

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-534219

(P2017-534219A)

(43) 公表日 平成29年11月16日(2017. 11. 16)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H03F	1/07	(2006.01)	H03F	1/07
H03F	3/24	(2006.01)	H03F	3/24
				5 J 5 0 0

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-525367 (P2017-525367)	(71) 出願人	314015767
(86) (22) 出願日	平成27年11月10日 (2015. 11. 10)		マイクロソフト テクノロジー ライセン
(85) 翻訳文提出日	平成29年5月10日 (2017. 5. 10)		シング, エルエルシー
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/059802		アメリカ合衆国 ワシントン州 9805
(87) 国際公開番号	W02016/077257		2 レッドモンド ワン マイクロソフト
(87) 国際公開日	平成28年5月19日 (2016. 5. 19)		ウェイ
(31) 優先権主張番号	14/543, 635	(74) 代理人	100107766
(32) 優先日	平成26年11月17日 (2014. 11. 17)		弁理士 伊東 忠重
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(74) 代理人	100091214
			弁理士 大貫 進介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線周波数信号を増幅する電力増幅器

(57) 【要約】

無線周波数信号を増幅する電力増幅器が提供される。電力増幅器は、エンベロープトラッキング電源と、エンベロープトラッキング電源と結合され、無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器と、増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、増幅された無線周波数信号をキャリア増幅器から分けるよう構成される入力整合ネットワークと、エンベロープトラッキング電源と結合され、入力整合ネットワークからの増幅された無線周波数信号の1つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器と、入力整合ネットワークからの増幅された無線周波数信号の他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成器と、ピーク増幅器及びインピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークとを有する。

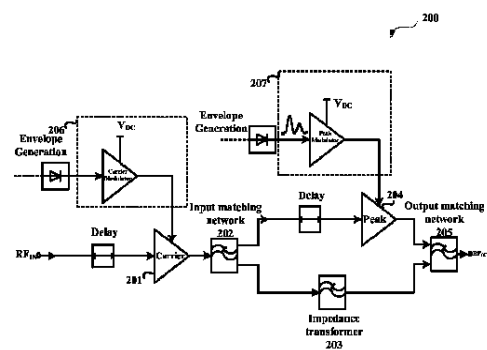


Fig. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線周波数信号を増幅する電力増幅器であって、
エンベロープトラッキング電源と、

前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器と、

前記増幅された無線周波数信号の 1 つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される入力整合ネットワークと、

前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記 1 つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器と、

前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成器と、

前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークと

を有し、

前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される、

電力増幅器。

【請求項 2】

前記エンベロープトラッキング電源の出力は、交流成分及び直流成分の組み合わせであり、

前記交流成分は、前記エンベロープトラッキング電源の線形変調器によって供給され、前記直流成分は、外部直流電源によって供給される、

請求項 1 に記載の電力増幅器。

【請求項 3】

前記入力整合ネットワークは、前記インピーダンス変成器経路の入力インピーダンスに対する前記ピーク増幅器経路の入力インピーダンスの比に従って、前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される、

請求項 1 に記載の電力増幅器。

【請求項 4】

前記入力整合ネットワークは、前記ピーク増幅器がオンされるときに、該ピーク増幅器の動作に従って、前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される、

請求項 1 に記載の電力増幅器。

【請求項 5】

前記入力整合ネットワーク及び前記出力整合ネットワークは、1 つ以上の LC 対が省略されるように 1 つ以上の共振を生じるよう互いと整合される、

請求項 1 に記載の電力増幅器。

【請求項 6】

前記入力整合ネットワーク及び前記出力整合ネットワークは、集中素子を含む集中定数ネットワークによって、分布パラメータによって、又はそれらの組み合わせによって、実装される、

請求項 1 に記載の電力増幅器。

【請求項 7】

前記ピーク増幅器経路に沿って進む前記増幅された無線周波数信号の前記 1 つの部分、及び前記インピーダンス変成器経路に沿って進む前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分は、0 から 180 ° の任意の値だけ相互に位相がずれている、

請求項 1 に記載の電力増幅器。

【請求項 8】

無線周波数信号を増幅する多段電力増幅器であって、
エンベロープトラッキング電源と、夫々の段とを有し、
前記夫々の段は、

前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器と、

前記増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される入力整合ネットワークと、

前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器と、

前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成器と、

前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークと

を有し、

前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される、

多段電力増幅器。

【請求項9】

前記エンベロープトラッキング電源の出力は、交流成分及び直流成分の組み合わせであり、

前記交流成分は、前記エンベロープトラッキング電源の線形変調器によって供給され、前記直流成分は、外部直流電源によって供給される、

請求項8に記載の多段電力増幅器。

【請求項10】

無線周波数信号を増幅する電力増幅器であって、

エンベロープトラッキング電源と、マルチネスト構造を形成するよう直列及び並列の組み合わせにおいて接続されている複数のサブ増幅回路とを有し、

夫々のサブ増幅回路は、

前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器と、

前記増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される入力整合ネットワークと、

前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器と、

前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成器と、

前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークと

を有し、

前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される、

電力増幅器。

【請求項11】

前記エンベロープトラッキング電源の出力は、交流成分及び直流成分の組み合わせであり、

前記交流成分は、前記エンベロープトラッキング電源の線形変調器によって供給され、

前記直流成分は、外部直流電源によって供給される、
請求項 10 に記載の電力増幅器。

【請求項 12】

前記入力整合ネットワークは、前記インピーダンス変成器経路の入力インピーダンスに対する前記ピーク増幅器経路の入力インピーダンスの比に従って、前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される、

請求項 10 に記載の電力増幅器。

【請求項 13】

無線周波数信号を増幅する方法であって、

キャリア増幅器により前記無線周波数信号を増幅することと、

前記増幅された無線周波数信号の 1 つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、入力整合ネットワークにより前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けることと、

前記ピーク増幅器経路内のピーク増幅器により前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記 1 つの部分を増幅することと、

前記インピーダンス変成器経路内のインピーダンス変成器により前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うことと、

出力整合ネットワークにより前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合することと

を有し、

前記キャリア増幅器及び前記ピーク増幅器は、エンベロープトラッキング電源によって給電され、前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される、方法。

【請求項 14】

前記エンベロープトラッキング電源の出力は、交流成分及び直流成分の組み合わせであり、

前記交流成分は、前記エンベロープトラッキング電源の線形変調器によって供給され、前記直流成分は、外部直流電源によって供給される、

請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記増幅された無線周波数信号は、前記インピーダンス変成器経路の入力インピーダンスに対する前記ピーク増幅器経路の入力インピーダンスの比に従って分けられる、

請求項 13 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の例となる実施形態は、概して、信号増幅に関係がある。より具体的には、本開示の例となる実施形態は、無線周波数 (radio frequency) (“RF”) 信号を増幅する電力増幅器 (power amplifiers) (“PAs”) に関係がある。

【背景技術】

【0002】

背景技術についての以下の記載は、本開示より前に当該技術で知られていなかったが本開示によって提供される開示とともに、見識、発見、理解若しくは開示、又は関連性を含み得る。本開示のいくつかのそのような寄与は、以下で具体的に指し示され得るが、一方で、本開示の他のそのような寄与は、それらの状況から明らかである。

【0003】

モバイル通信システムの進化とともに、例えば、Global System for Mobile Communications (“GSM”)、Enhanced Data rates for GSM Evolution (“EDGE”

10

20

30

40

50

”)、Universal Mobile Telecommunications System (“UMTS”)、High Speed Link Packet Access (“HSPA”)、Long Term Evolution (“LTE”)、Long Term Evolution Advanced (“LTE-A”)などのような、様々な無線通信技術が、標準化されてリリースされてきた。それらの標準の夫々は、特定の信号仕様、変調タイプ、伝送電力要件、及び専用の動作周波数帯域を有しており、それらは世界中で地理的領域ごとに異なっている。例えば、既存の無線通信標準及び周波数プランニングに従って、例えば、2G GSM標準では850、900、1800及び1900MHz帯域で、3G標準では850、900、1800、1900及び2100MHz帯域で、3.9G周波数分割デュプレクス(Frequency Division Duplex) (“FDD”) – LTE標準では700、800、850、900、1700、1800、1900、2100及び2600MHz帯域で、そして、3.9G時分割デュプレクス(Time Division Duplex) (“TDD”) – LTE標準では2300、2600及び2700MHz帯域でモバイルデバイスが動作するための2、3の周波数帯域が存在する。

