデータが（少なくとも1つのRU106によって）エアにわたって送信されるべき少なくとも1つの物理リソースブロック（PRB）の表示を含む。Uプレーンデータは、少なくとも1つのUセクション606で送信されてもよく、各々は、I/Qデータの少なくとも1つのパケット、および任意選択的に、I/Qデータが（少なくとも1つのRU106によって）エアにわたって送信されるべき少なくとも1つの物理リソースブロック（PRB）の表示を含む。

10

【0103】

各データのセットは、それぞれのデータのセットが対象としている少なくとも1つのRU106を示す、関連インジケータ（例えば、ビットマスク）を有してもよい。例えば、各インジケータは、複数のRU106の各々に対してビットを有するRUidビットマスク602であってもよく、ここで、各ビット位置は、RU106に対応する。

【0104】

方法800は、ステップ804に進み得、ここで、各データのセットについて、少なくとも1つのプロセッサは、それぞれのインジケータが、セットがRU106を対象としているかどうかを示すかどうかに基づいて、セットを解釈および処理する。RUidビットマスク602の任意の特定のビットが（例えば、「1」に）設定されている場合、データのセット（例えば、Cセクション604および／またはUセクション606）がセットビットに対応する特定のRU106によって受信されることを対象としていることを特定する。例えば、RUのビットが「1」に設定されている場合、RU106は、データのセットを復号化して処理するであろう。しかしながら、RUのビットが0に設定されている場合、RU106は、データのセットを復号化して処理しない。

20

【0105】

方法800は、任意選択的なステップ806に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、受信したデータのセットのうちの少なくとも1つに指定されたPRB上のアップリンクデータを送信する。例えば、ステップ802で受信された（例えば、DU105から）データのセットが、どのアップリンク信号（PRB）をDU105へ送り返すべきかを、RU106に指示する方法800（また、おそらくはより多くのRU106）を実装するRU106へのコマンドを含んでいる場合、任意選択的なステップ806は、要求されたアップリンク信号を送り返すRU106を含む。

30

【0106】

一部の構成では、複数のRU106は、（1）RU106の寄与が「結合される」、すなわち、協同的な受信であること、または（2）RU106がRF分離を有し、同じPRBが異なるUE110、すなわち、再利用に割り当てられていることのいずれかであるため、同じPRBの情報を送り返してもよい。

40

【0107】

図10は、マルチキャスト送信およびマルチキャストグループ（可能な場合）を使用し、C-RAN100のフロントホールインターフェースおよびフロントホールネットワークにわたってデータを送信するための方法1000を示すフロー図である。以下に記載される場合を除き、方法1000は、方法700と同一であり、上記に記載される方法700の対応する説明はまた、方法1000に適用され、簡潔さのためにここで概して繰り返されない。

【0108】

方法1000は、ステップ702で開始してもよく、ここで、少なくとも1つのプロセ

50

ッサは、C-RAN100のフロントホールインターフェースにわたって複数のリモートユニット(RU)106に送信されるべきデータのセットを決定する。これは、図7に関連して上述したように行うことができる。

【0109】

方法1000は、ステップ704に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、複数のRU106のうちの少なくとも1つへのデータのセットの各々のマッピングを決定する。すなわち、データのセットの各々は、RU106のサブセットにマッピングされ、ここで、RU106のかかる各サブセットは、1つ以上のRU106を含む。これは、図7に関連して上述したように行うことができる。

【0110】

方法1000は、任意選択的なステップ706に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、マッピングに基づいて、各データのセットにインジケータを追加し、各インジケータは、各RU106にそれぞれのデータのセットが対象としていることを示す。これは、図7に関連して上述したように行うことができる。このステップ706は、方法1000で任意選択的である。

【0111】

方法1000は、ステップ1008に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、データのセットの各々について、マルチキャストグループのうちの少なくとも1つが、当該データのセットにマッピングされたリモートユニット106のそれぞれのサブセットに合致するかどうかを決定する。当該データのセットにマッピングされたリモートユニット106のそれぞれのサブセットに合致する少なくとも1つのマルチキャストグループがあるデータのセットの各々について、方法1000は、ステップ1010に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、当該データのセットにマッピングされたリモートユニットのそれぞれのサブセットと最良に合致するマルチキャストグループに、そのデータのセットをマルチキャストすることによって、フロントホールネットワークを介して、当該データのセットをリモートユニットのそれぞれのサブセットに伝送する。マルチキャスト送信を使用する場合、関連する中央ユニットをスイッチドネットワーク120に結合するために使用される境界ETHERNETリンクを介してダウンリンクフロントホールデータの単一バージョンのみが伝送される。(標準ETHERNETまたはIPマルチキャストの一部としての)スイッチドネットワーク120におけるスイッチは、必要に応じてダウンリンクフロントホールデータを複製し、それを当該マルチキャストグループに含まれるRU106のすべてに送信する。当該マルチキャストグループのメンバーではないRU106は、当該マルチキャストグループに伝送されるダウンリンクフロントホールデータを受信しないであろう。結果として、当該マルチキャストグループのメンバーではないRU106は、当該RU106で終了する境界ETHERNETリンクの帯域幅を保存する、その対象ではないダウンリンクフロントホールデータを受信しないであろう。

【0112】

当該データのセットにマッピングされたリモートユニット106のそれぞれのサブセットに合致するマルチキャストグループがないデータのセットの各々について、方法1000は、ステップ1012に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、図7のブロック708に関連して上述したように、当該データのセットをリモートユニット106のすべてにブロードキャストする。

【0113】

任意選択的なステップ706を実施する場合、こうしたデータの各セットは、場合によっては、それぞれのインジケータを使用してマルチキャストまたはブロードキャストされる。データのセットに含まれるインジケータは、データのセットを受信する各RU106によって使用され、当該データのセットが上述のように対象としているかどうかを決定することができる。例えば、データのセットが、余分なRU106を有するマルチキャストグループにマルチキャストされる場合、それらの余分なRU106は、データのセットに含まれるインジケータを使用して、データのセットが対象としていないと決定することが

10

20

30

40

50

できるであろう。同様に、データのセットがRU106のすべてにブロードキャストされる場合、インジケータは、説明された様式で当該データのセットが対象としているかどうかを決定するために、RU106の各々によって使用されてもよい。

【0114】

上述のように、1つの実装では、マルチキャストグループは、そのマルチキャストグループがそのRU106の特定のサブセットにRU106のすべてを含む場合、（たとえ当該マルチキャストグループが、フロントホールデータがフロントホールを介して伝送されるRU106のサブセットにない他の余分なRU106を含むとしても）RU106のサブセットに「合致する」。複数の合致するマルチキャストグループが存在する場合、RU106のサブセットと最良に合致するマルチキャストグループは、合致するマルチキャストグループの各々に含まれるRU106の総数に基づいて決定され得る。RU106のサブセットと最良に合致するように、RU106の総数が最小である合致するマルチキャストグループを検討することができる。RU106の数が最小である複数の合致するマルチキャストグループが存在する場合、それらの複数の合致するマルチキャストグループのうちの1つを選択することができる（例えば、ランダムに選択されるか、または何らかの他のプロセスを使用する）。

【0115】

上述のように、スイッチドネットワーク120についてのマルチキャストグループの初期セットが定義され、スイッチドネットワーク120におけるスイッチは、マルチキャストグループの初期セットを実装するように構成されている。次に、上述のように、定期的に、スイッチドネットワーク120で使用されるマルチキャストグループのセットを、（スイッチドネットワーク120が追加のマルチキャストグループに適応することができる場合）に追加するか、または、UEおよびRU106の実際のフロントホールトラフィックフローおよび／または実際の場所を反映するために変更して、それらにサービスを提供することができ、スイッチドネットワーク120におけるスイッチは、更新されたマルチキャストグループのセットを実装するように構成されてもよい。

【0116】

図11は、上述の第2の修正を使用して、C-RAN100のフロントホールインターフェースを介してデータを送信するための方法1100を示すフロー図である。上述の第2の修正を使用する場合、ディープパケット検査が使用される。方法1100は、部分的に、DU105（5G構成における）またはベースバンドコントローラ104（4G構成における）の少なくとも1つのプロセッサによって、および部分的に、ディープパケット検査を実施するエンティティ（例えば、ETHERNETスイッチ、またはO-RAN共有セル提案に関連して上述したフロントホールマネージャ（FHM）などの別のエンティティ）によって実装されてもよい。

【0117】

以下に記載される場合を除き、方法1100は、方法700と同一であり、上記に記載される方法700の対応する説明はまた、方法1100に適用され、簡潔さのためにここで概して繰り返されない。

【0118】

方法1100は、ステップ702で開始してもよく、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、C-RAN100のフロントホールインターフェースにわたって複数のリモートユニット（RU）106に送信されるべきデータのセットを決定する。これは、図7に関連して上述したように行うことができる。

【0119】

方法1100は、ステップ704に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、複数のRU106のうちの少なくとも1つへのデータのセットの各々のマッピングを決定する。すなわち、データのセットの各々は、RU106のサブセットにマッピングされ、ここで、RU106のかかる各サブセットは、1つ以上のRU106を含む。これは、図7に関連して上述したように行うことができる。

【0120】

方法1100は、ステップ706に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、マッピングに基づいて、各データのセットにインジケータを追加し、各インジケータは、各RU106にそれぞれのデータのセットが対象としていることを示す。これは、図7に関連して上述したように行うことができる。より具体的には、フロントホールデータがパケット内でフロントホールネットワークを介して通信される、本明細書に記載される実施例では、インジケータは、マッピングに基づいて、データの各セットのパケットに追加され、ここで、各こうしたインジケータは、それぞれのパケットおよびデータのセットが対象としている各リモートユニットを示す。

【0121】

方法1100は、ステップ1108に進み得、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、フロントホールネットワークを介して、各々がそれぞれのインジケータを有するデータのセットについてのパケットをDPIエンティティ109に送信する。方法1100は、ステップ1110に進み得、ここで、DPIエンティティ109は、パケットが対象としている各リモートユニット106を決定するために、受信されたパケットの各々に対してディープパケット検査を実施するように構成されており、またステップ1112に進み得、ここで、DPIエンティティ109は、フロントホールネットワークを介してパケットが対象としているリモートユニット106の各々に各パケットを通信するように構成されている。

【0122】

これを行った結果として、各パケットは、そのパケットが対象としていないRU106には転送されず、それによって、それらのRU106で終了する境界ETHERNETリンクの帯域幅が保存される。上述のように、方法1100は、方法1000に必要な管理オーバーヘッドを必要としない（例えば、方法1100は、初期および周期的に、定義されたマルチキャストグループを使用するためのマルチキャストグループの定義およびスイッチの構成を必要としない）。

【0123】

図12は、フロントホールネットワーク116上で各コントローラ104（または5GCU103またはDU105）と関連付けられた無線ユニット106との間でI/Qデータを通信するのに好適なプロトコルスタック1200の一例を示すブロック図である。コントローラ104（またはCU103またはDU105）および各関連する無線ユニット106は、それぞれ、プロトコルスタック1200を実装する、それぞれの信号処理ピアエンティティ1202および1204を実装する。

【0124】

図12に示すように、プロトコルスタック1200の最上位層は、コントローラ104（またはCU103またはDU105）と各無線ユニット106との間のフロントホール116を介してI/Qデータを通信するために使用される、アプリケーション層プロトコル1206を含む。上述のように、フロントホール116を介して通信されるI/Qデータは、セル108の無線インターフェースを実装するために実施されるデジタル信号処理で使用される。

【0125】

この実施例では、アプリケーション層プロトコル1206はまた、本明細書では、「スイッチドI/Q DSPアプリケーションプロトコル」または「SwIQ-DAP」層1206と称される。多くの異なるタイプのI/Qデータが、フロントホール116を介してコントローラ104（またはCU103またはDU105）と各無線ユニット106との間で通信され得るため、I/Qデータは、図13Aに示されるタイプ長さ値（TLV）要素1300を使用して通信される。

【0126】

図13Aは、ETHERNETパケット534、インターネットプロトコル（IP）パケット1330、SwIQ-DAPプロトコルデータユニット（PDU）1308、TL

10

20

30

40

50

V要素1300、およびSwIQ-DAPヘッダ1310内のフィールドの一例を示すブロック図である。図13Aおよび図13Bは、様々なパケット、PDU、ヘッダなどに含まれる可能性のあるすべてのフィールドを含まない。各TLV要素1300は、当該要素1300に含まれるI/Qデータのタイプおよびフォーマットを識別するタイプフィールド1302、当該要素1300の長さを識別する長さフィールド1304、および当該要素1300のデータまたはペイロードを含む値フィールド1306を含む。タイプフィールド1302および長さフィールド1304は、固定長を有するが、値フィールド1306の長さは、変化し得る。

