

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6626119号
(P6626119)

(45) 発行日 令和1年12月25日(2019.12.25)

(24) 登録日 令和1年12月6日(2019.12.6)

(51) Int.Cl.

H04L 29/06 (2006.01)

F 1

H04L 13/00 305B

請求項の数 20 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2017-548924 (P2017-548924)
(86) (22) 出願日	平成28年3月18日 (2016.3.18)
(65) 公表番号	特表2018-519683 (P2018-519683A)
(43) 公表日	平成30年7月19日 (2018.7.19)
(86) 國際出願番号	PCT/US2016/023199
(87) 國際公開番号	W02016/149641
(87) 國際公開日	平成28年9月22日 (2016.9.22)
審査請求日	平成30年11月28日 (2018.11.28)
(31) 優先権主張番号	62/135,007
(32) 優先日	平成27年3月18日 (2015.3.18)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(31) 優先権主張番号	15/073,398
(32) 優先日	平成28年3月17日 (2016.3.17)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)

(73) 特許権者 519197527
ユビスター テクノロジー インコーポレイテッド
U b i s t a r T e c h n o l o g y,
l n c.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
014 クパチーノ ベルクナップドライ
ブ 7927
7927 Belknap Dr., C
upertino, CA 95014
United States of America
(74) 代理人 100110928
弁理士 速水 進治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マルチギガビット無線トンネリングシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有線通信プロトコルを用いた、リモート処理装置とローカル処理装置の間の通信の適合性を維持しつつ、遠隔無線トンネリング装置とともに動作し、前記リモート処理装置と前記ローカル処理装置の間の通信を無線トンネリングする局所無線トンネリング装置であって、

遠隔無線トンネリング装置から無線受信信号を受信し、前記無線受信信号をダウンコンバートし、前記無線受信信号からベースバンド信号を生成するように構成された無線受信機と、

前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報を含む前記ベースバンド信号に基づき、前記リモート処理装置の遠隔処理状態を予測するように構成された処理コンポーネント状態機械と、

前記ローカル処理装置に連結され、(i)前記予測された遠隔処理状態と前記ベースバンド信号に基づき、前記有線通信プロトコルに準拠した出力信号を生成し、(ii)前記有線通信プロトコルを通じて、前記ローカル処理装置に前記出力信号を提供するように構成されたインターフェース回路とを備え、

前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報は、前記遠隔処理状態のリンク接続性を示す情報および前記遠隔処理状態のリンク電力管理情報を含む、局所無線トンネリング装置。