【0004】

上述されたような異なる周波数帯域の下で国際ローミング機能を実行する無線通信ユーザに提供するために、共存する様々な通信標準及び複数の周波数帯域間の相互運用性をサポートするモバイルデバイスは、一般にマルチモード・マルチバンド(Multi-Mode Multi-Band) (“MMMB”) デバイスと呼ばれており、新たに出現している。そのようなMMMB対応モバイルデバイスは、一般に、MMMB RF PA回路を含み、その回路において、分離した低電圧インピーダンスRF PAが夫々の動作周波数範囲について配置されている。例えば、デュアル周波数帯域動作において、既存のMMMB RF PAは、2つの分離した低電圧インピーダンスPAを必要とする。従って、多重周波数帯域動作をサポートするために、相応に複数の分離した低電圧インピーダンスPAが存在することになる。しかし、単一のモバイルデバイスにおいてそのような多数の分離した低電圧インピーダンスPAを配置することは、モバイルデバイスのサイズ、費用、及び複雑さを増すこととなり、困難である。同じことは、異なる無線通信システムにおいてNode B、エボルブド(evolved) Node B (“eNB”) などとも呼ばれ得る基地局で実装される信号増幅にも当てはまる。

【0005】

従って、より低い周波数範囲にわたって動作することができる、よりパワフル且つ効率的な電力増幅器の必要性が存在する。

【発明の概要】

【0006】

以下は、本開示のいくつかの態様の基本的理解を提供するために、本開示の簡単な概要を提示する。この概要は、本開示の広範囲の総括ではなく、本開示の重要／決定的な要素を識別すること又は本開示の適用範囲を線引きすることは意図されない点が留意されるべきである。その唯一の目的は、後に提示されるより詳細な説明に対する前置きとして簡略化された形で本開示のいくつかの概念を提示することである。

【0007】

本開示の態様に従って、無線周波数信号を増幅する電力増幅器が提供される。当該電力増幅器は、エンベロープトラッキング電源を有する。当該電力増幅器は、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器を更に有する。当該電力増幅器は、前記増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される入力整合ネットワークを更に有する。当該電力増幅器は、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器を更に有する。当該電力増幅器は、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成

器を更に有する。当該電力増幅器は、前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークを更に有し、前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される。

【0008】

一実施形態において、前記エンベロープトラッキング電源の出力は、交流成分及び直流成分の組み合わせであり、前記交流成分は、前記エンベロープトラッキング電源の線形変調器によって供給され、前記直流成分は、外部直流電源によって供給される。

【0009】

他の実施形態において、前記入力整合ネットワークは、前記インピーダンス変成器経路の入力インピーダンスに対する前記ピーク増幅器経路の入力インピーダンスの比に従って、前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される。

10

【0010】

更なる他の実施形態において、前記入力整合ネットワークは、前記ピーク増幅器がオンされるときに、該ピーク増幅器の動作に従って、前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される。

【0011】

更なる実施形態において、前記入力整合ネットワーク及び前記出力整合ネットワークは、1つ以上のLC対が省略されるように1つ以上の共振を生じるよう互いと整合される。

【0012】

一実施形態において、前記入力整合ネットワーク及び前記出力整合ネットワークは、集中素子を含む集中定数ネットワークによって、分布パラメータによって、又はそれらの組み合わせによって、実装される。

20

【0013】

他の実施形態において、前記ピーク増幅器経路に沿って進む前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分、及び前記インピーダンス変成器経路に沿って進む前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分は、0から180°の任意の値だけ相互に位相がずれている。

【0014】

本開示の態様に従って、無線周波数信号を増幅する多段電力増幅器であって、エンベロープトラッキング電源と、夫々の段とを有し、該夫々の段は、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器と、前記増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される入力整合ネットワークと、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器と、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成器と、前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークとを有し、前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される、多段電力増幅器が提供される。

30

40

【0015】

本開示の他の態様に従って、無線周波数信号を増幅する電力増幅器であって、エンベロープトラッキング電源と、前記無線周波数信号の複数の各部が複数の各サブ増幅回路経路に沿って進むように前記無線周波数信号を分けるよう構成される電力分割ノードと、複数の各サブ増幅回路経路の各々の出力を結合するよう構成される電力結合ノードとを有する、電力増幅器が提供される。複数の各サブ増幅回路経路の夫々は、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器

50

と、前記増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される入力整合ネットワークと、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器と、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成器と、前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークとを有し、前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される。

10

【0016】

本開示の態様に従って、無線周波数信号を増幅する電力増幅器が提供される。当該電力増幅器は、エンベロープトラッキング電源と、マルチネスト (multi-nested) 構造を形成するよう直列及び並列の組み合わせにおいて接続されている複数のサブ増幅回路とを有する。夫々のサブ増幅回路は、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記無線周波数信号を増幅するよう構成されるキャリア増幅器と、前記増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けるよう構成される入力整合ネットワークと、前記エンベロープトラッキング電源と結合され、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分を増幅するよう構成されるピーク増幅器と、前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うよう構成されるインピーダンス変成器と、前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合するよう構成される出力整合ネットワークとを有し、前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される。

20

【0017】

本開示の更なる他の態様に従って、無線周波数信号を増幅する方法が提供される。当該方法は、キャリア増幅器により前記無線周波数信号を増幅することを有する。当該方法は、前記増幅された無線周波数信号の1つの部分がピーク増幅器経路に沿って進み、前記増幅された無線周波数信号の他の部分がインピーダンス変成器経路に沿って進むように、入力整合ネットワークにより前記キャリア増幅器から前記増幅された無線周波数信号を分けることを更に有する。当該方法は、前記ピーク増幅器経路内のピーク増幅器により前記入力整合ネットワークからの前記増幅された無線周波数信号の前記1つの部分を増幅することを更に有する。当該方法は、前記インピーダンス変成器経路内のインピーダンス変成器により前記増幅された無線周波数信号の前記他の部分に対してインピーダンス変換を行うことを更に有する。当該方法は、出力整合ネットワークにより前記ピーク増幅器及び前記インピーダンス変成器の出力を結合することを更に有し、前記キャリア増幅器及び前記ピーク増幅器は、エンベロープトラッキング電源によって給電され、前記ピーク増幅器は、前記無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオンされるよう構成される。

30

40

【0018】

当業者は、本開示の教示に基づき、上述された本開示の態様及び例となる実施形態が別々に又は組み合わせて利用されてよく、異なる組み合わせ形態が以下で記載されるように本開示の少なくともいくつかの意図を目標とするよう構成されてよいと理解し得る。

【0019】

本開示の実施形態に従って、入力及び出力整合ネットワークは、例えば、多段、並列、直列、又はマルチネスト型構造のような、様々な構造を形成するよう柔軟に配置され得、それによって、結果として現れる電力増幅器は、例えば、3G無線通信及び4Gを越える

50

、高いピーク対平均電力比 (Peak To Average Power Ratio) (“ P A P R ”) のために、更なる出力パワーバックオフを許容し得る。更には、技術的实施の角度から、L C 対共振を用いて、よりずっとコンパクトな設計のための、整合ネットワークの複雑さの低減及び L C 除去も、実現され得る。

【0020】

その上、ピーク増幅器経路及びインピーダンス変成器経路において分けられたアウトフェーズ信号は、4分の1波長による従来の固定90°ではなく、0から180°の任意の角度又は位相として構成され得る。これは、より広い帯域幅及び効率最適化のために調整するのに有利である。更には、それは、アウトフェーズ分割特徴によって得られる固有線形化によって、フルパワー出力でのアウトフェーズ歪みを相殺し得る。