【0127】

この実施例では、図13Aに示すように、1つ以上のTLV要素1300が、単一のSwIQ-DAPプロトコルデータユニット(PDU)1308と一緒に組み合わせられる。こうしたSwIQ-DAP PDU1308の各々は、ヘッダ1310と、1つ以上のTLV要素1300(その数は、SwIQ-DAP PDU1308に対して指定される最大伝送ユニット(MTU)サイズに依存する)を含むペイロード1312と、を含む。この実施例では、SwIQ-DAPヘッダ1310は、PDU1308の送信元を識別するために使用される、ソース識別子フィールド1314を含む。各セル108にサービスを提供するコントローラ104(またはCU103またはDU105)が1つのみである、一実施例では、ソース識別子フィールド1314は、(複数のRU106がこのようなPDU1308をコントローラ104(またはCU103またはDU105)に送信することができるので)どのRU106が1つのコントローラ104(またはCU103またはDU105)にSwIQ-DAP PDU1308を送信したかを識別するために、アップリンクデータのためにのみ使用されるが、(セル108にサービスを提供するコントローラ104(またはCU103またはDU105)が1つしかないため)コントローラ104から送信されるダウンリンクSwIQ-DAP PDU1308については定義されないままである。複数のコントローラ104(またはDU105またはCU103)が各セル108にサービスを提供する別の実施例では、ソース識別子フィールド1314を使用して、どのRU106が各アップリンクSwIQ-DAP PDU1308をコントローラ104に送信したかを識別し、どのコントローラ104(またはCU103またはDU105)が各ダウンリンクSwIQ-DAP PDU1308を1つ以上のRU106に送信したかを識別する。一部の実施例では、SwIQ-DAPヘッダ1310は、固定サイズを有しない。

【0128】

この実施例では、SwIQ-DAPヘッダ1310はまた、SwIQ-DAPについてのバージョン番号を識別するバージョン番号フィールド1316、当該PDU1308に含まれるTLV要素1300の数を指定する多くのTLVフィールド1318、当該PDU1308の伝送シーケンス番号を指定するシーケンス番号1320、当該PDU1308の長さを指定する長さフィールド1322、および当該PDU1308がいつ送信されたかを指定するタイムスタンプを含むタイムスタンプフィールド1324を含む。この実施例では、SwIQ-DAPヘッダ1310はまた、アプリケーション層レベルで無線ユニット106のマルチキャストグループを指定するために使用され得る、アプリケーション層のマルチキャストアドレスフィールド1326を含む。これは、図3に関連して上述したように行うことができ、アプリケーション層のマルチキャストアドレスフィールド1326の各ビット位置は、それぞれの無線ユニット106と関連付けられており、関連するダウンリンクI/Qデータが当該無線ユニット106を対象としている場合、当該ビット位置が設定され、関連付けられたダウンリンクI/Qデータが当該無線ユニット106を対象としていない場合、当該ビット位置が消去される。SwIQ-DAPヘッダ1310の実際の実装は、それらのうちのすべてよりも少ない(または含まない)場合があるため、要素1314~1326は任意選択的であることに留意されたい。

【0129】

一部の構成では、SwIQ-DAPヘッダ1310は、RU idビットマスク602を

10

20

30

40

50

含み得る。例えば、R U i dビットマスク602は、S w I Q-D A Pヘッダ1310に関連付けられたペイロード1312を復号化および／または送信するために必要なR U 106を示してもよい。ディープパケット検査中、D P Iエンティティ109は、R U i dビットマスク602を1つ以上のビットパターンと比較（例えば、ビットごとのAND）して、E T H E R N E Tパケット1334の少なくとも一部分を宛先R U（複数可）106に転送するかどうかを決定し得る。

【0130】

任意選択的に、R U i dビットマスク602は、U D Pペイロード1328の最初のX（例えば、64、128など）バイト内にある必要があり、その場合、S w I Q-D A Pヘッダ1310のうちの少なくとも一部は、U D Pペイロードの最初のXバイトに位置するであろう。この制約は、ディープパケット検査を実施する（フロントホールネットワーク116における）E T H E R N E Tスイッチの少なくとも1つのプロセッサに基づいて任意選択的に実装される。例えば、少なくとも1つのプロセッサが、U D Pペイロード1328の64バイトの深さを分析しても、システムのレイテンシ要件を依然として満たすことができる場合、R U i dビットマスク602は、U D Pペイロード1328の最初の64バイト内にあるべきである。しかしながら、D P Iエンティティ109内の少なくとも1つのプロセッサが、U D Pペイロード1328の128バイトの深さを分析しても、システムのレイテンシ要件を依然として満たすことができる場合、R U i dビットマスク602は、U D Pペイロード1328の最初の128バイト内に留まることだけを要求され得る。言い換えれば、U D Pペイロード1328におけるR U i dビットマスク602の位置決めに課せられる正確な要件は、ディープパケット検査を実施する少なくとも1つのプロセッサの限界に基づいていてもよい。代替的に、または追加的に、R U i dビットマスク602は、E T H E R N E Tペイロード1338の最初のX（例えば、64、128など）バイト内にある必要があり、その場合、S w I Q-D A Pヘッダ1310のうちの少なくとも一部は、E T H E R N E Tペイロード1338の最初のXバイトに位置するであろう。したがって、それがS w I Q-D A Pヘッダ1310の最後に示されているにもかかわらず、R U i dビットマスク602は、S w I Q-D A Pヘッダ1310内に異なって配置され得る。

【0131】

図12に示すように、プロトコルスタック1200の次の層は、任意選択的なユーザデータグラムプロトコル（U D P）層1208および任意選択的なインターネットプロトコル（I P）層1210を含み、それを介して、I Pパケットにカプセル化されたU D Pデータグラム（または「U D Pパケット」）は、コントローラ104（またはC U 103またはD U 105）と無線ユニット106との間で通信され得る。図13Aでは、各S w I Q-D A P P D U 1308が、マルチキャストI Pパケット1330のペイロード1340にカプセル化されているU D Pデータグラムとして伝送されているものとして示されている。各I Pパケット1330はまた、I Pヘッダ1332およびU D Pヘッダ1333を含むものとして示されているが、I Pヘッダ1332および／またはU D Pヘッダ1333は、一部の構成に含まれていない場合がある。

【0132】

I Pヘッダ1332は、ソースI Pアドレス1348、宛先I Pアドレス1350、ならびに／またはI Pペイロード1340（例えば、U D P、伝送制御プロトコル（T C P）など）のタイプおよびフォーマットを示す、I Pタイプ1352のフィールドを含んでもよい。一部の構成では、I Pヘッダ1332は、追加的または代替的に、マルチキャストI Pアドレスを含み得る。一部の構成では、D P Iエンティティ109は、ディープパケット検査中にI Pヘッダ1332を分析して、I Pペイロード1340がU D Pデータグラムを含むかどうかを決定し得る。

【0133】

U D Pヘッダ1333は、ソースポート1354および／または宛先ポート1356を含み得る。一部の実施例では、各ポートは、16ビットフィールドであってもよい。一部

10

20

30

40

50

のUDPポート番号は、特定の標準機能用に予約されている場合があるが、他のUDPポート番号は、アプリケーション固有の目的に合わせてカスタマイズされ得る。一部の構成では、DPIエンティティ109は、Ruidビットマスク602が特定のバイトオフセットに存在するかどうかを識別する（時には、パケットタイプを区別するために複数のポートも使用することができる）ために、UDP宛先ポート1356がUDPポート番号の所定の範囲にあるかどうか（またはUDP宛先ポート1356が所定のUDPポート番号と等しいかどうか）を決定するために、ディープパケット検査中にUDPヘッダ1333を分析することができる。言い換えれば、一部の構成では、DPIエンティティ109は、Ruidビットマスク602が、UDPヘッダ1333からのUDPペイロード1328内の特定のバイトオフセットに位置することを知るために、特定のUDP宛先ポート1356を識別し得る。例えば、UDP宛先ポート1356が所定の範囲内であるか、または所定の値（例えば、0x2222）と等しい場合、DPIエンティティ109は、特定のオフセットでバイト（複数可）をRuidビットマスク602として解釈することができる。この実施例では、UDP宛先ポート1356が所定の範囲内でない場合、または所定の値（例えば、0x2222）と等しくない場合、DPIエンティティ109は、転送する前に特定のオフセットでバイト（複数可）をRuidビットマスク602として解釈しない。

【0134】

上述のように、フロントホール116は、標準スイッチドETHERNETネットワーク120を使用して実装される。したがって、プロトコルスタック1200の最低層（データリンク層）は、ETHERNET層1212（図12に示す）であり、それを介して、ETHERNETパケット1334（図13Aに示す）が、コントローラ104（またはCU103またはDU105）と無線ユニット106との間で、ETHERNETネットワーク120を介して通信される。図13Aに示すように、各ETHERNETパケット1334は、標準ETHERNETヘッダ1336およびペイロード1338を含む。ETHERNETヘッダ1336は、ETHERNETソースアドレス1342、ETHERNET宛先アドレス1344、任意選択的なVLANタグ（図示せず）、任意選択的なVLANヘッダ（図示せず）、および／またはETHERNETタイプ1346のフィールドを含み得る。ETHERNETタイプ1346のフィールドは、例えば、IPパケット1330または何らかの他のプロトコルによるペイロードなどのETHERNETペイロード1338のタイプおよびフォーマットを示し得る。一部の構成では、ETHERNETヘッダ1336は、ディープパケット検査中に分析されて、ETHERNETペイロード1338がIPパケット1330を含むかどうかを決定することができる。ETHERNETタイプ1346がIPではない他の構成では、ETHERNETタイプ1346は、Ruidビットマスク602がETHERNETヘッダ1336からの特定のバイトオフセットに存在することを示す、予約された所定の値であってもよい。1つ以上のIPパケット1330を、各ETHERNETパケット1334のペイロード1338内にカプセル化することができる。

【0135】

プロトコルスタック1200は、（従来の同期CPRIポイントツーポイントリンクの代わりに）標準スイッチドETHERNETネットワーク120を使用して、I/QフロントホールデータをCRAN100のフロントホール116を介して通信することができるように構成されている。UDP、IP、およびETHERNET層1208、1210、および1212（例えば、ポート番号、IPマルチキャストグループ、VLAN、およびパケットタグ付け）によって提供される様々な標準機能を使用して、フロントホール116の要件を満たすことを助けることができ、一方で、アプリケーション層1202に実装される追加機能が、必要に応じて使用される。

【0136】

図13Bは、ETHERNETパケット534、SwIQ-DAPプロトコルデータユニット(PDU)1308、TLV要素1300、およびSwIQ-DAPヘッダ131

10

20

30

40

50

0内のフィールドの一例を示すブロック図である。図13Bの実施例は、いくつかの差異があるが、図13Aの実施例に示されているのと同じフィールドの多くを含む。

【0137】

具体的には、図13Bの実施例は、図13Bの実施例が、図13AからのIPパケット1330またはUDPデータグラム(IPペイロード1340における)を実装せずに、ETHERNETペイロード1338のSWIQU-DAPプロトコルデータユニット(PDU)1308を示すために、図13Aの実施例とは異なる。この場合、ディープパケット検査を別のフィールド上で実施することができる。例えば、ETHERNETタイプ1346は、SWIQUパケットが存在するカスタマイズされたタイプであってもよい。O-RAN仕様は現在、拡張共通パブリック無線インターフェース(EC-PR1)を介してI/Q輸送をサポートしている。

10

【0138】

他の実施例(図13Bには示さず)では、IPパケット1330は、IPヘッダ1332を有して実装されてもよいが、その内部にUDPデータグラムを実装しなくてもよい。これらの構成では、UDPの代わりに、別のタイプのヘッダが使用され得る。

【0139】

図14Aは、フロントホールネットワーク116におけるディープパケット検査のための例示的な構成を示すブロック図である。フロントホールネットワーク116は、1つ以上のスイッチ(複数可)、ルーター(複数可)、および/または他のネットワークングデバイス(複数可)を含む、ETHERNETネットワークとして実装されてもよい。具体的には、フロントホールネットワーク116は、アグリゲーションスイッチ111、および任意選択的に少なくとも1つのスイッチ113を含む。アグリゲーションスイッチ111は、少なくとも1つのスイッチ113と、BC104/DU105/CU103と称される少なくとも1つのベースバンドコントローラ104(4G)またはDU105またはCU(5G)との間でデータを輸送することができる。例えば、アグリゲーションスイッチ111は、BC(複数可)104/DU(複数可)105/CU(複数可)103からダウンリンクETHERNETパケット1334を受信し、それらの少なくとも一部分をスイッチ(複数可)113に選択的に転送してもよい。他の構成では、アグリゲーションスイッチ111は、(介在するスイッチ113なしで)RU106に直接的に転送してもよい。

20

30

【0140】

一部の構成では、スイッチ113は、デ이지チェーン接続され、単一のスイッチ113のみが、アグリゲーションスイッチ111に結合される。代替的に、複数のスイッチ113が、アグリゲーションスイッチ111に結合されてもよい。さらに、フロントホールネットワーク116は、任意の数のアグリゲーションスイッチ111および/または任意選択的なスイッチ113を使用して実装されてもよい。一部の構成では、データは、I/Qデータおよび/または「タイミングおよび管理」(TM)データとして、アグリゲーションスイッチ111とスイッチ113との間で輸送されてもよい。

【0141】

アグリゲーションスイッチ111および/またはスイッチ113のうちの1つ以上は各々、DPIエンティティ109を含んでもよい。スイッチ113のうちの少なくとも1つがDPIエンティティを含む場合、スイッチ113は、互いに通信することができるはずである。各DPIエンティティ109は、少なくとも1つのメモリに記憶され、かつ本明細書に記載されるディープパケット検査機能を実施するために実行可能である、少なくとも1つのプロセッサ実行命令を使用して実装されてもよい。ディープパケット検査中、(例えば、ETHERNETスイッチ内の)DPIエンティティ109は、存在する場合、RUidビットマスク602を見て、ETHERNETパケット1334(例えば、ダウンリンクI/Qパケット1308)を意図されたRU(複数可)106に転送するかどうかを決定する。RUidビットマスク602は、例えば、32ビット、64ビット、128ビットなど、C-RAN100内の多くのRU106を収容するのに好適な任意の長さで