【請求項 2】

10

20

- 請求項 1 に記載の局所無線トンネリング装置において、
(i) 前記ローカル処理装置から入力信号を受信して、他のベースバンド信号を生成し、
(i i) 前記他のベースバンド信号をアップコンバートして、無線送信信号を生成し、
(i i i) 前記無線送信信号を送信するように構成された無線送信機をさらに備える局所無線トンネリング装置。
- 【請求項 3】
- 請求項 2 に記載の局所無線トンネリング装置において、
前記処理コンポーネント状態機械は、
(a) 前記処理コンポーネント状態機械の現在の状態、
(b) 前記ローカル処理装置から受信した入力、及び
(c) 前記予測された遠隔処理状態、
のうちの 1 つ以上に基づき、前記無線受信機又は前記無線送信機の電力状態を制御する局所無線トンネリング装置。 10
- 【請求項 4】
- 請求項 2 に記載の局所無線トンネリング装置において、
前記処理コンポーネント状態機械は、さらに、前記ローカル処理装置の 1 つ以上のローカル処理状態を前記処理コンポーネント状態機械の一つの状態にマッピングし、前記一つの状態に基づき、前記ローカル処理装置のローカル処理状態を示す状態信号を生成するように構成され、前記無線送信機は、前記ローカル処理装置の前記ローカル処理状態を示す前記状態信号と共に前記ベースバンド信号を符号化するように構成される局所無線トンネリング装置。 20
- 【請求項 5】
- 請求項 1 に記載の局所無線トンネリング装置において、
自身の現在の状態と前記リモート処理装置の前記予測された遠隔処理状態に基づき、前記無線受信機の無線コンポーネント状態を判定するように構成された無線コンポーネント状態機械をさらに備える局所無線トンネリング装置。
- 【請求項 6】
- 請求項 5 に記載の局所無線トンネリング装置において、
前記無線コンポーネント状態機械は、自身の現在の状態と前記リモート処理装置の前記予測された遠隔処理状態に基づいて判定された前記無線コンポーネント状態に応じて、前記無線受信機の動作モードを制御する局所無線トンネリング装置。 30
- 【請求項 7】
- 請求項 6 に記載の局所無線トンネリング装置において、
前記無線コンポーネント状態は、自身の現在の状態と前記予測された遠隔処理状態に基づいて判定される局所無線トンネリング装置。
- 【請求項 8】
- 請求項 1 に記載の局所無線トンネリング装置において、
前記ベースバンド信号は、前記リモート処理装置の以前の状態を示す状態信号と共に符号化され、前記処理コンポーネント状態機械は、前記ベースバンド信号の前記状態信号に基づき、前記リモート処理装置の前記遠隔処理状態を予測するように構成される局所無線トンネリング装置。 40
- 【請求項 9】
- 請求項 1 に記載の局所無線トンネリング装置において、
前記処理コンポーネント状態機械は、前記無線受信信号に対応する前記ベースバンド信号の一部に基づき、前記リモート処理装置の前記遠隔処理状態を予測するように構成される局所無線トンネリング装置。
- 【請求項 10】
- 請求項 1 に記載の局所無線トンネリング装置において、
前記処理コンポーネント状態機械は、前記ローカル処理装置の 1 つ以上の以前のローカル処理状態に基づき、前記リモート処理装置の前記遠隔処理状態を予測するように構成さ 50

れ、前記ローカル処理装置の1つ以上の以前の前記ローカル処理状態は、状態機械に従った前記リモート処理装置のリモート処理状態に関連付けられている局所無線トンネリング装置。

【請求項11】

有線通信プロトコルを用いた、ローカル処理装置とリモート処理装置の間の通信の適合性を維持しつつ、前記ローカル処理装置と前記リモート処理装置の間の通信を無線トンネリングする方法であって、

無線受信機により、遠隔無線トンネリング装置から無線受信信号を受信し、

前記無線受信機により、前記無線受信信号をダウンコンバートして、前記無線受信信号からベースバンド信号を生成し、

10

処理コンポーネント状態機械により、前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報を含む前記ベースバンド信号に基づき、前記リモート処理装置の遠隔処理状態を予測し、

前記ローカル処理装置に連結されたインターフェース回路により、前記予測された遠隔処理状態と前記ベースバンド信号に基づき、前記有線通信プロトコルに準拠した出力信号を生成し、

前記インターフェース回路により、前記有線通信プロトコルを通じて、前記ローカル処理装置に前記出力信号を提供することを備え、

前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報は、前記遠隔処理状態のリンク接続性を示す情報および前記遠隔処理状態のリンク電力管理情報を含む、方法。