10

【0021】

更には、先行技術における並列配置と比較して、本開示のエンベロープトラッキングキャリア及びピーク増幅器間の直列接続によれば、固有電力利得は増大し、送信機全体におけるプロファイル低減が得られる。また、ピーク増幅器とインピーダンス変成器との間の位相整合は、並列な2つのアクティブデバイス (例えば、従来のドハティ (Doherty) 電力増幅器におけるキャリア増幅器及びピーク増幅器) よりも達成するのが容易である。これは、2つのアクティブデバイスの短期及び長期メモリ効果が補償及び線形化されることが、より困難であるからである。その上、添付の図で示されるように、キャリア増幅器及びピーク増幅器の直列接続は、送信機チェーンの効率特性を更に改善するよう、ドライバ段、すなわち、キャリア増幅器、を有効にし得るラインアップ (line-up) 配置を形成し得る。それによって、それは、エンベロープトラッキング電源を単一の増幅段に適用することと比べて、よりずっと大きいラインアップ効率改善をもたらし得る。

20

【図面の簡単な説明】

【0022】

本開示の実施形態は、例という意味で提示されており、それらの利点は、添付の図面を参照して以下で更に詳細に説明される。

【0023】

【図1】従来のドハティ増幅器を表す概略図である。

【0024】

【図2】本開示の実施形態に従って、図1で表される従来のドハティ増幅器に基づく電力増幅器を表す概略図である。

30

【0025】

【図3a】本開示の実施形態に従って、低電力モードで動作している、無線周波数 (“ R F ”) 信号を増幅する電力増幅器を表す概略図である。

【0026】

【図3b】本開示の実施形態に従って、図3aで表される電力増幅器についての効率対出力電力の略プロットである。

【0027】

【図4a】本開示の実施形態に従って、高電力モードで動作している、R F 信号を増幅する電力増幅器を表す概略図である。

40

【0028】

【図4b】本開示の実施形態に従って、図4aで表される電力増幅器についての効率対出力電力の略プロットである。

【0029】

【図5】本開示の実施形態に従って、図3a及び4aで表される電力増幅器を各段が含む、R F 信号を増幅する直列配置多段電力増幅器を表す概略図である。

【0030】

【図6】本開示の実施形態に従って、図3a及び4aで表される電力増幅器が複数台並列に接続されている、R F 信号を増幅する電力増幅器を表す並列配置概略図である。

【0031】

50

【図 7】本開示の実施形態に従って、図 3 a 及び 4 a で表される電力増幅器が複数台直列に接続されている、R F 信号を増幅する電力増幅器を表すネスト配置概略図である。

【0032】

【図 8】本開示の実施形態に従って、R F 信号を増幅する方法を概略的に表すフローチャートである。

【0033】

【図 9】本開示の実施形態に従う電力増幅器の可能な回路実装を表す概略図である。

【0034】

【図 10】本開示の実施形態に従う電力増幅器、従来のドハティ電力増幅器、及び従来のクラス A B / B 電力増幅器についての効率対出力電力の各々のプロットを概略的に表す図である。

10

【0035】

【図 11】エンベロープ信号の確率密度関数 (probability density function) (“ P D F ”) を考慮しながら、本開示の実施形態に従う電力増幅器、従来のドハティ電力増幅器、及び従来の固定直流 (D C) 供給型クラス A B 電力増幅器についての効率対出力電力バックオフ特性の各々のプロットを概略的に表す図である。

【0036】

【図 12】本開示の実施形態に従って、キャリア増幅器電力利得及びそのドレイン効率に対するラインアップ電力付加効率特性プロットを概略的に表す図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0037】

本開示は、これより、本開示の特定の実施形態が示されている添付の図面を参照して以降でより十分に記載される。本開示は、しかしながら、多数の異なる形態において具現化されてよく、本願で示される実施形態に制限されるものとして解釈されるべきではない。むしろ、それらの実施形態は、本開示が完全且つ完べきであって、本開示の適用範囲を当業者に十分に伝えるように、一例として与えられている。同じ参照符号は、本明細書の全体を通して同じ要素を参照する。

【0038】

一般に、特許請求の範囲で使用される全ての語は、本願で別なふうに明示的に定義されない限りは、当該技術分野におけるそれらの通常の意味に従って解釈されるべきである。

30

「1 つ (a/an) の / 前記 (the) 要素、装置、コンポーネント、手段、ステップ、など」の全ての言及は、別なふうに明示的に述べられない限りは、要素、装置、コンポーネント、手段、ステップ、などの少なくとも 1 つのインスタンスに言及するものとして公然と解釈されるべきである。本願で開示されるいずれかの方法のステップは、明示的に述べられない限りは、開示されている正確な順序で実施される必要はない。本開示の態様のいずれかに関する上記及び下記の議論はまた、本開示のいずれかの他の態様に関連した部分にも適用される。

【0039】

効率に対する増え続ける要求を考慮して、ドハティ増幅器は、3 G 以降のためのモバイル通信用途においてポピュラーな電力増幅器になっている。本開示のより良い理解のために、以下は、図 1 に関連してドハティ増幅器 100 についての簡単な紹介を与える。

40

【0040】

図 1 で表されるように、変調された R F 入力信号 $R F_{I N}$ は、分割ノード 101 へ供給される。分割ノード 101 は、電力スプリッタとも呼ばれることがあり、R F 入力信号 $R F_{I N}$ を “キャリアパス” (表されている下部分) 及び “ピークパス” (表されている上部分) に沿って分ける。キャリアパスは、一般に、キャリア (carrier) (“ C ”) 電力増幅器 102 と、その後続く伝送線路 (transmission line) (“ T L ”) 103 とを含む。伝送線路 103 は、動作帯域幅の中心周波数で又はその近くで 90° 位相シフトを供給するような大きさにされる。キャリアパスは結合ノード 104 で終端する。結合ノード 104 は、変圧器と結合され、最終的にはアンテナへ結合され得る (図示せず。)。ピ

50

ークパスは、動作帯域幅の中心周波数で又はその近くで 90° 位相シフトを供給するような大きさにされる伝送線路（“TL”）105と、その後に続くピーク（peak）（“P”）電力増幅器106とを含む。そのようなものとして、キャリアパス及びピークパスの両方に沿って供給されるRF入力信号 RF_{IN} は、それらが各々のキャリア電力増幅器102及びピーク電力増幅器106によって増幅されるときに、互いに位相が 90° ずれている。キャリアパスと同様に、ピークパスは結合ノード104で終端する。

【0041】

上述の従来のドハティ増幅器100では、キャリア電力増幅器102は、一般に、固定DC供給型クラスA/B（又はB）増幅器を設け、ピーク電力増幅器106は、クラスC増幅器を設ける。動作中、RF入力信号 RF_{IN} は分けられて、キャリアパス及びピークパスに沿って各々のキャリア電力増幅器102及びピーク電力増幅器106へ向けられる。

10

【0042】

ドハティ増幅器100は、一般に、2つの動作モードを有すると考えられる。第1動作モードでは、キャリア電力増幅器102のみがオンされ、RF入力信号 RF_{IN} を増幅するよう動作する。第2動作モードでは、キャリア電力増幅器102及びピーク電力増幅器106の両方が、各々のキャリアパス及びピークパスにおいてRF入力信号 RF_{IN} を増幅するよう動作する。2つの動作モード間の閾値は、キャリア電力増幅器102が飽和状態となるキャリアパスにおけるRF入力信号 RF_{IN} の大きさに対応する。

【0043】

第1動作モードでは、RF入力信号 RF_{IN} のレベルは閾値を下回り、キャリア電力増幅器102は、キャリアパスにおけるRF入力信号 RF_{IN} の部分を増幅する。その間に、ピーク電力増幅器106はオフされており、ほとんど電力を消費しない。このようにして、キャリア電力増幅器102のみが、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} を結合ノード104へ供給する。従って、ドハティ増幅器の全体的な効率は、主としてキャリア電力増幅器102の効率によって決定される。

20

【0044】

対照的に、第2動作モードでは、RF入力信号 RF_{IN} のレベルは閾値以上であり、キャリア電力増幅器102は飽和し、その最大電力を結合ノード104へ伝送線路103を経由して供給する。更には、RF入力信号 RF_{IN} は所与の閾値を超えるので、ピーク電力増幅器106がオンし、ピークパスに沿って流れるRF入力信号 RF_{IN} の部分を増幅し始める。RF入力信号 RF_{IN} が所与の閾値を超えて上昇し続けるにつれて、ピーク電力増幅器106は、ピーク電力増幅器106も飽和状態になるまで、より多くの電力を結合ノード104へ供給する。キャリアパス及びピークパスにおいて伝送線路103及び105を配置することによって、各経路における増幅信号は同相で結合ノード104に届き、RF出力信号 RF_{OUT} を形成するようリアクティブ結合され得る。第2動作モードでは、キャリア電力増幅器102及びピーク電力増幅器106の両方が増幅信号を結合ノード104へ供給しており、ドハティ増幅器100の全体的な出力電力は、事実上、キャリア電力増幅器102及びピーク電力増幅器106の出力電力の和であることが分かる。