40

50

あってもよい。

【0142】

一部の構成では、（例えば、ETHERNETパケット1334の最初のXバイト内の）SWIQ-DAPヘッダ1310のRUIDビットマスク602は、所定のビットパターンと比較して、ETHERNETパケット1334（またはその一部分）が、対象としているRU（複数可）106にドロップされるか、または転送されるかどうかを決定する。

【0143】

一部のスイッチ管理機能（例えば、VLAN、ポートの有効化／無効化、IP追加）は、安全な接続を介して実施され得る。他の管理機能は、例えば、スイッチでのビットパターンの構成など、通常の接続を介して実施され得る。

【0144】

一部の実施例では、（例えば、ETHERNETスイッチ内の）DPIエンティティ109は、宛先ポート1356が構成されたポート範囲にある（または所定の値と等しい）ときにのみ、RUIDビットマスク602をチェックすることができる。

【0145】

一部の実施例では、各RU106は、例えば、RU106とBC104、DU105またはCU103との間で実施される検出プロセスの間に、RUIDを割り当てられている。RU106は、それ自体をDPIエンティティ109内（例えば、ETHERNETスイッチ内）に登録し、そのRUIDビットセット内（RUIDビットマスク602内）で、所定のマルチキャストアドレス（例えば、a.b.c.d）上でパケットを転送するように要求する。所与のRUは、複数のマルチキャストアドレスとRUIDの組み合わせを要求することができる。セクタ内で複数のIPアドレスを使用して、負荷分散を行うことができる。複数のIPアドレスを使用して、異なるセクタに属するトラフィックを区別することができる。さらに、RU106は、複数のセクタにサービスを提供し得る。

【0146】

一部の実施例では、BC104／DU105／CU103およびRU106は、インターネットグループ管理プロトコル（IGMP）と類似した登録手順を使用する。例えば、メッセージは、どのマルチキャストグループをどのコントローラ104およびRU106とともに使用すべきかを、アグリゲーションスイッチ111および／または任意選択的なスイッチ113に示すために使用され得る。一部の実施例では、所定のセル108にサービスを提供するアクティブBC104／DU105／CU103およびRU106は、当該セルに割り当てられたダウンリンクタイミングマルチキャストグループならびにダウンリンクおよびアップリンクIQデータマルチキャストグループに参加することができる。これらの実施例では、スタンバイBC104／DU105／CU103は、セルのいずれかのダウンリンクタイミングマルチキャストグループまたはダウンリンクもしくはアップリンクIQデータマルチキャストグループのいずれにも参加しない。

【0147】

任意選択的に、管理システム107は、例えば、バックホールネットワーク114および／またはフロントホールネットワーク116を介して、BC（複数可）104、CU（複数可）103、DU（複数可）105、および／またはRU106に通信可能に結合されてもよい。上述したように、管理システム107は、例えば、階層アーキテクチャ、直接アーキテクチャ、またはハイブリッドアーキテクチャを使用して、管理プレーン（「Mプレーン」）通信に使用され得る。さらに、管理システム107は、様々なエンティティの構成情報を決定し得る。

【0148】

図14Bは、スイッチドETHERNETネットワーク120を使用してC-RAN100についてのフロントホールネットワーク116を実装する実施例に関する追加の詳細を示すブロック図である。図14Bの実施例は、本明細書の他の図における同一または類似の装置、システム、および／またはモジュールの多くを含む。図14Bでは、コントローラ104という用語は、ベースバンドコントローラ104、5G CU103、または

10

20

30

40

50

5 G D U 1 0 5 を指すために使用される。

【0149】

概して、スイッチド E T H E R N E T ネットワーク 1 2 0 は、1 つ以上の E T H E R N E T スイッチを含む。図 1 4 B に示す実施例では、スイッチド E T H E R N E T ネットワーク 1 2 0 は、1 つ以上のアグリゲーション E T H E R N E T スイッチ 1 1 1 を含むアグリゲーション層、および 1 つ以上のアクセス E T H E R N E T スイッチ 1 1 3 を含むアクセス層を含む。図示を容易にするために、1 つのアグリゲーションスイッチ 1 1 1 およびアクセス E T H E R N E T スイッチ 1 1 3 のみが図 1 4 B に示されているが、他の数のスイッチ 1 1 1 および 1 1 3 を使用することができる。また、他の E T H E R N E T ネットワークトポロジを使用してもよい（例えば、アグリゲーション層とアクセス層との間（または 1 つ以上の層内）に E T H E R N E T スイッチの追加層（またはホップ）が存在する場合がある、または、まったく異なるトポロジを使用することもできる）。各無線ユニット 1 1 5、1 1 7 は、代替的に、介在するスイッチ 1 1 3 なしで、アグリゲーションスイッチ 1 1 1 に通信可能に結合されてもよい。

10

【0150】

図 1 4 B により詳細に示されるように、この例示的な実施形態では、コントローラ 1 0 4 および無線ポイント 1 0 6 は、2 つの共通仮想ローカルエリアネットワーク（V L A N）を使用してフロントホール 1 1 6 を実装するために使用されるスイッチド E T H E R N E T ネットワーク 1 2 0 を介して互いに通信する。この実施形態では、1 つの V L A N が、タイミング情報（例えば、コントローラ 1 0 4 および R U 1 0 6 の同期に使用される電気電子技術者協会（I E E E）1 5 8 8 の高精度時間プロトコル（P T P）メッセージ）、および管理情報（例えば、簡易オブジェクトアクセスプロトコル（S O A P）および拡張マークアップ言語（X M L）メッセージ）を、コントローラ 1 0 4 と無線ポイント 1 0 6 との間で通信するために使用される。この V L A N は、本明細書では「タイミングおよび管理」または「T M」V L A N と称される。第 2 の V L A N は、コントローラ 1 0 4 と無線ポイント 1 0 6 との間で I Q データを通信するために使用され、本明細書では「I Q」V L A N と称される。

20

【0151】

この実施形態では、T M および I Q V L A N は、クラスタ 1 2 4 内のすべてのコントローラ 1 0 4 および関連する R U 1 0 6 が T M および I Q V L A N のメンバーとなるように構成されている。

30

【0152】

図 1 4 B に示す実施例では、フロントホール 1 1 6 は、2 つのそれぞれの無線オペレータにサービスを提供する 2 つのクラスタ 1 2 4 のフロントホールデータのために使用される。この実施例では、クラスタ 1 2 4 が含まれるコントローラ 1 0 4 間のコントローラ間通信のために、当該クラスタ 1 2 4 ごとに別個の V L A N が確立される。そのような各 V L A N は、本明細書では「クラスタ」または「C」V L A N と称される。

【0153】

図 1 4 B に示す実施例では、各コントローラ 1 0 4 は、当該コントローラ 1 0 4 をスイッチド E T H E R N E T ネットワーク 1 2 0 に（より具体的には、図 1 4 B に示す実施例では、1 つ以上のアグリゲーションスイッチ 1 1 1 に）結合するための複数の E T H E R N E T ネットワークインターフェース 1 3 0 を含む。

40

【0154】

図 1 4 B に示す実施例では、各コントローラ 1 0 4 の E T H E R N E T ネットワークインターフェース 1 3 0 の一部は、タイミングおよび管理 V L A N を介してタイミングおよび管理データを通信するために専用である。このような各 E T H E R N E T ネットワークインターフェース 1 3 0 はまた、本明細書では、「タイミングおよび管理」または「T M」E T H E R N E T ネットワークインターフェース 1 3 0 と称される。この実施例では、各コントローラ 1 0 4 の中の E T H E R N E T ネットワークインターフェース 1 3 0 の一部は、I Q V L A N を介して I Q データを通信するために専用であり、本明細書では「

50

IQ」ETHERNETネットワークインターフェース130と称される。また、この実施例では、各コントローラ104の中のETHERNETネットワークインターフェース130の一部は、クラスタVLANを介して通信するために専用である。このような各ETHERNETネットワークインターフェース130は、本明細書では、「クラスタ」または「C」ETHERNETネットワークインターフェース130と称される。各コントローラ104はまた、コアネットワーク112とバックホールを介して通信するために使用される、1つ以上の他のETHERNETネットワークインターフェース（図示せず）を含む。

【0155】

図14Aおよび／または図14Bに示す実施例では、各単一インスタンスの無線ポイントユニット117は、少なくとも1つのETHERNETネットワークインターフェース184を含み、各複数インスタンスの無線ポイント115は、少なくとも2つのETHERNETネットワークインターフェース184を含み、ここで、各こうしたETHERNETネットワークインターフェース184は、タイミングおよび管理VLANならびにIQ VLANの両方を介して通信するために使用される。

【0156】

図14Aおよび／または図14Bに示す実施例では、クラスタ124によってサービスを提供される各セル108について、当該セル108にサービスを提供するコントローラ104は、当該セル108に対して定義されるそれぞれのタイミングマルチキャストグループを使用してタイミングメッセージをマルチキャストすることによって、タイミングVLANを介してタイミングメッセージを送信する。すなわち、クラスタ124によってサービスを提供される各セル108は、それに割り当てられる単一のタイミングマルチキャストグループを有する。この実施形態では、クラスタ124によってサービスを提供される各セル108について、RU106は、当該セル108に対するサービスコントローラ104のタイミングおよび管理ETHERNETインターフェースに割り当てられたIPアドレスにメッセージをユニキャストすることによって、タイミングおよび管理VLANを介してタイミングメッセージを送信する。

【0157】

また、図14Bに示す実施例では、クラスタ124によってサービスを提供される各セル108について、管理メッセージは、コントローラ104のタイミングおよび管理ETHERNETインターフェース、またはメッセージが送信されるRU106のETHERNETインターフェース184に割り当てられたIPアドレスを使用して、メッセージをユニキャストすることによって、タイミングおよび管理VLANを介してコントローラ104とRU106との間で送信される。

【0158】

ダウンリンクおよびアップリンクのIPマルチキャストグループのセットが、それぞれダウンリンクおよびアップリンクIQデータの送信に使用される。

【0159】

タイミング、管理、およびIQデータは、他の方法で伝達され得る。

【0160】

一般に、各無線ポイント106が起動すると、当該無線ポイント106によって実装される各無線ポイントインスタンスは、無線ポイントインスタンスがホームされるべきであるコントローラ104を検出するために、検出プロトコルを使用する。検出プロセスの一部として、無線ポイントインスタンスには、検出したコントローラ104のタイミングおよび管理ETHERNETインターフェース130に割り当てられたIPアドレスが提供される。無線ポイントインスタンスは、当該IPアドレスを使用して、コントローラ104とのSOAP（管理）接続を確立する。コントローラ104は、無線ポイントインスタンスがダウンリンクおよびアップリンクIQデータの通信に使用するべきであるダウンリンクおよびアップリンクIPマルチキャストグループのIPアドレスを通信する。

【0161】

10

20

30

40

50

複数のコントローラ104が所定の無線ポイントインスタンスにサービスを提供する（例えば、コントローラ104が、別のプライマリコントローラ104のバックアップコントローラとしてサービスを提供するか、またはキャリアアグリゲーションが使用され、複数のコントローラ104が複数のキャリアに対してベースバンド処理を実施するために使用される）構成では、所与のセル108にサービスを提供する各無線ポイントインスタンスは、依然として、セル108に対して適切なダウンリンクIPマルチキャストグループに登録し、適切なアップリンクIPマルチキャストグループを使用して、フロントホール116を介してコントローラ104にデータを送信する。IPマルチキャストが使用されるため、複数のコントローラ104は、当該セル108の無線ポイントインスタンスがフロントホール116を介してデータを送信するために使用する同じアップリンクIPマルチキャストグループに登録し、それを使用してデータを受信することができ、複数のコントローラ104は、それらの無線ポイントインスタンスに登録するダウンリンクIPマルチキャストグループを使用して、当該セル108の無線ポイントインスタンスに、フロントホール116を介してデータを送信することができる。すなわち、無線ポイントインスタンスは、IPマルチキャストの使用のために、複数のコントローラ104によって透過的にサービスを提供される。

10

【0162】

さらに、IPマルチキャストの使用は、複数のセル108にサービスを提供する単一のコントローラ104を排除しない。単一のコントローラ104が、複数のセル108（例えば、一次セル108および二次セル108）にサービスを提供する構成では、当該単一のコントローラ104は、一次セル108および二次セル108のアップリンクIPマルチキャストグループに登録し、一次セル108および二次セル108のダウンリンクIPマルチキャストグループを使用して、フロントホール116を介して適切な無線ポイントインスタンスにデータを送信する。

20

【0163】

一部の実施例では、ダウンリンクIQデータは、UEごとに各コントローラ104と関連付けられた無線ポイント106との間で送信され、一方で、アップリンクIQデータは、RUごとに送信される。他の（例えば、O-RANの）実施例では、ダウンリンクおよびアップリンクのIQデータの両方が、RUごとに送信される。セル108によってサービスを提供される各UE112について、サービスを提供するコントローラ104は、当該UE112へのダウンリンク無線送信のために、当該セルのRU106のサブセットを当該UE112に割り当てる。RU106のこのサブセットは、本明細書では、当該UE112の「サイマルキャストゾーン」と称される。各UE112のサイマルキャストゾーンは、UE112からの特定のアップリンク伝送（例えば、LTE物理ランダムアクセスチャネル（PRACH）およびサウンディング参照信号（SRP）伝送）について、RU106の各々で行われた受信電力測定に基づいて決定され、UE112がセル108全体にわたって移動するにつれて更新される。