30

【0045】

ドハティ増幅器100は、従来の線形増幅器、例えば、クラスA/A B/Bと比べて、相対的に効率がよいものの、比較的限られた動作帯域幅を有している。結果として、単一の通信帯域をサポートしさえすればよい通信デバイスについては、ドハティ電力増幅器の限られた動作帯域幅は問題を引き起こさない。しかし、最新の通信デバイスは、広範な動作周波数にわたって異なる変調技術を用いる様々な通信標準をサポートすることをしばしば求められる。このことは、何らかの改善なしには従来のドハティ増幅器100によって容易に実現され得ない。

40

【0046】

背景部分で先に論じられたように、MMMB対応モバイルデバイス及び基地局を提供するために、開発者及び設計者は、異なる通信帯域のための複数の電力増幅器チェーンをし

50

ばしば用いる。このことは、モバイルデバイス及び基地局のサイズを小さくすること、などの回路配置の複雑さに起因して、実施するのが困難であり且つ費用効率が悪い。

【0047】

上記を鑑みて、本開示は、図2を参照して以下で説明される、従来のドハティ増幅器に基づく回路構造を提案する。

【0048】

図2は、図1で表された従来のドハティ増幅器に基づく、本開示の実施形態に従う電力増幅器200を表す概略図である。

【0049】

図2で表されるように、電力増幅器200は、直列接続された2つの増幅器、すなわち、キャリア増幅器201及びピーク増幅器204を含む。これらの増幅器は、それら自身のエンベロープトラッキング電源、すなわち、固定DC供給（“ V_{DC} ”）を有するキャリア変調器206及びピーク変調器207によって、夫々給電される。キャリア増幅器201及びピーク増幅器204は、ここでは、従来のドハティ増幅器100において含まれていたものと同様である。

【0050】

動作中に、キャリア増幅器201は、図1における伝送線路103と同様の遅延回路によって遅延され得るRF入力信号 RF_{IN} を受信し、RF入力信号 RF_{IN} を増幅する。次いで、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} は、入力整合ネットワーク202へ供給される。入力整合ネットワーク202は、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} を、例えば、電力比及び位相に関して、分割し得る。このようにして、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} の1つの部分は、ピーク増幅器経路（図示される上部分）に沿って進み、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} の他の部分は、インピーダンス変成器経路（図示される下部分）に沿って進む。一実施形態において、入力整合ネットワーク202は、インピーダンス変成器経路の入力インピーダンスに対するピーク増幅器経路の入力インピーダンスの比に従って、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} を分けるよう構成される。他の実施形態では、入力整合ネットワーク202は、ピーク増幅器204がオンされるときに、ピーク増幅器204の動作に従って、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} を分けるよう構成される。更なる実施形態では、入力整合ネットワーク202は、増幅されたRF入力信号 RF_{IN} をキャリア増幅器201から分け、ピーク増幅器経路及びインピーダンス変成器経路を対象とするインピーダンス整合及びフェージング動作を実施するよう構成されるsingle-to-differentiated（“S2D”）整合ネットワークとして実装され得る。

【0051】

例えば、入力整合ネットワークの出力ブランチは、最適化された電氣的長さにより、ピーク増幅器経路とインピーダンス変成器経路との間の位相差を補償し得る。更には、入力整合ネットワーク202は、キャリア出力端子と最終出力との間の十分に整合された経路選択と、振幅変調（amplitude-modulation）（AM/AM）及び位相変調（phase-modulation）（AM/PM）の両方の変動を低減する補償位相とを提供するよう、出力整合ネットワーク205と協働し得る。これは、出力電力レベルが、以下で論じられるように、インピーダンス変成器203とピーク増幅器204との間で位相変動により変化して大いに歪み得るからである。

【0052】

電力増幅器200は、インピーダンス変成器経路において配置されるインピーダンス変成器203と、ピーク増幅器経路において配置されるピーク増幅器204とを更に含む。ピーク増幅器204は、従来のドハティ増幅器100において含まれていたものと同様のもであって、RF入力信号 RF_{IN} の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づきオン又はオフされるよう構成される。本開示の実施形態に従って、より高いピーク電力効率を有しているクラスE/F/F-1/Jなどの高効率スイッチモード電力増幅器アーキテクチャを形成するよう、様々な高調波オープン/ショート結合によるキャリア増幅器201及びピーク増幅器204のための柔軟な高調波チューニングを実施することが可能である。

【0053】

一実施形態において、インピーダンス変成器203は、任意の位相シフトインピーダンス変成器として実装され得る。例えば、それは、4分の1波長インピーダンス変成器又は伝送線路として具現化されてよく、例えば、ローパスLCネットワークによって実装され、4分の1波長インピーダンス変換及びフェージング動作を実施するよう構成され得る。インピーダンス変換は、入力整合ネットワーク202とのインピーダンス整合に関係があり、インピーダンス変成器のインピーダンス値は、自己バイアス効果による入力電力レベルの変化とともに相応に変化し得る。例えば、入力電力レベルが低い、すなわち、低電力モードにある場合には、インピーダンス変成器203のインピーダンス値も、ピーク増幅器経路のインピーダンス値と比較して相対的に低く、それにより、増幅されたRF入力信号RF_{IN}は、主としてインピーダンス変成器経路に沿って進む。しかし、入力電力レベルがむしろ高い、すなわち、高電力モードにある場合には、インピーダンス変成器203のインピーダンス値は、ピーク増幅器経路のインピーダンス値よりも相対的に高くなり、それにより、ピーク増幅器204はオンされ、増幅されたRF入力信号RF_{IN}は、主としてピーク増幅器経路に沿って進む。フェージング動作は、ピーク増幅器204の出力との位相整合に関係があり、それにより、ピーク増幅器経路及びインピーダンス変成器経路の出力は同相となり、出力整合ネットワーク205において結合され得る。

10

【0054】

一実施形態において、ピーク増幅器経路に沿って進む増幅されたRF入力信号RF_{IN}の1つの部分、及びインピーダンス変成器経路に沿って進む増幅されたRF入力信号RF_{IN}の他の部分は、0から180°の任意の値だけ位相が相互にずれている。この値は、固定90°による先行技術と比べて柔軟性がある。例えば、その後の容易な結合のために、ピーク増幅器204の入力部に与えられるRF入力信号RF_{IN}は、インピーダンス変成器203の入力部に与えられるRF入力信号RF_{IN}より約45°だけ遅れる。

20

【0055】

出力整合ネットワーク205は、一実施形態において、以下で論じられるように、S2D整合ネットワークと整合されるdifferentiated-to-single (“D2S”) 整合ネットワークとして実装され、信号結合及び対応するインピーダンス整合と、そのような結合及びアンテナ（図示せず。）への最終出力のためのフェージング動作とを実施するよう構成され得る。

30

【0056】

他の実施形態では、入力整合ネットワーク202及び出力整合ネットワーク205は、集中素子（lumped elements）を含む集中定数ネットワーク（lumped element networks）によって、分布パラメータ（distributed parameters）によって、又はそれらの組み合わせによって、実装される。例えば、集中定数ネットワークは、一次フィルタリング及び位相シフト部品としてインダクタ、キャパシタ、及び抵抗を含むものである。

【0057】

技術的実施の観点から、入力整合ネットワーク202及び出力整合ネットワーク205は、インピーダンス変成器及び整合素子の組み合わせによって夫々実装され得る。例えば、入力整合ネットワーク202及び出力整合ネットワーク205は、複数のLC回路を夫々有してよい。LC回路は、所望の動作周波数に合わせられるべきであり、並列なL及びC素子を有する。それは、キャリア増幅器、ピーク増幅器及びインピーダンス変成器によってもたらされる位相シフトを除去し、所望の性能メトリクスを達成するのに必要と見なされる如何なる位相オフセットも供給するために使用され得る。更なる実施形態では、入力整合ネットワーク202及び出力整合ネットワーク205は、1つ以上の共振が生成されて、1つ以上のLC対の省略がもたらされるように、互いと整合するよう構成され得る。その上、高性能の整合ネットワークを設計するよう、当業者は、入力電力によるピーク増幅器経路の入力インピーダンスの軌跡について知っているべきである。

40

【0058】

図2を参照した前述の議論から、本開示の実施形態は、キャリア増幅器及びピーク増幅

50

器が並列に接続される従来の並列ドハティトポロジに代えて、入力整合ネットワーク 202 及び出力整合ネットワーク 205 を通じてキャリア増幅器 201 がピーク増幅器 204 と直列に接続されることを提案している。従って、キャリア増幅器から見た負荷インピーダンスは、ピーク増幅器の入力インピーダンスと、インピーダンス変成器に関連した能動負荷の反転出力インピーダンスとの並列結合である。ピーク増幅器 204 の入力インピーダンスを適度に設計することによって、最適な負荷変調がキャリア増幅器 201 で得られ、所望の効率改善がもたらされる。更には、そのような直列トポロジによれば、広帯域アプリケーションに対するドハティ増幅器の制約は解消され得、マルチモード及びマルチバンド設計がトポロジ改善に基づき実現され得る。その上、図 2 で表されているキャリア増幅器及びピーク増幅器は、各自のエンベロープトラッキング電源変調器 206 及び 207、すなわち、図示されているキャリア変調器及びピーク変調器を有しているが、単一のエンベロープトラッキング電源変調器が、図 3 a、4 a 及び 5 ~ 7 に示されるように、簡略化された適用のために、キャリア増幅器及びピーク増幅器の両方によって共有されてよい。

【0059】

図 3 a は、本開示の実施形態に従って、低電力モードで動作している、無線周波数（“RF”）信号を増幅する電力増幅器 300 を表す概略図である。

【0060】

破線によって分けられている図 3 a から、下部分は、図 2 で表された電力増幅器 200 と同様であり、上部分は、キャリア増幅器及びピーク増幅器と夫々結合されており、キャリア増幅器及びピーク増幅器のためのドレイン電源電圧及び電流を供給するエンベロープトラッキング電源であることが分かる。ドハティ増幅器に基づく改善された回路構造は、ここでは、図 2 で表されたものと同じであるから、それに関する議論は、簡単のために省略される。以下は、エンベロープトラッキング電源について説明する。

【0061】

表されているように、エンベロープトラッキング電源は、線形変調器、RF 広帯域変圧器又はダイプレクサ（結合器として示されている。）から成ってよい。動作中に、エンベロープ信号は線形変調器へ直接入力される。線形変調器では、いくつかの増幅が行われる。線形変調器の出力は、小さい直流（DC）電源を使用することによって生成されて、その後結合器に投入される、エンベロープトラッキング電源の交流（AC）成分である。エンベロープトラッキング電源の DC 成分は、最終的な出力電圧のおおよそその二乗平均平方根（root mean square）（RMS）値を有して外部 DC 電源から直接もたらされ得る。このようにして、如何なるスイッチモード電源（Switched Mode Power Supply）（“SMPS”）に関連した妥協及び課題、特に、効率問題も考慮する必要がない。結合器での AC 及び DC 両供給成分の結合は、エンベロープトラッキング信号がキャリア増幅器及びピーク増幅器のドレイン／コレクタにバイアスをかけることができることをもたらす。

【0062】

エンベロープトラッキング電源信号の DC 及び AC 成分の分離により、非常に簡単且つ安価なエンベロープトラッキング電源設計が可能となる。この設計は、単純な回路及び安価な解決法に基づくことができる。更には、それは、全体効率に対して有用な改善を与え、電力消費量を削減し、そして、安価且つコンパクトな方法でエンベロープトラッキング電源信号を生成することができる。

【0063】

エンベロープトラッキング電源によって供給される電力に基づき、電力増幅器は低電力モードで動作し得る。低電力モードでは、ピーク増幅器は、破線で表されているように、オフされる。従って、電力増幅器 300 の全体効率は、キャリア増幅器の効率によって主として決定される。

【0064】

図 3 b は、本開示の実施形態に従って、低電力モードにおける、図 3 で表された電力増

幅器 300 についての効率対出力電力の略プロットである。図 3 b で表されているように、低電力モードでは、キャリア増幅器は動作し、ピーク増幅器は停止している。電力増幅器 300 の効率は、キャリア増幅器が所与の出力電力レベルで飽和状態になるか、又はその最大出力電力に達するまで、出力電力に比例して増大する。

【0065】

図 4 a は、本開示の実施形態に従って、高電力モードで動作している、RF 信号を増幅する電力増幅器 400 を表す概略図である。電力増幅器 400 は、別の動作モード、すなわち、高電力モードで動作している点を除いて、電力増幅器 400 と同じ回路構造を有している点が留意されるべきである。

【0066】

上述されたように、低電力モードでは、ピーク増幅器はオフのままであり、RF 入力信号 RF_{IN} は、キャリア増幅器が飽和状態になる点まで増大する。入力電力の更なる増大により、電力増幅器は高電力モードに入り、ピーク増幅器は RF 入力信号 RF_{IN} を増幅し始める。その間にも、キャリア増幅器は飽和したままで、RF 入力信号 RF_{IN} を増幅し続ける。RF 入力信号 RF_{IN} が更に増大するにつれて、ピーク増幅器は、ピーク増幅器も最大出力電力で飽和状態になるまで、より多くの電力を供給する。

【0067】

図 4 b は、本開示の実施形態に従って、図 4 a で表された電力増幅器 400 について効率対出力電力の略プロットである。図から分かるように、最初は、電力増幅器 400 の効率は、キャリア増幅器が飽和して、その最大出力電力に達するまで、出力電力に比例して増大する。低電力モードの間、ピーク増幅器はオフのままであり、RF 入力信号 RF_{IN} は、キャリア増幅器が所与の出力電力レベルで飽和状態になる点まで増大する。キャリア増幅器が飽和状態になる点を過ぎて RF 入力信号 RF_{IN} が増大するにつれて、電力増幅器 400 は高電力モードに入る。高電力モードに入ると、ピーク増幅器は RF 入力信号 RF_{IN} を増幅し始める。キャリア増幅器は飽和したままで、RF 入力信号 RF_{IN} を増幅し続ける。RF 入力信号 RF_{IN} が更に増大するにつれて、ピーク増幅器は、ピーク増幅器も最大出力電力で又はその所与の出力電力レベルで飽和状態になるまで、より多くの電力を供給する。

【0068】

図 4 b に表されているように、低電力モードから高電力モードへの移行（移行モードとも呼ばれ、図 9 において更に示される。）の間、電力増幅器 400 の全体効率はこの移行中にわずかに低下し、次いで、ピーク増幅器が飽和状態になるピークに到達するまで増大し続ける。

【0069】

図 5 は、本開示の実施形態に従って、RF 信号を増幅する直列多段電力増幅器 500 を表す概略図である。電力増幅器 500 は、エンベロープトラッキング電源及び複数の段を含む。夫々の段は、図 3 a 及び 4 a で夫々表された電力増幅器 300 及び 400 を含んでよい。夫々の段は、図 4 b で表されたように、効率ピークに達し得るので、N 個の段は、図 11 で表されるように、N 個の効率ピークを実現し得る。

【0070】

図 6 は、本開示の実施形態に従って、RF 信号を増幅する電力増幅器 600 を表す並列配置概略図である。電力増幅器 600 は、エンベロープトラッキング電源と、並列接続されている、図 3 a 及び 4 a で表された複数の電力増幅器とを含む。図 6 から分かるように、RF 入力信号 RF_{IN} を分け、且つ、夫々の出力整合ネットワークの出力部からの増幅された信号を結合するために、電力増幅器 600 は、電力分割ノード及び電力加算ノードを更に含む。それらのノードの間には、N 個のサブ増幅回路、例えば、電力増幅器 400 が並列に接続されている。夫々のサブ増幅回路は、図 4 b で表されたように、効率ピークに達し得るので、N 個のサブ増幅回路は、図 11 で表されるように、N 個の効率ピークを実現し得る。