30

【0164】

アップリンクについて、この実施形態では、各セル108について、当該セル108にサービスを提供する無線ポイント106は、アップリンクIPマルチキャストグループおよびマルチキャスト負荷分散のセットを使用して、アップリンクIQデータを、サービスを提供するコントローラ104に送信する。この実施形態では、複数のリンクアグリゲーショングループ（LAG）が各セル108に対して定義され、各LAGは、それに関連付けられたアップリンクIPマルチキャストグループを有する。スイッチドETHERNETネットワーク120のスイッチ111および113は、マルチキャスト負荷分散を使用して、アップリンクIQデータトラフィックを、サービスを提供するコントローラ104の様々なIQ ETHERNETインターフェースにわたって負荷分散するように構成されている。

40

【0165】

アップリンクの場合と同様に、複数のダウンリンクIPマルチキャストグループを、負

50

荷分散の目的で使用する。ダウンリンクについては、ダウンリンクIPマルチキャストグループの複数のセットが、ダウンリンクIQデータをRU106の異なる組み合わせに送信するために使用され、ここで、ダウンリンクIPマルチキャストグループのセットは動的である。ダウンリンクIPマルチキャストグループの1つのセットについて、当該セットのダウンリンクIPマルチキャストグループの各々は、セル108にサービスを提供するRU106のすべてを含む。これらの「all RU」ダウンリンクIPマルチキャストグループは、無線インターフェースの共通論理チャネル用のダウンリンクIQデータをセル108のRU106のすべてに送信するために使用される。これが行われ得る場所の一例は、LTEシステム情報ブロック(SIB)用のダウンリンクIQデータの送信に対するものである。「all RU」ダウンリンクIPマルチキャストグループはまた、ダウンリンクIPマルチキャストグループの他の好適なセットがない場合に使用され得る。ダウンリンクIPマルチキャストグループの他のセットについては、構成要素のダウンリンクIPマルチキャストグループのすべては、セル108にサービスを提供するRU106のすべてよりも少ない量を含む。ダウンリンクIQデータ(物理ダウンリンク共有チャネル(PDSCH)のダウンリンクIQデータ)を、所与のUE112のサイマルキャストゾーンにあるそれらのRU106にのみ通信するために、必要に応じて、ダウンリンクIPマルチキャストグループのこれらの他のセットが作成される。

【0166】

無線インターフェースを介して所与のUE112にダウンリンクデータを送信する必要がある場合、そのUE112のサイマルキャストゾーンを「合致する」ダウンリンクIPマルチキャストグループの既存のセットが存在する場合、そのUEのサイマルキャストゾーン内のRU106に、当該UE112のダウンリンクIQデータを送信するために、合致するセットからのダウンリンクIPマルチキャストグループのうちの1つが使用される。所与のUE112のサイマルキャストゾーンに合致するダウンリンクIPマルチキャストグループのセットがない場合、ダウンリンクIPマルチキャストグループの新しいセットを作成することができ、ここで、そのセットのダウンリンクIPマルチキャストグループのすべてが、そのサイマルキャストゾーンのRU106を含み、それらの新しく作成されたダウンリンクIPマルチキャストグループのうちの1つが、当該サイマルキャストゾーンのそれらのRU106にのみ、ダウンリンクIQデータを送信するために使用される。ダウンリンクIPマルチキャストグループの新しい合致するセットを作成することができない(例えば、ダウンリンクIPマルチキャストグループの最大数がすでに作成されており、その時点では、使用されなかったために既存のダウンリンクIPマルチキャストグループセットのいずれもパージすることができないために)場合、前述の「all RU」ダウンリンクIPマルチキャストグループのうちの1つを使用することができる。

【0167】

しかしながら、「all RU」ダウンリンクIPマルチキャストグループを使用すると、所与のUE112のダウンリンクIQデータが、当該UEのサイマルキャストゾーンに含まれないRU106に送信されることがもたらされ得る。これに対処するために、この実施例において、IQデータ(以下に説明するように)に含まれるアプリケーション層のマルチキャストアドレスを使用して、関連するダウンリンクIQデータが実際に対象としているRU106を識別する。この実施例では、このアプリケーション層のマルチキャストアドレスは、複数のビット位置として見ることができるアドレスフィールドを含む。ビット位置のうちのそれぞれの1つが、セル108にサービスを提供する各RU106に割り当てられ、関連するダウンリンクIQデータが関連するRU106にサービスを提供する場合、そのビット位置が設定され(すなわち、第1のバイナリ値(例えば、1)を記憶する)、関連するダウンリンクIQデータが関連するRU106にサービスを提供していない場合、当該ビット位置が消去される(すなわち、第2のバイナリ値(例えば、ゼロ)を記憶する)。例えば、アプリケーション層のマルチキャストアドレスのビット位置はすべて、すべてのRU106を対象としている共通メッセージ(SIBなど)のダウンリンクIQデータを含むパケットに設定されるであろう。サイマルキャストゾーンにすべて

のRU106よりも少ないRUを含むUE112を対象としているダウンリンクIQデータについては、当該サイマルキャストゾーンのRU106に対応するアプリケーション層のマルチキャストアドレスのビット位置のみが設定され、他のすべてのRU106に対応するビット位置は消去される。(アプリケーション層のマルチキャストアドレスの1つの実施例は、図13Aおよび図13Bに関連して後述するアプリケーション層のマルチキャストアドレスフィールド1326である。)

【0168】

図15は、複数のRUおよびUEを備えた無線システムのブロック図である。以下の説明では、無線システムは、IPおよびアプリケーション層のマルチキャストグループを使用して、スイッチドETHERNETネットワーク120を介して、サービスを提供するコントローラ104から無線ポイント106へダウンリンクIQデータを通信する方法の1つの実施例を説明するために使用される。図15に示す実施例では、5つのRU106および3つのUE112が示されている。RU106は、図15でそれぞれ、RU1、RU2、RU3、RU4、およびRU5として個別に参照されている。UE112は、図15でそれぞれ、UE A、UE B、UE Cとして個別に参照されている。図15に示す実施例では、UE Aのサイマルキャストゾーンは、RU1、RU2、およびRU4を含み、UE Bのサイマルキャストゾーンは、RU4、RU5を含み、UE Cは、RU2、RU3、およびRU5を含む。UE A、UE B、およびUE Cがすべて同じ場所に留まり、セル108へのアクセスを続ける場合、3つのダウンリンクIPマルチキャストグループが、形成されるであろう(それらがまだ存在しない場合)。これら3つのダウンリンクIPマルチキャストグループには、RU1、RU2、およびRU4を含む第1のダウンリンクIPマルチキャストグループ(およびこの実施例では、IPアドレス293.2.1.10が割り当てられている)、RU4およびRU5を含む第2のダウンリンクIPマルチキャストグループ(およびこの実施例では、IPアドレス293.2.1.11が割り当てられている)、ならびにRU2、RU3、およびRU5を含む第3のダウンリンクIPマルチキャストグループ(およびこの実施例では、293.2.1.12が割り当てられている)が含まれる。しかしながら、これらの「合致する」ダウンリンクIPマルチキャストグループがすべて形成されるには時間がかかる場合がある。

【0169】

例えば、UE Aがセル108に最初にアクセスし、RU1、RU2、およびRU4を含むダウンリンクIPマルチキャストグループがまだ作成されていない場合、「all RU」ダウンリンクIPマルチキャストグループ(この実施例では、IPアドレス239.2.1.1が割り当てられている)を使用して、UE Aのサイマルキャストゾーン内のRU(すなわち、RU1、RU2、およびRU4)に、ダウンリンクIQデータを送信することができる。この場合、図15に示すように、UE Aのサイマルキャストゾーン内のRUを対象とするダウンリンクIQデータを含むパケットが、(対応するIPアドレス239.2.1.1)を使用して、「all RU」ダウンリンクIPマルチキャストグループに送信され、アプリケーション層のマルチキャストアドレスが「11010」であり、ここで、第1のビット位置(RU1に対応する)、第2のビット位置(RU2に対応する)、および第4のビット位置(RU4に対応する)が設定されており、第3のビット位置(RU3に対応する)および第5のビット位置(RU5に対応する)が消去されている。この実施例では、説明を容易にするために5つのビット位置のみが示されているが、アプリケーション層のマルチキャストアドレスは通常、より多くのビット位置(例えば、8バイトアドレスに対応する64ビット位置)を使用するであろう。

【0170】

RU1、RU2、およびRU4を含むダウンリンクIPマルチキャストグループが作成されると、UE Aのサイマルキャストゾーン内のRUを対象としているダウンリンクIQデータを含むパケットが、(対応するIPアドレス239.2.1.10を使用して)当該ダウンリンクIPマルチキャストグループに送信され、同じアプリケーション層のマルチキャストアドレスは、「11010」である。

【0171】

また、この実施例では、共通メッセージ（SIBなど）のダウンリンクIQデータを含むパケットが、（対応するIPアドレス239.2.1.1を使用して）「all RU」ダウンリンクIPマルチキャストグループに送信され、（データがすべてのRUを対象としているため）アプリケーション層のマルチキャストアドレスは、「11111」である。

【0172】

ディープパケット検査

図16は、ディープパケット検査（DPI）を使用してC-RAN100のフロントホールインターフェースおよびフロントホールネットワーク116にわたってデータを送信するための方法1600を示すフロー図である。方法1600は、C-RAN100のフロントホール116のETHERNETスイッチの少なくとも1つのプロセッサによって実施されてもよい。例えば、ETHERNETスイッチは、アグリゲーションスイッチ111またはスイッチ113であってもよく、そのどちらかがDPIエンティティ109を実装する。ETHERNETスイッチは、C-RAN100（またはC-RAN100の一部）を形成する、BC（複数可）104、DU（複数可）105、CU（複数可）103、および／またはRU（複数可）106に通信可能に結合されてもよい。さらに、一部の構成では、方法1600を実装するETHERNETスイッチは、少なくとも1つの他のスイッチに通信可能に結合されてもよい。例えば、アグリゲーションスイッチ111が方法1600を実装する場合、それは、（1）少なくとも1つのスイッチ113、ならびに（2）BC（複数可）104、DU（複数可）105および／またはCU（複数可）103に通信可能に結合されてもよい。代替的に、アグリゲーションスイッチ111が方法1600を実装する場合、それは、（1）少なくとも1つのRU106、ならびに（2）BC（複数可）104、DU（複数可）105および／またはCU（複数可）103に通信可能に結合されてもよい。別の実施例として、スイッチ113が方法1600を実装する場合、それは、（1）アグリゲーションスイッチ111、および（2）少なくとも1つのRU106に通信可能に結合されてもよい。他の構成が可能である。一部の実施例では、方法1600は、ETHERNETスイッチで受信されるすべてのパケットに対して実施される。

【0173】

図16に示すフロー図のブロックは、説明を容易にするために概して連続的な様式で配置されているが、この配置は単に例示的なものであることが理解されるべきであり、方法1600（および図16に示すブロック）に関連する処理は、異なる順番（例えば、ブロックに関連する少なくとも一部の処理が並列および／またはイベント駆動様式で実施される場合）で発生し得ることが認識されるべきである。また、ほとんどの標準的な例外処理は、説明を容易にするために記述されていないが、方法1600は、そのような例外処理をすることができ、また典型的にはそのような例外処理を含むであろうことが理解されるべきである。

【0174】

方法1600は、任意選択的なステップ1602で開始し、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、データの packets を受信する。パケットは、I/Qデータを含むETHERNETパケット1334であってもよい。第1の実施例では、ETHERNETパケット1334は、例えば、図13Aのように、RU idビットマスク602（またはRU識別の他の形態）を有するヘッダ1310を有するI/Qパケット1308を含む、IPペイロード1340にUDPデータグラム1308を有するマルチキャストIPパケット1330を含んでもよい。第2の実施例では、ETHERNETパケット1334は、I/Qパケット1308（その中にRU idビットマスク602を含む）を含んでもよく、例えば、図13Bのように、IPヘッダ1332またはUDPヘッダ1333を含まない。代替的に、ステップ502で受信されるパケットは、マルチキャストIPパケット1330またはI/Qパケット1308自体であってもよい。パケットは、例えば、ETHER

NET パケット 1334 のストリームにある、複数の受信されるパケットのうちの 1 つであってもよい。

【0175】

方法 1600 を実装する ETHERNET スイッチが アグリゲーション スイッチ 111 である場合、パケットは、(1) BC104、DU105、または CU103 からダウンリンク方向に、または (2) スイッチ 113 または RU106 からアップリンク方向に受信されてもよい。方法 1600 を実装する ETHERNET スイッチが スイッチ 113 である場合、パケットは、(1) BC104、DU105、CU103、または アグリゲーション スイッチ 111 からダウンリンク方向に、または (2) 異なる スイッチ 113 または RU106 からアップリンク方向に受信されてもよい。