【0071】

図7は、本開示の実施形態に従って、RF信号を増幅する電力増幅器700を表すネスト配置概略図である。電力増幅器700は、エンベロープトラッキング電源と、直列及び並列の組み合わせにおいて接続されている、図3a及び4aで表された複数の電力増幅器を含む。

【0072】

図7で表されているように、キャリア増幅器702、入力整合ネットワーク703、インピーダンス変成器705、及び出力整合ネットワーク706は、上述されたものと同一又は同様であってよい。しかし、図7から分かるように、電力増幅器700におけるピーク増幅器は、電力増幅器400と置換されるか、又はそれを含み得る。これは、破線ボックス704によって示されている。すなわち、電力増幅器400は、サブセルとして電力増幅器700においてネスト化され得る。同様に、高効率を達成するために、ネスト化された経路におけるピーク増幅器は、基本電力増幅器400と更に置換され得る。よって、電力増幅器700は、意図された効率を考慮して、このようにして拡張され得る。

【0073】

図5乃至7から分かるように、本開示によって提案される電力増幅器は、効率向上及び利得改善のために、多種多様な柔軟な方法において提供され得る。例えば、直列構造を有する、図5で表された電力増幅器500、及びネスト化構造を有する、図7で表された電力増幅器700は、利得増大のために適用され得る。並列構造を有する、図6で表された電力増幅器600は、出力電力レベルの増大のために適用され得る。従って、当業者は、本開示の実施形態に従う電力増幅器がモジュールであって、図2、3a及び4aで示されている基本電力増幅器のハイブリッド結合によって構成され得、結果として現れるハイブリッド結合が図5乃至7に制限されるべきでないと理解することができる。更には、それらのハイブリッド結合の夫々は、例えば、出力電力レベル及び利得に関して、具体的なシステム要件のために設計され得る。

【0074】

図8は、本開示の実施形態に従って、RF信号を増幅する方法800を概略的に表すフローチャートである。図8で表されているように、方法800は、ステップS801で、キャリア増幅器を用いて無線周波数信号を増幅する。次いで、ステップS802で、方法800は、入力整合ネットワークを用いて、増幅された無線周波数信号をキャリア増幅器から分割する。それにより、増幅された無線周波数信号の1つの部分は、ピーク増幅器経路に沿って進み、増幅された無線周波数信号の他の部分は、インピーダンス変成器経路に沿って進む。方法800は、ステップS803で、ピーク増幅器経路内のピーク増幅器を用いて、入力整合ネットワークからの増幅された無線周波数信号の1つの部分を増幅する。次いで、ステップS804で、方法800は、更に、インピーダンス変成器経路内のインピーダンス変成器を用いて、増幅された無線周波数信号の他の部分に対してインピーダンス変換を実施する。ステップS805で、方法800は、出力整合ネットワークを用いて、ピーク増幅器及びインピーダンス変成器の出力を結合する。方法800では、キャリア増幅器及びピーク増幅器は、エンベロープトラッキング電源によって給電され、ピーク増幅器は、無線周波数信号の入力電力レベルに少なくとも部分的に基づき、低電力モードではオフされ、高電力モードではオフされるよう構成される。

【0075】

実施形態において、エンベロープトラッキング電源の出力は、交流成分及び直流成分の組み合わせであり、交流成分は、エンベロープトラッキング電源の線形変調器によって供給され、直流成分は、外部直流電源によって供給される。

【0076】

実施形態において、増幅された無線周波数信号は、インピーダンス変成器経路の入力インピーダンスに対するピーク増幅器経路の入力インピーダンスの比に従って、分けられる。

【0077】

他の実施形態において、増幅された無線周波数信号は、ピーク増幅器がオンされるとき

10

20

30

40

50

に、該ピーク増幅器の動作に従って、分けられる。

【0078】

更なる実施形態において、方法800は更に、1つ以上のLC対が省略されるように1つ以上の共振を生じるよう入力整合ネットワークを出力整合ネットワークと整合させ得る。

【0079】

更なる他の実施形態において、入力整合ネットワーク及び出力整合ネットワークは、集中素子を含む集中定数ネットワークによって、分布パラメータによって、又はそれらの組み合わせによって、実装される。

【0080】

図8を参照した前述の議論から、方法800は、電力増幅器がRF入力信号 RF_{IN} を増幅することを可能にするよう実施され得ることが当業者によって理解されるべきである。このようにして、例えば、本開示によって提供されるもののよう、より複雑でなく且つより高効率の電力増幅器を用いて、複数の周波数帯域にわたって様々な通信標準をサポートすることができるMMMB対応モバイルデバイス又は基地局を提供することが可能である。

【0081】

図9は、本開示の実施形態に従う電力増幅器の可能な回路実装を表す概略図である。図9の上部分は、可能な回路実装の例となるブロック図を示し、図9の下部分は、それに相当するものとして、例となる詳細な回路配置を示す。表されている上部分から、当業者は、本開示の実施形態に従う入力及び出力整合ネットワークが、擬似 $\lambda/4$ 又は $3\lambda/4$ 相当物として表されているように、1つ以上の4分の1波 $\lambda/4$ 又は $3\lambda/4$ インピーダンス変成器又は同等の変成器によって実装され得ると理解することができる。更には、 $\lambda/4$ 及び $3\lambda/4$ インピーダンス変成器は、C-L-C及びL-C-L+C-L-C不平衡高次“Pi”ネットワークブランチと等価であり得る。これは、図9の下部分において更に表される。

【0082】

図9の下部分は、上部分において示された $\lambda/4$ 及び $3\lambda/4$ インピーダンス変成器のための詳細な回路配置を概略的に表す。図示されるように、Nは、入力ブランチ次数を表し、3以上であってよい。 $\lambda/4$ ブランチについて、それは、 $N \geq 3$ の擬似ローパスフィルタ(pseudo-low-pass-filter) (“PLPF”) ネットワークである。 $3\lambda/4$ ブランチについて、 N_1 は、1以上の次数を有する擬似ハイパスフィルタ(pseudo-high-pass-filter) (“PHPF”) ネットワークを表し、 N_2 は、2以上の次数を有するPLPFネットワークを表す。このとき、Nは、 N_1 及び N_2 の和であり、3以上である。

【0083】

更には、灰色で示された、 $\lambda/4$ 及び $3\lambda/4$ LC “Pi” を有する位相補償LC対は、次の：

$$\omega_R = 2 \cdot \pi \cdot f_c = 1 / (\sqrt{LC})$$

$$\begin{aligned} \sin(2 \cdot \phi(t)) &= 2 \cdot C \cdot (\text{出力インピーダンス}) \cdot \omega \\ &= 2 \cdot (\text{出力インピーダンス}) / (L \cdot \omega) \end{aligned}$$

のような条件によりLC値を選択することによって、中心動作周波数で共振するよう構成され得る。

【0084】

上記の式で、 ω_R は、LC共振の角周波数を表し、 f_c は、共振周波数を表し、Lは、LC共振のインピーダンス値を表し、Cは、LC共振のキャパシタンス値を表し、 $\phi(t)$ は、前述の共振が起こり得るような、ピーク増幅器経路とインピーダンス変成器経路との間の補償されたアウトフェーシング角度を表す。それらの2つの式は、LC共振の中和

効果の条件を定義する。この共振によれば、LCのいくつかの対は、ネットワーク低減及びコンパクトさの改善のために、破線ボックスによって概略的に表されるように、省略され得る。

【0085】

図10は、本開示の実施形態に従う電力増幅器、従来のドハティ電力増幅器、及び従来のクラスAB/B電力増幅器についての効率対出力電力の各々のプロットを概略的に表す図である。図10に表されているように、本開示のよって提供される電力増幅器の効率は、従来のドハティ電力増幅器及び従来のクラスAB/B電力増幅器と比較して、最も高い効率を達成し得る。

【0086】

図11は、エンベロープ信号の確率密度関数（“PDF”）を考慮しながら、本開示の実施形態に従う電力増幅器、従来のドハティ電力増幅器、及び従来のクラスAB電力増幅器についての効率対出力電力バックオフ特性の各々のプロットを概略的に表す図である。図11で明示的に表されているように、本開示の電力増幅器によって達成される効率は、従来のクラスAB電力増幅器及び従来のドハティ電力増幅器と比較して相対的に高いレベルを著しく保つ。特に、エンベロープ信号の確率密度関数（“PDF”）に基づき、エンベロープ信号の確率分布範囲において、本開示の電力増幅器の効率は、エンベロープ信号の確率が高いか低いかに関わらず、高いレベルのままであることが分かる。更には、出力電力要件に従って、更なるサブ増幅回路又は段が電力増幅器において追加され得、これにより、更なる効率ピーク及びより高い出力電力が得られる。対照的に、一定電力供給を有する従来のクラスAB電力増幅器は、本開示に従うエンベロープトラッキング電源の代わりに、最低効率レベルを達成する。出力電力がバックオフされるとき、その効率は相当に低下する。従来のドハティ電力増幅器は、図示されるように、従来のクラスAB電力増幅器と比べて高い効率レベルを達成し得る。しかしながら、出力電力がバックオフされるとき、その効率はやはり顕著に低下し、エンベロープ信号の確率分布範囲において比較的高いレベルを保つことができない。

【0087】

図12は、本開示の実施形態に従って、キャリア増幅器電力利得及びそのドレイン効率に対するラインアップ電力付加効率特性プロットを概略的に表す図である。図12に示されるように、固定DC供給型キャリア増幅器及びエンベロープトラッキング電力供給型ピーク増幅器のラインアップ結合によって達成される全体効率は、キャリア増幅器の効率とともに劇的に低下する。しかし、本開示の解決法によれば、キャリア増幅器及びピーク増幅器の両方が、電源としてエンベロープトラッキング電源を使用することによって動作する。それにより、ラインアップ電力付加効率（power added efficiency）（PAE）とキャリア増幅器効率との間の関係は定数に変換される。このことは、ラインアップ電力付加効率が高いままであり、より大きいキャリア効率低下を許容することを意味する。また、ラインアップ利得の増大により、従来のドハティ電力増幅器と比較して、低利得の最終増幅段について存在する効率低下はわずかである。

【0088】

当業者によって理解されるように、本開示の実施形態に従う入力及び出力整合ネットワークは、単なる例であり、ピーク増幅器経路とインピーダンス変成器経路との間の位相差をより良く最適化するとともに、改善された入力及び出力整合を提供して最大及びバックオフ電力レベルで所望の性能特性を実現するために、様々な構成のより高次（二次及び三次）のネットワークにおいて実装され得る。特に、電力増幅器の有効帯域幅は、最大及びバックオフ電力レベルで高い効率を保ちながら、従来のドハティ増幅器によって達成されていたものに対して劇的に増大され得る。

【0089】

語「接続される（connected）」、「結合される（coupled）」、又はその変形は、直接又は間接のいずれであろうと、2つ以上のようなその間のあらゆる接続又は結合を意味し、一緒に「接続」又は「結合」されている2つの要素の間の1つ以上の中間要素の存在を包