10

【0176】

方法 1600 は、任意選択的なステップ 1604 に進み、ここで、少なくとも 1 つのプロセッサは、パケットが対象としている少なくとも 1 つの RU106 の各々に対して少なくとも 1 つのビットパターンを識別する。一部の RU106 は、例えば、最大 4 個までである、複数のキャリアをホストすることができる。RU106 が複数のキャリアをホストする場合、RU106 は、各キャリアに対してプロセッサで実装された無線ユニットインスタンスまたはモジュールを実装し、そのすべてが、RU106 上の同じ物理 ETHERNET ポートを共有する。また、RU106 が複数のキャリアをホストする場合、各無線ユニットインスタンスは、異なる BC104、DU105、または CU103 と通信し、無線ユニットインスタンスに RUid を割り当てる。したがって、マルチインスタンス無線ユニット 115 は、異なる BC104、DU105、または CU103 から各々、複数の RUid を割り当てることができる。例えば、特定の無線ユニットインスタンスは、第 1 の BC104、DU105、または CU103 によって RUid = 1 を、および第 2 の BC104、DU105、または CU103 によって RUid = 3 を割り当ててもよい。

20

【0177】

しかしながら、異なる BC104、DU105、または CU103 によって割り当てられた RUid は、互いに重複し得る。したがって、無線ユニットインスタンスの RUid は、BC104、DU105、または CU103 が無線ユニットインスタンスと通信するために使用する IP アドレスと関連付けられる。一部の実施例では、少なくとも 1 つのビットパターンが、(1) ETHERNET スイッチが通信する、RU106 に実装された無線ユニットインスタンス、および (2) BC104、DU105、または CU103 が無線ユニットインスタンスと通信するために使用する IP アドレスの組み合わせごとに、ETHERNET スイッチに記憶される。言い換えれば、無線ユニットインスタンスの RUid は、BC104、DU105、または CU103 が無線ユニットインスタンスと通信するために使用する IP アドレスに依存する。代替的に、単一インスタンス無線ユニット 117 は、単一の RUid のみを割り当ててもよく、その場合、RUid は、BC104、DU105、または CU103 がそれと通信するために使用する IP アドレスに依存しない。一部の実施例では、ビットパターンは、安全な接続を介して実行時に構成され得る。

30

【0178】

任意選択的なステップ 1604 の第 1 の構成では、パケットの ETHERNET タイプ 1346 は、IP であり、ビットパターンは、ETHERNET パケット 1334 の IP パケット 1330 の宛先 IP アドレス 1350 (例えば、マルチキャスト IP アドレス) によって識別される RU (複数可) 106 に関連付けられている。任意選択的なステップ 1604 の第 2 の構成では、パケットの ETHERNET タイプ 1346 は、所定の値 (IP ではない) であり、ビットパターンは、ETHERNET パケット 1334 の宛先 MAC アドレスによって識別される RU (複数可) 106 に関連付けられている。言い換えれば、ビットパターン (複数可) は、パケットの ETHERNET タイプ 1346 に応じて、マルチキャスト IP アドレスまたはマルチキャスト MAC アドレスを使用して、RU (複数可) 106 に対して選択されてもよい。さらに、ETHERNET タイプが IP で

40

50

も所定の値でもない場合、パケットは、以下に記載されるように、R U i dビットマスク602を探すことなく転送されてもよい。代替的に、無線インスタンスのR U i dは、R U i dを割り当てられたB C 104、D U 105、またはC U 103のI Pアドレスと関連付けられてもよい。

【0179】

方法1600は、ステップ1606に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、R U i dビットマスク602がパケット内に存在するかどうかを決定するために、パケットに対してディープパケット検査(D P I)を実施し、R U i dビットマスク602は、パケットが対象としている少なくとも1つのR U 106を示す。ディープパケット検査には、パケット内の1つ以上のフィールドを識別するための、パケットの階層的検査／分析が含まれ得る。一部の構成では、I / Qパケット1308(R U i dビットマスク602を含む)は、U D Pデータグラム1330に含まれており、これは、I Pパケット1330に含まれ、E T H E R N E Tパケット／フレーム1334に含まれる。したがって、ディープパケット検査を使用して、(どの相対位置／オフセットで)R U i dビットマスク602が受信パケット中に存在するかどうかを決定することができる。

【0180】

各R U i dビットマスク602は、ビットのセット(例えば、値「1」または「0」を有する各ビット)であってもよく、その長さは、少なくともC - R A N 100(またはC - R A N 100の単一セクタ)のR U 106の数と等しい。パケット内のR U i dビットマスク602のビットは、ビットに関連付けられたR U 106がパケット内の情報を復号化および／または送信する必要があるかどうかに基づいて設定される。例えば、すべてのR U 106が、パケットのペイロード(例えば、I / Qペイロード1312)を復号化および／または送信するために必要とされる場合、すべてのビットは、1に設定される。代替的に、パケットのペイロードを送信するためにR U 106のサブセットが必要な場合、R U 106のサブセットに対応するビットのみが1に設定される。R U i dビットマスク602は、例えば、32ビット、64ビット、128ビットなど、C - R A N 100内の多くのR U 106を収容するのに好適な任意の長さであってもよい。

【0181】

代替的に、R U 識別は、(C - R A N 100の各R U 106に対してビットを有するビットマスクの代わりに)他の方法で通信されてもよい。例えば、対象とされるR U 106は、(1)パケット中の明示的なR U i d値、および／または(2)開始オフセットを有する可変長R U i dビットマップを使用して識別され得る。

【0182】

方法1600は、ステップ1608に進み、ここで、R U i dビットマスク602がパケット内に存在するとき、少なくとも1つのプロセッサは、R U i dビットマスク602とそれぞれのR U 106のビットパターン(複数可)との比較に基づいて、パケットの少なくとも一部分を少なくとも1つのR U 106の各々に通信する。一部の構成では、パケット内のR U i dビットマスク602は、ビット単位のA N D演算を使用して、(任意選択的なステップ1604からの)ビットパターン(複数可)と比較される。

【0183】

R U 106のビットパターン(複数可)を有するR U i dビットマスク602のビット単位のA N Dがすべて、ゼロに等しい(パケット1334が指定されたI Pアドレス上のR U 106を対象としていないことを示す)場合、パケット1334は、E T H E R N E Tスイッチによってドロップされ得る。言い換えれば、少なくとも1つのR U 106に対するビットパターン(複数可)のいずれも、R U i dビットマスク602内のセットビットと同じビット位置にセットビットがない場合、少なくとも1つのプロセッサは、パケットをドロップし得る(いかなるR U 106にも送信しない)。

【0184】

一方で、R U 106のビットパターン(複数可)を有するR U i dビットマスク602のビット単位のA N Dがすべて、ゼロと等しくない(パケット1334が指定されたI P

10

20

30

40

50

アドレス上のRU106を対象としていることを示す) 場合、パケット1334 (またはその一部分) は、RU106に通信されてもよい。言い換えれば、RUidビットマスク602内のセットビットと同じビット位置にセットビットを有する各ビットパターンについて、少なくとも1つのプロセッサは、ビットパターンに関連付けられたRU106にパケットの少なくとも一部分を通信し得る。

【0185】

パケットの少なくとも一部分は、ETHERNETパケット／フレーム1334、ETHERNETパケット1334に含まれるIPパケット1330、IPパケット1330に含まれるUDPデータグラム1330、またはUDPデータグラム1330に含まれるI/Qパケット1308のすべてまたは一部であってもよい。通信は、本明細書に記載されるようなユニキャスト、ブロードキャスト、またはマルチキャストを含むことができる。

10

【0186】

方法1600は、任意選択的なステップ1610に進み、ここで、RUidビットマスク602がパケット内に存在しないとき、少なくとも1つのプロセッサは、任意のRUidビットマスク602をRU106の任意のビットパターンと比較することなく、パケットの少なくとも一部分を少なくとも1つのRU106に通信する。パケットは、異なるプロトコルに従って構築されてもよく、その多くは、RUidビットマスク602を含まないであろう。例えば、RUidビットマスク602は、ETHERNETタイプ1346がIPまたは別の予約された所定の値ではない場合、パケットに含まれていない可能性がある。同様に、RUidビットマスク602は、ETHERNETタイプ1346がIPであるが、IPタイプ1352がUDPではない場合、パケットに含まれていない可能性がある。同様に、RUidビットマスク602は、ETHERNETタイプ1346がIPであり、IPタイプ1352がUDPであるが、宛先ポート1356がポート番号の所定範囲にない場合、パケットに含まれていない可能性がある。ディープパケット検査でRUidビットマスク602を識別することができない (パケットに含まれていない、または他の理由のため) 場合であっても、パケットを通信する必要がある。

20

【0187】

図17は、パケットに対してディープパケット検査 (DPI) を実施するための方法1700を示すフロー図である。方法1700は、C-RAN100のフロントホール116のETHERNETスイッチの少なくとも1つのプロセッサによって実施されてもよい。例えば、ETHERNETスイッチは、アグリゲーションスイッチ111またはスイッチ113であってもよく、そのどちらかがDPIエンティティ109を実装する。ETHERNETスイッチは、C-RAN100 (またはC-RAN100の一部) を形成する、BC (複数可) 104、DU (複数可) 105、CU (複数可) 103、および／またはRU (複数可) 106に通信可能に結合されてもよい。さらに、一部の構成では、方法1700を実装するETHERNETスイッチは、少なくとも1つの他のスイッチに通信可能に結合されてもよい。例えば、アグリゲーションスイッチ111が方法1700を実装する場合、それは、(1) 少なくとも1つのスイッチ113、ならびに(2) BC (複数可) 104、DU (複数可) 105および／またはCU (複数可) 103に通信可能に結合されてもよい。代替的に、アグリゲーションスイッチ111が方法1700を実装する場合、それは、(1) 少なくとも1つのRU106、ならびに(2) BC (複数可) 104、DU (複数可) 105および／またはCU (複数可) 103に通信可能に結合されてもよい。別の実施例として、スイッチ113が方法1700を実装する場合、それは、(1) アグリゲーションスイッチ111、および(2) 少なくとも1つのRU106に通信可能に結合されてもよい。他の構成が可能である。一部の実施例では、方法1700は、図16の方法1600のステップ1606におけるディープパケット検査 (受信したパケット上で実施される) の実施例である。

30

40

【0188】

図17に示すフロー図のブロックは、説明を容易にするために概して連続的な様式で配置されているが、この配置は単に例示的なものであることが理解されるべきであり、方法

50

1700（および図17に示すブロック）に関連する処理は、異なる順番（例えば、ブロックに関連する少なくとも一部の処理が並列および／またはイベント駆動様式で実施される場合）で発生し得ることが認識されるべきである。また、ほとんどの標準的な例外処理は、説明を容易にするために記述されていないが、方法1700は、そのような例外処理をすることができ、また典型的にはそのような例外処理を含むであろうことが理解されるべきである。

【0189】

方法1700は、ステップ1702で開始し、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、ETHERNETパケット1334のETHERNETタイプ1346を決定する。ETHERNETパケット1334は、（1）ETHERNETソースアドレス1342、ETHERNET宛先アドレス1344、任意選択的なVLANタグ、任意選択的なVLANヘッダ、および／またはETHERNETタイプ1346フィールドを含む、ETHERNETヘッダ1336、ならびに（2）ETHERNETペイロード1338を含み得る。ETHERNETタイプ1346のフィールドは、例えば、IPパケット1330または何らかの他のプロトコルによるペイロードなどのペイロード1338のタイプを示し得る。例えば、ETHERNETタイプ1346は、ETHERNETペイロード1338がIPパケット1330を含むことを示し得る。一部の構成では、所定の値（IP以外）は、IPパケット1330またはUDPデータグラム（例えば、IPパケット1330の内部にある）を含まない、ETHERNETパケット1334内のRuidビットマスク602の包含（およびバイトオフセット）を示すために予約されてもよい。言い換えれば、予約された所定の値は、ETHERNETタイプ1346フィールドに含まれるときに、Ruidビットマスク602が、ETHERNETヘッダ1336またはETHERNETタイプ1346からのETHERNETペイロード1338内の特定のバイトオフセットに存在することを具体的に示すことができる。この予約された所定の値は、BC（複数可）104（またはDU105またはCU103）、ETHERNETスイッチ（複数可）111、113、DU（複数可）105、および／またはRU（複数可）106によって、システムにおいて既知であり得る。

【0190】

方法1700は、ステップ1704に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、ETHERNETタイプ1346がIPであるかどうかを決定する。そうでない場合、方法1700は、ステップ1705に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、ETHERNETタイプ1346が、予約された所定の値、例えば、0x4321であるかどうかを決定する。そうである場合、方法1700は、ステップ1718に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、例えば、具体的に、ETHERNETヘッダ1336またはETHERNETタイプ1346からの第1の所定バイトオフセットなど、第1の所定のオフセットで、ETHERNETパケット1334のRuidビットマスク602を決定する。言い換えれば、ETHERNETタイプ1346が予約された所定の値であると決定することに応答して、少なくとも1つのプロセッサは、ビットのセット（ETHERNETタイプ1346フィールドからオフセットされる）をRuidビットマスク602として解釈することができる。ETHERNETタイプ1346がIPまたは予約された所定の値ではない場合、方法1700は、ステップ1706に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、Ruidビットマスク602を決定せずに方法1700を終了する（その後、Ruidビットマスク602を任意のビットパターンと比較することなく、パケットの少なくとも一部分が通信される）。

【0191】

しかしながら、ETHERNETタイプ1346がIPである場合、方法1700は、ステップ1708に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、IPパケット1330のIPタイプ1352を決定する。IPパケット1330は、（1）ソースIPアドレス1348を有するIPヘッダ1332、宛先IPアドレス1350、および／またはIPタイプ1352フィールド、ならびに（2）IPペイロード1340を含み得る。IP

タイプ1352は、IPペイロード1340のタイプ1352を示す。例えば、IPタイプ1352は、IPペイロード1340がUDPデータグラムを含むことを示し得る。代替的に、IPタイプ1352は、IPペイロード1340が、例えば、伝送制御プロトコル（TCP）などのいくつかの他のプロトコルのデータを含むことを示し得る。方法1700は、ステップ1710に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、IPタイプ1352がUDPを示すかどうかを決定する。IPタイプ1352がUDPではない場合、方法1700は、ステップ1706に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、RUIDビットマスク602を決定せずに、方法1700を終了する。

【0192】

IPタイプ1352がUDPである場合、方法1700は、ステップ1712に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、UDPデータグラムにおける宛先ポート1356を決定する。UDPデータグラム（IPペイロード1340における）は、ソースポート1354および／または宛先ポート1356を有する、UDPヘッダ1333と、（UDPペイロード1328）と、を含んでもよい。一部のUDPポート番号は、特定の標準機能用に予約されている場合があるが、他のUDPポート番号は、アプリケーション固有の目的に合わせてカスタマイズされ得る。方法1700は、ステップ1714に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、具体的に、UDPヘッダ1356またはUDP宛先ポート1356からの特定のバイトオフセットでRUIDビットマスク602が存在するかどうかを識別するために、UDP宛先ポート1356がUDPポート番号の所定の範囲内にあるかどうか（またはUDP宛先ポート1356が所定のUDPポート番号と等しいかどうか）を決定する。言い換えれば、（1）UDPポート番号の所定の範囲に入るか、または（2）所定のUDPポート番号と等しいUDP宛先ポート1356は、RUIDビットマスク602が、具体的に、UDPヘッダ1356またはUDP宛先ポート1356からのUDPペイロード1328内の特定のバイトオフセットに位置するであろうことを示す。

【0193】

UDP宛先ポート1356が、（1）UDPポート番号の所定の範囲に入るか、または（2）所定のUDPポート番号と等しい場合、方法1700は、ステップ1716に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、UDPペイロード1328におけるRUIDビットマスク602を、第2の所定のオフセット、例えば、第2の所定のバイトオフセットで決定する。言い換えれば、UDP宛先ポート1356が、（1）UDPポート番号の所定の範囲に入るか、または（2）所定のUDPポート番号と等しいかを決定することに応答して、少なくとも1つのプロセッサは、ビットのセット（具体的に、UDPヘッダ1333またはUDP宛先ポート1356からオフセットされる）をRUIDビットマスク602として解釈することができる。UDP宛先ポート1356が、（1）UDPポート番号の所定の範囲に入らない、または（2）所定のUDPポート番号と等しくない場合、方法1700は、ステップ1706に進み、ここで、少なくとも1つのプロセッサは、RUIDビットマスク602を決定せずに、方法1700を終了する。

【0194】

IP／UDP DPIの疑似コードの例

以下の疑似コードは、IP／UDPを使用したDPIの例示の実装である。

```

if ETH__TYPE == IP
    if IP__TYPE == UDP
        if UDP__port__number within range
            Curr_RUID = RP_RUID based on multicast IP address
            if (Curr_RUID & Packet_RUID) != 0 // & is a bitwise AND
                forward packet
            else

```

```

        discard packet
    endif
else
    forward packet
endif
else
    forward packet
endif

```

【0195】

ここで、ETH__TYPEは、ETHERNETタイプ1346であり、IP__TYPEは、IPタイプ1352であり、Curr__RUIDは、RU106のビットパターンであり、RP__RUIDは、ETHERNETパケット1334のマルチキャストIPアドレスで示されるRU106のRUIDであり、Packet__RUIDは、RUIDビットマスク602である。

【0196】

以下の疑似コードは、(IP/UDPを使用しない) ETHERNETパケット輸送に基づくDPIの例示の実装である。

```

if ETH__TYPE == X
    Curr__RUID = RP__RUID based on multicast IP
    address
    if (Curr__RUID & Packet__RUID) != 0 // & is a b
    itwise AND
        forward packet
    else
        discard packet
    endif
else
    forward packet
endif

```

【0197】

ここで、Xは、IPパケット1330またはUDPデータグラムを含まない、ETHERNETパケット1334にRUIDビットマスク602を含むことを示す、予約された所定の値である。

【0198】

転送ルール

図18は、ETHERNETスイッチにマルチキャストルールを確立するための方法を示すフロー図である。方法1800は、ETHERNETスイッチ、少なくとも1つのBC104（またはCU103またはDU105）、およびRU106の各無線ユニットインスタンスによって実施され得る。例えば、ETHERNETスイッチは、アグリゲーションスイッチ111またはスイッチ113であってもよく、そのどちらかがDPIエンティティ109を実装する。ETHERNETスイッチは、C-RAN100（またはC-RAN100の一部）を形成する、BC（複数可）104、DU（複数可）105、CU（複数可）103、および／またはRU（複数可）106に通信可能に結合されてもよい。さらに、一部の構成では、方法1800を実装するETHERNETスイッチは、少なくとも1つの他のスイッチに通信可能に結合されてもよい。例えば、アグリゲーションスイッチ111が方法1800を実装する場合、それは、（1）少なくとも1つのスイッチ113、ならびに（2）BC（複数可）104、DU（複数可）105および／またはCU（複数可）103に通信可能に結合されてもよい。代替的に、アグリゲーションスイッチ111が方法1700を実装する場合、それは、（1）少なくとも1つのRU106、ならびに（2）BC（複数可）104、DU（複数可）105および／またはCU（複

10

20

30

40

50

数可) 103に通信可能に結合されてもよい。別の実施例として、スイッチ113が方法1800を実装する場合、それは、(1) アグリゲーションスイッチ111、および(2) 少なくとも1つのRU106に通信可能に結合されてもよい。他の構成が可能である。

【0199】

図18に示すフロー図のブロックは、説明を容易にするために概して連続的な様式で配置されているが、この配置は単に例示的なものであることが理解されるべきであり、方法1800(および図18に示すブロック)に関連する処理は、異なる順番(例えば、ブロックに関連する少なくとも一部の処理が並列および/またはイベント駆動様式で実施される場合)で発生し得ることが認識されるべきである。また、ほとんどの標準的な例外処理は、説明を容易にするために記述されていないが、方法1800は、そのような例外処理をすることができ、また典型的にはそのような例外処理を含むであろうことが理解されるべきである。

【0200】

方法1800は、ステップ1802で開始し、ここで、RUは、(例えば、起動時に)検出プロセスを開始し、ETHERNETブロードキャストパケットを送信する。ステップ1804で、各無線ユニットインスタンス(RPI)には、例えば、無線ユニットインスタンスのうちの1つとのSOAP接続を介して、1つ以上のBC104(またはDU105またはCU103)によってRUIdが割り当てられる。さらに、無線ユニットインスタンスのE-UTRA絶対無線周波数チャネル番号(EARFCN)、様々なL1およびETHERNETパラメータがまた構成されてもよい。ステップ1806で、各RPIは、対象のダウンリンクマルチキャストIPアドレス範囲、対象のUDPポート番号範囲、および対象のRUID(32/64ビット値)を、ETHERNETスイッチに通知する。一部の実施例では、フィルタルール(例えば、転送ルール)は、各無線ユニットインスタンス(RPI)に対してセットアップされ、例えば、IGMPを使用して、マルチキャストグループに参加する。スイッチが参加の追加要求を得ると、そのテーブル(ルーティングテーブルなど)が更新される。ステップ1808で、ETHERNETスイッチは、各RPIを定期的にポーリングして、それらのルールがまだ存在しているかどうかを決定する。RUは、ルールを保持するために応答する。ステップ1810で、BC104(またはCU103またはDU105)との接続が切断されるか、またはキャリアが削除されると、RUは、設定したルールを解放するように、ETHERNETスイッチに通知する。ETHERNETスイッチの定期的なポーリングに対する応答がない場合、ルールは削除される。

【0201】

本明細書に記述する方法および技術は、デジタル電子回路、またはプログラム可能プロセッサ(例えば、専用プロセッサまたはコンピュータなどの汎用プロセッサ)のファームウェア、ソフトウェア、またはそれらの組み合わせで実装されてもよい。これらの技法を具現化する装置には、適切な入力および出力デバイス、プログラム可能プロセッサ、およびプログラム可能プロセッサによって実行するためのプログラム命令を明白に具現化する記憶媒体が含まれ得る。これらの技法を具現化するプロセスは、入力データ上で動作し、適切な出力を生成することによって、命令のプログラムを実行して、所望の機能を実施するためのプログラム可能プロセッサによって実施されてもよい。技術は、有利には、データ記憶システム、少なくとも1つの入力デバイス、および少なくとも1つの出力デバイスからデータおよび命令を受信し、データ記憶システム、少なくとも1つの入力デバイス、および少なくとも1つの出力デバイスにデータおよび命令を送信するために結合された少なくとも1つのプログラム可能プロセッサを含む、プログラム可能システム上で実行可能な1つ以上のプログラムに実装され得る。概して、プロセッサは、読み出し専用メモリおよび/またはランダムアクセスメモリから命令およびデータを受信するであろう。例えば、コンピューティングデバイスが、アクションを実施すると記述されている場合、コンピューティングデバイスは、少なくとも1つのメモリ上に記憶された命令を実行する少なくとも1つのプロセッサを使用して、このアクションを行うことができる。コンピュータプ

10

20

30

40

50

プログラム命令およびデータを明白に具現化するのに好適な記憶デバイスは、例として、EPROM、EEPROM、およびフラッシュメモリデバイスなどの半導体メモリデバイスと、内部ハードディスクおよびリムーバブルディスクなどの磁気ディスク、磁気光学ディスク、ならびにDVDディスクと、を含む、不揮発性メモリのすべての形態を含む。前述のいずれも、特別に設計された特定用途向け集積回路（ASIC）によって補完されてもよく、またはそれに組み込まれてもよい。

【0202】

用語

本出願全体を通して使用される用語、略語、および語句の簡単な定義を以下に示す。

【0203】

用語「決定する」およびその変形は、算出する、抽出する、生成する、計算する、処理する、導出する、モデリングする、調査する、探す（例えば、表、データベース、または別のデータ構造で探す）、確認する、およびこれに類するものを含み得る。また、「決定する」はまた、受信する（例えば、情報を受信する）、アクセスする（例えば、メモリ内のデータにアクセスする）、およびこれに類するものを含み得る。また、「決定する」は、解決する、選択する、選ぶ、確立する、およびこれに類するものを含み得る。

【0204】

別段の明示的な指定がない限り、語句「に基づく」は、「にのみ基づく」を意味するものではない。言い換えれば、語句「に基づく」は、「にのみ基づく」および「に少なくとも基づく」の両方を記述する。さらに、用語「および／または」は、「および」または「または」を意味する。例えば、「Aおよび／またはB」は、「A」、「B」、または「AおよびB」を意味することができる。さらに、「A、B、および／またはC」は、「A単独」、「B単独」、「C単独」、「AおよびB」、「AおよびC」、「BおよびC」、または「A、B、およびC」を意味する。

【0205】

用語「接続される」、「結合される」、および「通信可能に結合される」、ならびに関連する用語は、直接的または間接的な接続を指し得る。仕様が、構成要素または特徴が特性に含まれるか、または特性を有する「可能性がある（may）」、「可能性がある（can）」、「可能性がある（could）」、または「可能性がある（might）」と述べている場合、その特定の構成要素または特徴は、特性に含まれるか、または特性を有する必要はない。

【0206】

用語「応答する」または「に応答して」は、アクションが、別のアクションに応答して完全にまたは部分的に実施されることを示し得る。用語「モジュール」は、ソフトウェア、ハードウェア、またはファームウェア（またはそれらの任意の組み合わせ）の構成要素に実装される機能的な構成要素を指す。

【0207】

本明細書に開示される方法は、記載した方法を達成するための1つ以上のステップまたはアクションを含む。記述されている方法の適切な動作のために特定のステップまたはアクションの順序が必要とされる場合を除き、特定のステップおよび／またはアクションの順序および／または使用は、特許請求の範囲から逸脱することなく修正され得る。

【0208】

結論として、本開示は、C-RANとともに使用するためのフロントホールインターフェースのための新規のシステム、方法、および配置を提供する。本開示の1つ以上の構成の詳細な説明が上述されているが、様々な代替、改変、および等価物は、本開示の趣旨から変化することなく、当業者には明らかであろう。例えば、上述の構成は、特定の特徴、機能、手順、構成要素、要素、および／または構造を指すが、本開示の範囲はまた、特徴、機能、手順、構成要素、要素、および／または構造の異なる組み合わせを有する構成、ならびに記述された特徴、機能、手順、構成要素、および／または構造のすべてを含まない構成を含む。したがって、本開示の範囲は、特許請求の範囲の範囲内にあるすべてのこ