10

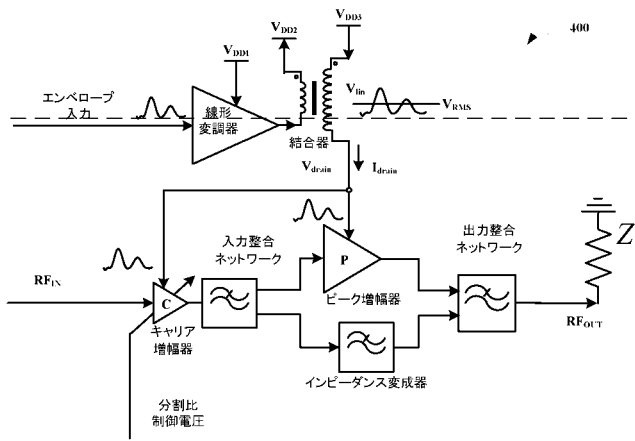
20

30

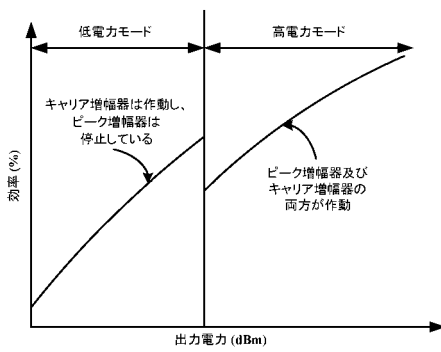
40

50

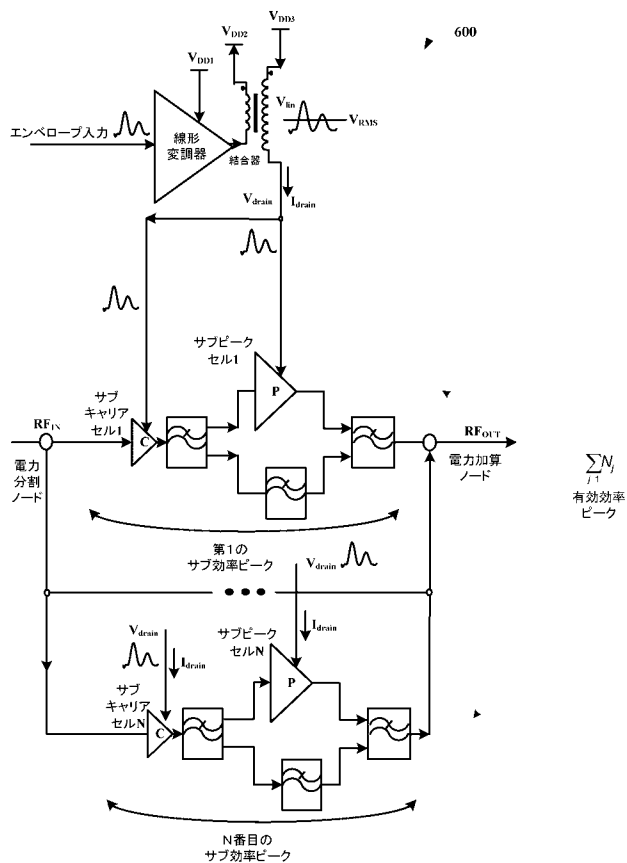
【図 4 a】



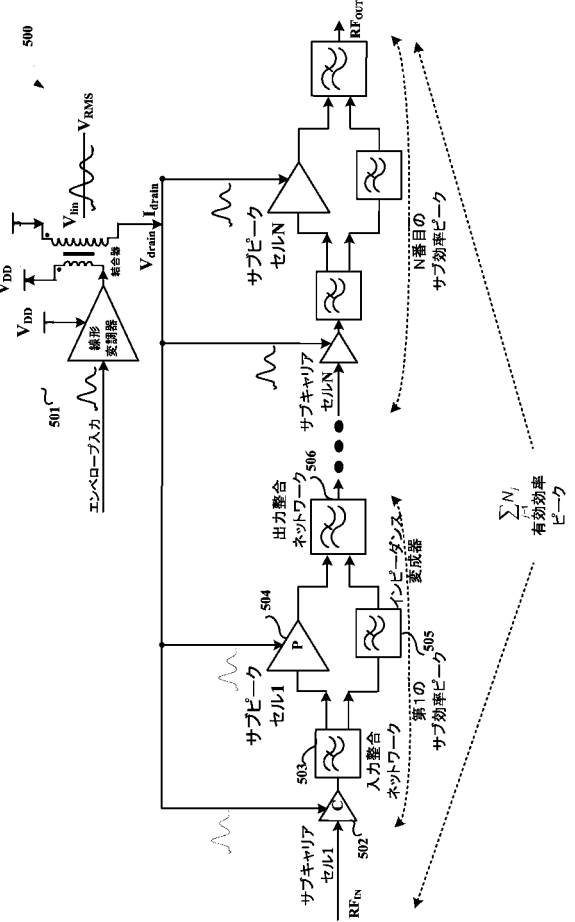
【図 4 b】



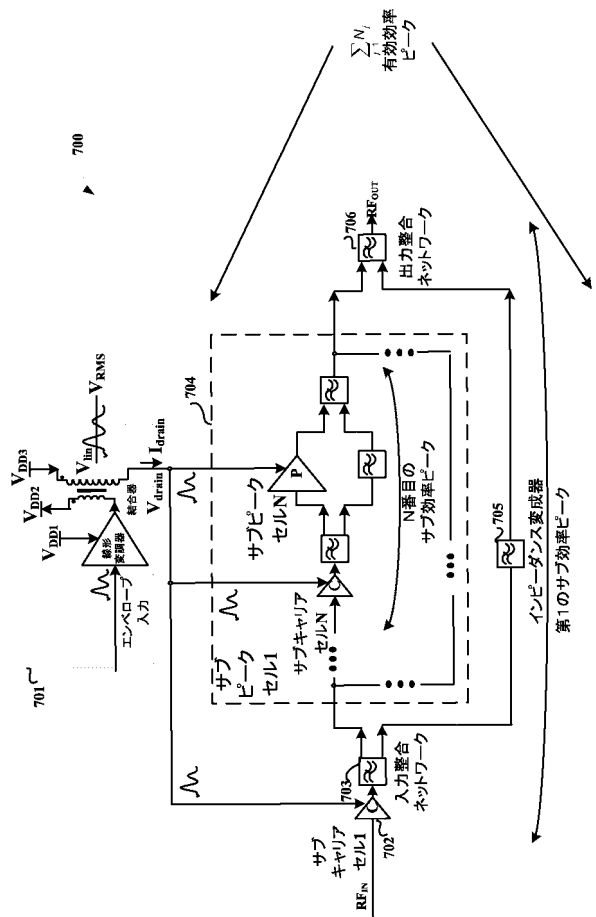
【図 6】



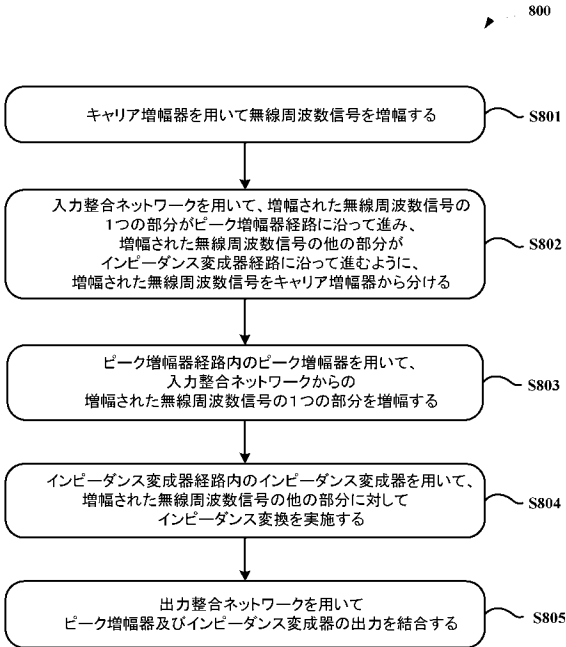
【図 5】



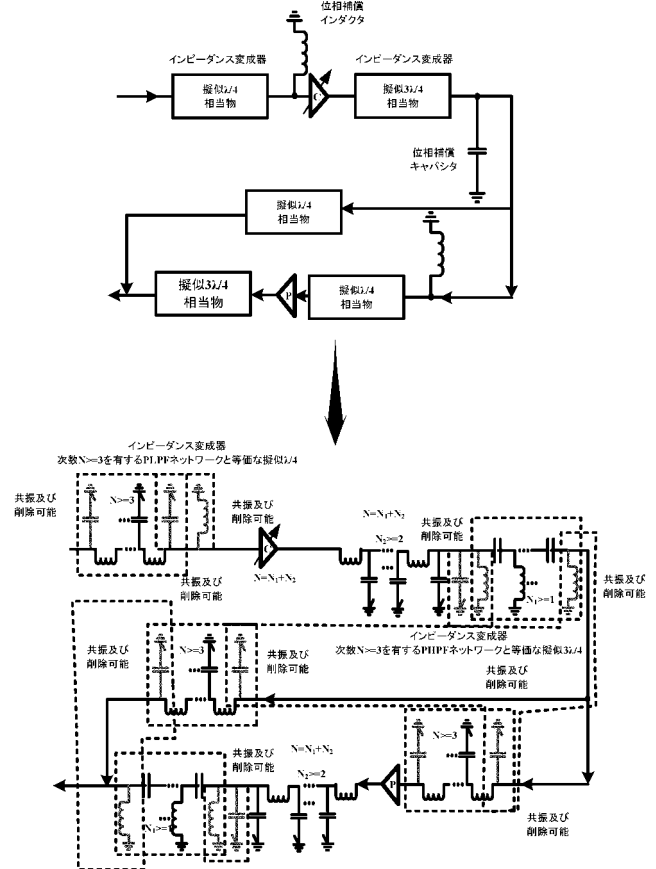
【図 7】



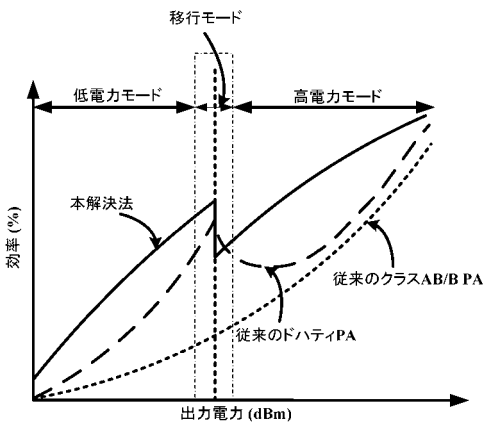
【図 8】



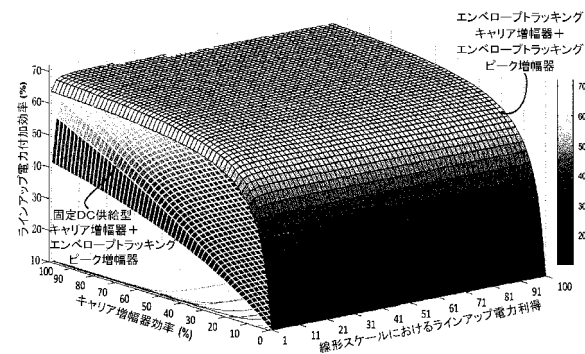
【図 9】



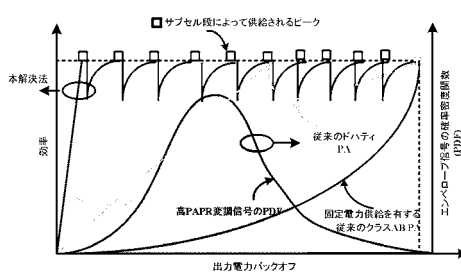
【図 10】



【図 12】



【図 11】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2015/059802

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H03F1/02 H03F1/56 H03F3/195 H03F3/24 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H03F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EP0-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 612 932 A1 (WAVICS INC [KR]) 4 January 2006 (2006-01-04) paragraphs [0034], [0164] - [0172]; figure 24	1-15
X	US 2008/030276 A1 (HAU GARY [US] ET AL) 7 February 2008 (2008-02-07) paragraphs [0010] - [0019]; figure 1	1-15
X	US 2011/037516 A1 (NEJATI BABAK [US] ET AL) 17 February 2011 (2011-02-17) paragraphs [0020] - [0028]; figure 2	1-15
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
7 January 2016		14/01/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Goethals, Filip

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/059802

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1612932	A1	04-01-2006	NONE

US 2008030276	A1	07-02-2008	CN 101849354 A
			29-09-2010
			TW 200937843 A
			01-09-2009
			US 2008030276 A1
			07-02-2008
			WO 2009025795 A1
			26-02-2009

US 2011037516	A1	17-02-2011	CN 102474226 A
			23-05-2012
			EP 2462693 A1
			13-06-2012
			JP 5461697 B2
			02-04-2014
			JP 2013501465 A
			10-01-2013
			KR 20120053026 A
			24-05-2012
			US 2011037516 A1
			17-02-2011
			WO 2011017368 A1
			10-02-2011

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ワーン, ジャーンツァーン

アメリカ合衆国 98052-6399 ワシントン州 レッドモンド ワン マイクロソフト
ウェイ マイクロソフト テクノロジー ライセンシング, エルエルシー パテント グループ
ドCKETティング (ビルディング 8/1000) 内

Fターム(参考) 5J500 AA01 AA41 AC36 AF10 AF15 AH35 AK12 AK13 AK29 AK55
AM08 AS14 AT01