うした代替、修正、および変形を、そのすべての等価物とともに包含することを意図される。したがって、上記の記載は、制限として解釈すべきではない。

【0209】

例示の実施形態

実施例1は、クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）であって、複数のリモートユニット（RU）であって、各々が、無線周波数（RF）信号を少なくとも1つのユーザ機器（UE）と交換するように構成されている、複数のリモートユニット（RU）と、フロントホールインターフェースを介して複数のRUに通信可能に結合された中央ユニットであって、中央ユニットが、フロントホールインターフェースにわたって複数のRUに送信されるべきデータのセットを決定することと、複数のRUのうちの少なくとも1つへのデータのセットの各々のマッピングを決定することと、マッピングに基づいて、それぞれのインジケータを各データのセットに追加することであって、各それぞれのインジケータが、それぞれのデータのセットが対象としている各RUを示す、追加することと、それぞれのインジケータを各々が有するデータのセットを、複数のRUにブロードキャストすることと、を行うように構成されている、中央ユニットと、を含む、クラウド無線アクセスネットワーク（C-RAN）を含む。

10

【0210】

実施例2は、中央ユニットが、3GPP第5世代通信システムにおいて動作するように構成された分散ユニット（DU）である、実施例1に記載のC-RANを含む。

【0211】

実施例3は、中央ユニットが、3GPP長期進化（LTE）通信システムにおいて動作するように構成されたベースバンドコントローラである、実施例1または2に記載のC-RANを含む。

20

【0212】

実施例4は、各それぞれのインジケータが、複数のビット位置を含むそれぞれのビットマスクであり、各ビット位置が、複数のRUのうちのそれぞれの1つに対応する、実施例1～3のいずれかに記載のC-RANを含む。

【0213】

実施例5は、各それぞれのインジケータの長さが、C-RANの初期設定中に事前決定および構成されており、各それぞれのインジケータの長さが、0ビット長と、複数のRUの数と等しいビットの数と、のうちの1つである、実施例4に記載のC-RANを含む。

30

【0214】

実施例6は、特定のデータのセットのそれぞれのインジケータにおける特定のビットが設定されているときに、対応するRUが、特定のデータのセットを復号化する、実施例1～5のいずれかに記載のC-RANを含む。

【0215】

実施例7は、特定のデータのセットのそれぞれのインジケータにおける特定のビットが設定されていないときに、対応するRUが、特定のデータのセットを復号化しない、実施例1～6のいずれかに記載のC-RANを含む。

【0216】

実施例8は、マッピングが、C-RANの物理リソースブロック（PRB）グループに基づく、実施例1～7のいずれかに記載のC-RANを含む。

40

【0217】

実施例9は、マッピングが、C-RANの周波数再利用層に基づく、実施例1～8のいずれかに記載のC-RANを含む。

【0218】

実施例10は、特定のデータのセットのマッピングが、特定のデータのセットに関連する少なくとも1つのチャンネルに基づく、実施例1～9のいずれかに記載のC-RANを含む。

【0219】

50

実施例 11 は、フロントホールインターフェースが、少なくとも 1 つのスイッチを含む E T H E R N E T ネットワークを利用する、実施例 1 ~ 10 のいずれかに記載の C - R A N を含む。

【0220】

実施例 12 は、クラウド無線アクセスネットワーク（C - R A N）の中央ユニットによって実施される方法であって、方法が、C - R A N のフロントホールインターフェースにわたって複数の R U に送信されるべきデータのセットを決定することであって、複数の R U が、フロントホールインターフェースを介して中央ユニットに通信可能に結合される、決定することと、複数の R U のうちの少なくとも 1 つへのデータのセットの各々のマッピングを決定することと、マッピングに基づいて、それぞれのインジケータを各データのセットに追加することであって、各それぞれのインジケータが、それぞれのデータのセットが対象としている各 R U を示す、追加することと、それぞれのインジケータを各々が有するデータのセットを、複数の R U にブロードキャストすることと、を含む、方法を含む。

10

【0221】

実施例 13 は、中央ユニットが、3 G P P 第 5 世代通信システムにおいて動作するように構成された分散ユニット（D U）である、実施例 12 に記載の方法を含む。

【0222】

実施例 14 は、中央ユニットが、3 G P P 長期進化（L T E）通信システムにおいて動作するように構成されたベースバンドコントローラである、実施例 12 または 13 に記載の方法を含む。

20

【0223】

実施例 15 は、各それぞれのインジケータが、複数のビット位置を含むそれぞれのビットマスクであり、各ビット位置が、複数の R U のうちのそれぞれの 1 つに対応する、実施例 12 ~ 14 のいずれかに記載の方法を含む。

【0224】

実施例 16 は、各それぞれのインジケータの長さが、C - R A N の初期設定中に事前決定および構成されており、各それぞれのインジケータの長さが、0 ビット長と、複数の R U の数と等しいビットの数と、のうちの 1 つである、実施例 15 に記載の方法を含む。

【0225】

実施例 17 は、特定のデータのセットのそれぞれのインジケータにおける特定のビットが設定されているときに、対応する R U が、特定のデータのセットを復号化する、実施例 12 ~ 16 のいずれかに記載の方法を含む。

30

【0226】

実施例 18 は、特定のデータのセットのそれぞれのインジケータにおける特定のビットが設定されていないときに、対応する R U が、特定のデータのセットを復号化しない、実施例 12 ~ 17 のいずれかに記載の方法を含む。

【0227】

実施例 19 は、マッピングが、C - R A N の物理リソースブロック（P R B）グループに基づく、実施例 12 ~ 18 のいずれかに記載の方法を含む。

【0228】

実施例 20 は、マッピングが、C - R A N の周波数再利用層に基づく、実施例 12 ~ 19 のいずれかに記載の方法を含む。

40

【0229】

実施例 21 は、特定のデータのセットのマッピングが、特定のデータのセットが関連する少なくとも 1 つのチャネルに基づく、実施例 12 ~ 20 のいずれかに記載の方法を含む。

【0230】

実施例 22 は、フロントホールインターフェースが、少なくとも 1 つのスイッチを含む E T H E R N E T ネットワークを利用する、実施例 12 ~ 21 のいずれかに記載の方法を含む。

50

【図面】
【図 1 A】

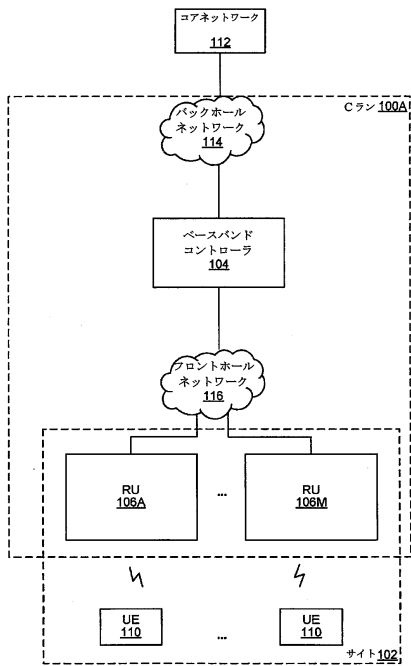


図 1 A

【図 1 B】

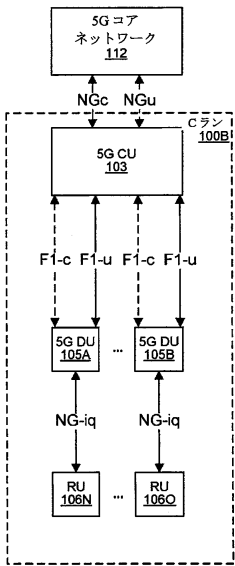


図 1 B

【図 2】

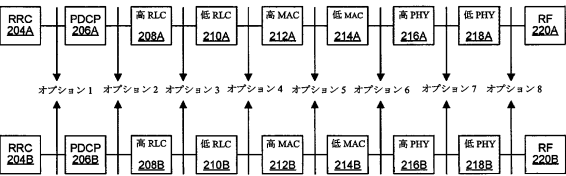


図 2

【図 3】

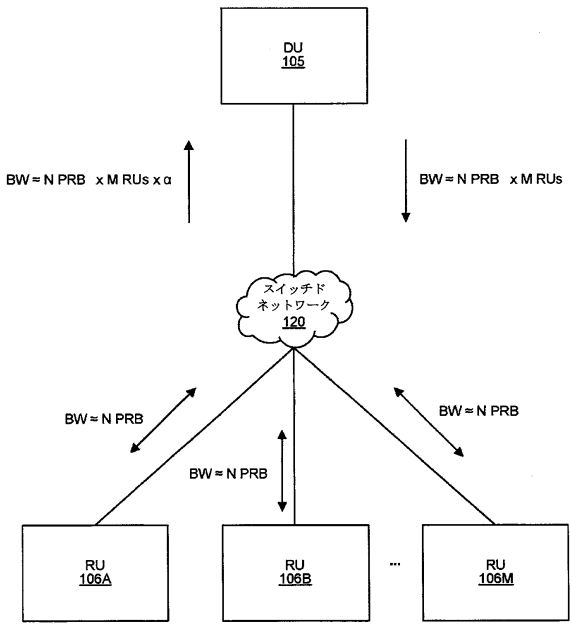


図 3

【図 4】

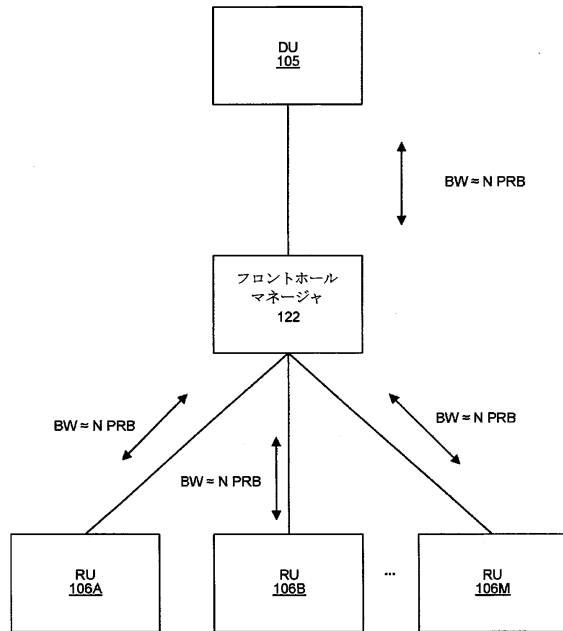


図 4

【図 5】

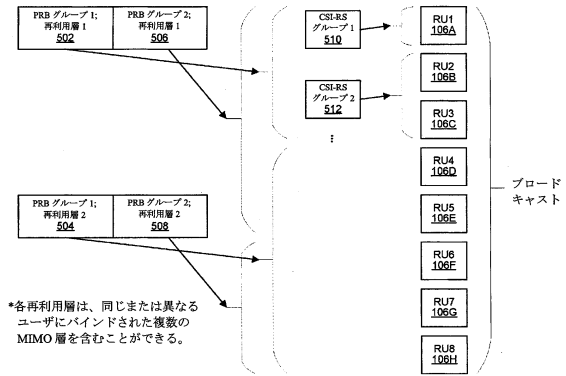


図 5

【図 6 A】

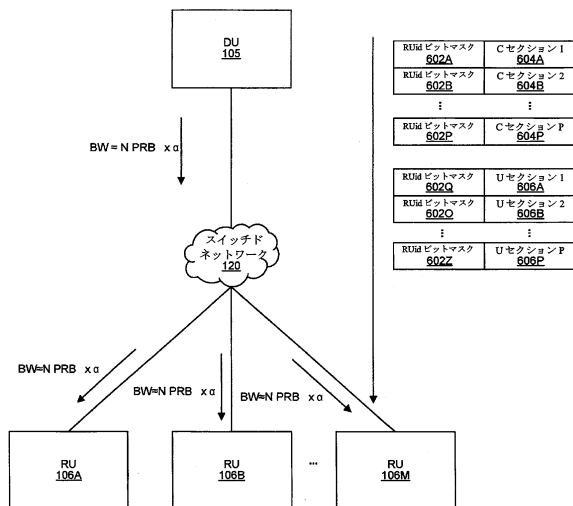


図 6 A

【図 6 B】

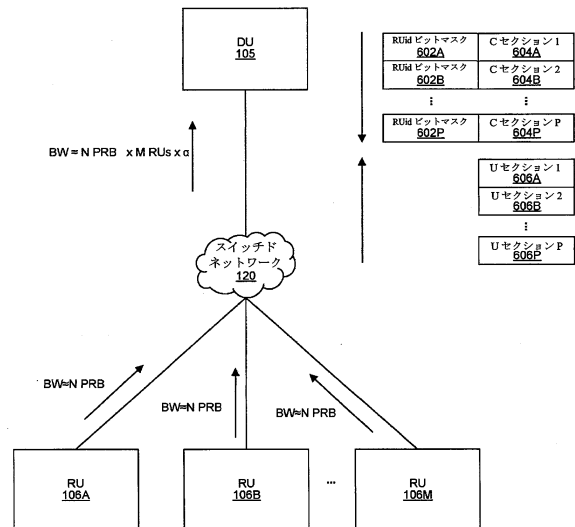


図 6 B

10

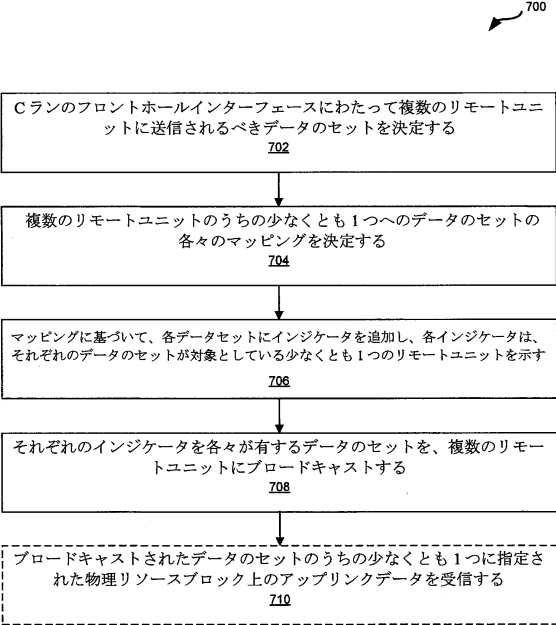
20

30

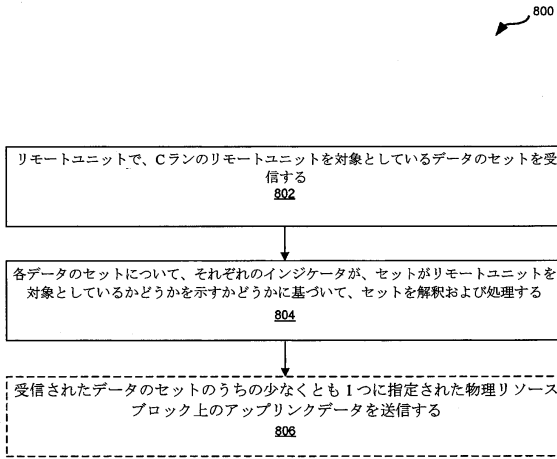
40

50

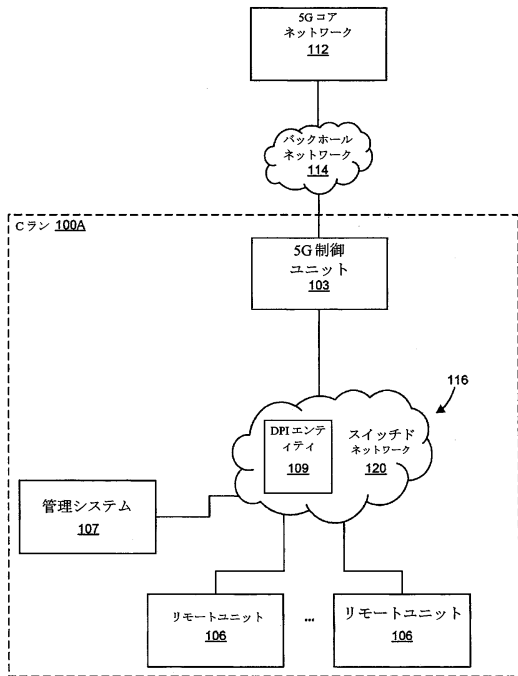
【図 7】



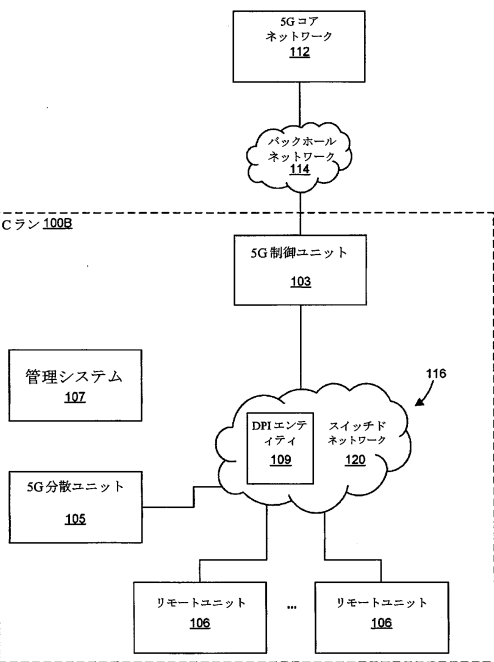
【図 8】



【図 9 A】



【図 9 B】



10

20

30

40

50

【図 1 0】

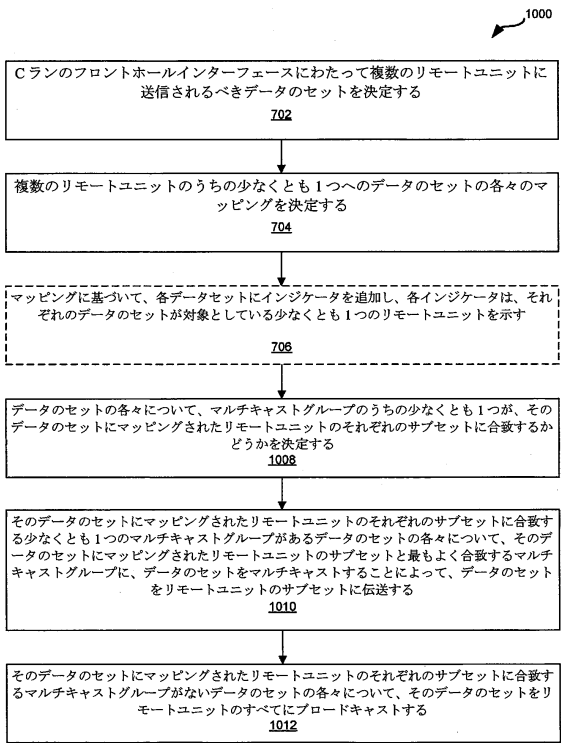


図 1 0

【図 1 1】

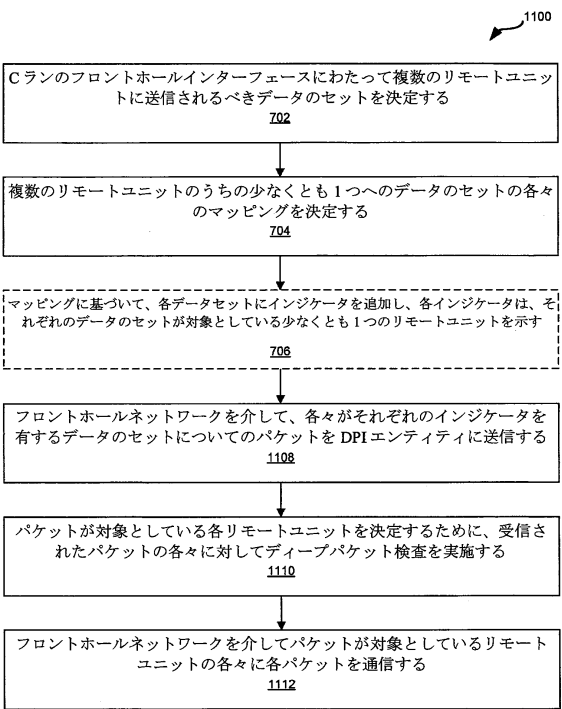


図 1 1

【図 1 2】

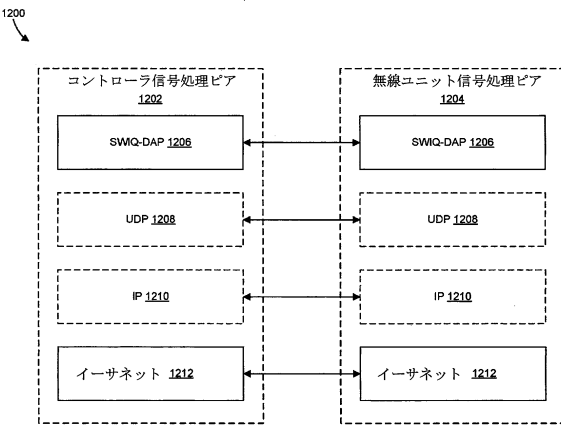


図 1 2

【図 1 3 A】

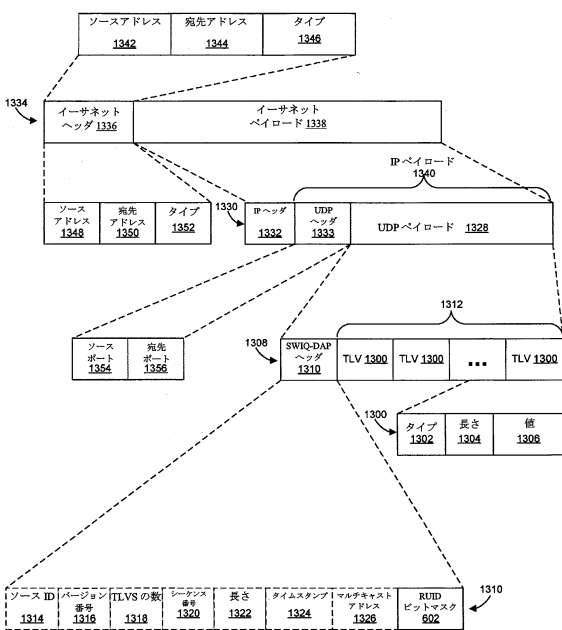


図 1 3 A

【図 16】

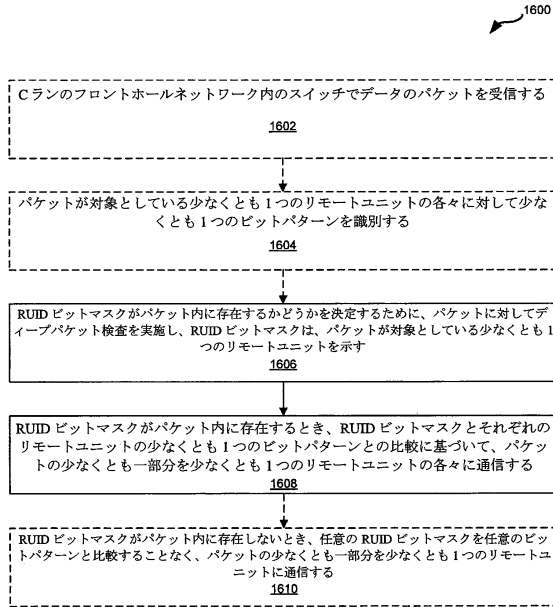


図 16

【図 17】

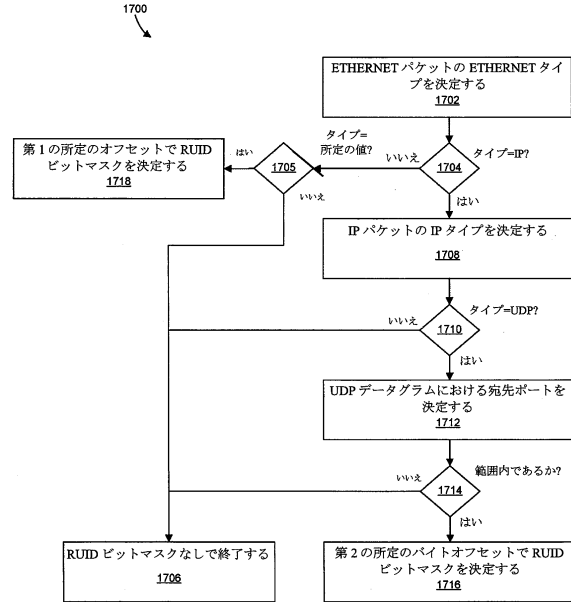


図 17

【図 18】

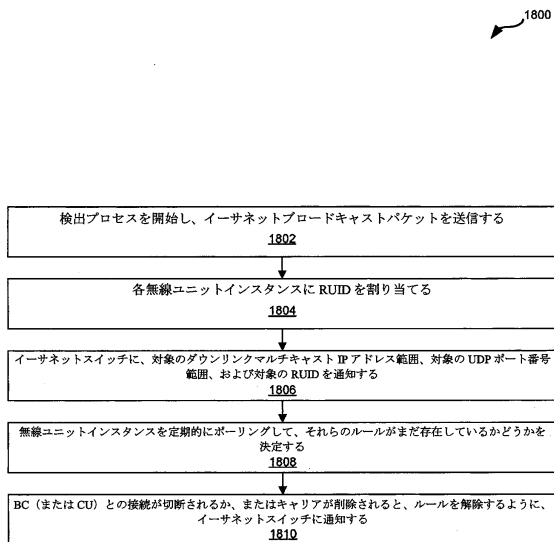


図 18

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/956,402

(32)優先日 令和2年1月2日(2020.1.2)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

プレイス サウスイースト 1100, コムスコープ テクノロジーズ リミティド ライアビリティ
カンパニー

(72)発明者 サラフッディーン, イルファーン・アハメド

アメリカ合衆国ノース・カロライナ州28602, ヒッコリー, コムスコープ プレイス サウスイ
ースト 1100, コムスコープ テクノロジーズ リミティド ライアビリティ カンパニー

(72)発明者 バラベル, アーサー・ジェイ

アメリカ合衆国ノース・カロライナ州28602, ヒッコリー, コムスコープ プレイス サウスイ
ースト 1100, コムスコープ テクノロジーズ リミティド ライアビリティ カンパニー

審査官 米倉 明日香

(56)参考文献 米国特許出願公開第2017/0164336 (US, A1)

特表2019-525650 (JP, A)

ウメシュ アニール, O-RANフロントホール仕様概要, NTT DOCOMOテクニカル・ジャー
ナル Vol.27 No.1, 2019年04月

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04B 7/24- 7/26

H04W 4/00-99/00

3GPP TSG RAN WG1-4

SA WG1-4

CT WG1、4