【請求項12】

20

請求項11に記載の方法において、

無線送信機により、前記ローカル処理装置から入力信号を受信して、他のベースバンド信号を生成し、

前記無線送信機により、前記他のベースバンド信号をアップコンバートして、無線送信信号を生成し、

前記無線送信機により、前記無線送信信号を送信することをさらに備える方法。

【請求項13】

請求項12に記載の方法において、

前記処理コンポーネント状態機械により、

(a) 前記処理コンポーネント状態機械の現在の状態、

30

(b) 前記ローカル処理装置から受信した入力、及び

(c) 前記予測された遠隔処理状態、

のうちの1つ以上に基づき、前記無線受信機又は前記無線送信機の電力状態を制御することをさらに備える方法。

【請求項14】

請求項12に記載の方法において、

前記処理コンポーネント状態機械により、前記ローカル処理装置の1つ以上のローカル処理状態を前記処理コンポーネント状態機械の一つの状態にマッピングし、

前記処理コンポーネント状態機械により、前記一つの状態に基づき、前記ローカル処理装置のローカル処理状態を示す状態信号を生成し、

40

前記無線送信機により、前記ローカル処理装置の前記ローカル処理状態を示す前記状態信号と共に前記ベースバンド信号を符号化することをさらに備える方法。

【請求項15】

請求項11に記載の方法において、

無線コンポーネント状態機械により、前記リモート処理装置の前記予測された遠隔処理状態に基づき、前記無線受信機の無線コンポーネント状態を判定することをさらに備える方法。

【請求項16】

請求項15に記載の方法において、

前記無線コンポーネント状態機械により、前記リモート処理装置の前記予測された遠隔

50

処理状態に基づいて判定された前記無線コンポーネント状態に応じて、前記無線受信機の動作モードを制御することをさらに備える方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の方法において、

前記無線コンポーネント状態は、前記予測された遠隔処理状態に基づいて判定される方法。

【請求項 18】

請求項 11 に記載の方法において、

前記ベースバンド信号は、前記リモート処理装置の以前の状態を示す状態信号と共に符号化され、前記処理コンポーネント状態機械は、前記ベースバンド信号の前記状態信号に基づき、前記リモート処理装置の前記遠隔処理状態を予測するように構成される方法。10

【請求項 19】

請求項 11 に記載の方法において、

前記処理コンポーネント状態機械は、前記無線受信信号に対応する前記ベースバンド信号の一部に基づき、前記リモート処理装置の前記遠隔処理状態を予測するように構成される方法。

【請求項 20】

請求項 11 に記載の方法において、

前記処理コンポーネント状態機械は、前記ローカル処理装置の 1 つ以上の以前のローカル処理状態に基づき、前記リモート処理装置の前記遠隔処理状態を予測するように構成され、前記ローカル処理装置の 1 つ以上の以前の前記ローカル処理状態は、状態機械に従った前記リモート処理装置のリモート処理状態に関連付けられている方法。20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、無線通信分野全般に関し、特に、有線通信プロトコルの無線トンネリングに関する。

【背景技術】

【0002】

無線トンネリングシステムでは、これまで有線通信リンクで通信されたデータを、代わりに無線チャンネルを通じてトンネリングする。30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来、無線通信は、有線リンクによる通信に比べて実質的に遅い。従って、従来の無線システムは、例えば、マルチギガビットのデータ転送速度を有する U S B (Universal Serial Bus)、H D M I (High-Definition Media Interface)、及び D P (DisplayPort) 等のハイスピードプロトコルをトンネリングすることができない。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本開示の無線トンネリングシステムは、2つの処理装置間の通信の適合性を維持しつつ、無線リンクを通じた2つの処理装置間の通信をトンネリングする。

【0005】

一実施形態において、無線トンネリングシステムは、無線リンクを通じて互いに通信する2つの無線トンネリング装置を含む。局所無線トンネリング装置は、有線接続を介してローカル処理装置に連結され、遠隔無線トンネリング装置は、他の有線接続を介してリモート処理装置に連結される。2つの処理装置は、これら2つの処理装置が有線接続を介して接続されているかのように、2つの無線トンネリング装置を使用して、低遅延無線リンクを通じて互いに通信できる。

【0006】

50

一実施形態において、局所無線トンネリング装置は、無線受信機と、処理コンポーネント状態機械と、インターフェース回路とを含む。無線受信機は、遠隔無線トンネリング装置から無線受信信号を受信し、無線受信信号をダウンコンバートして無線受信信号からベースバンド信号を生成するように構成される。処理コンポーネント状態機械は、前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報を含む前記ベースバンド信号に基づき、前記リモート処理装置の遠隔処理状態を予測に基づき、リモート処理装置の遠隔処理状態を予測するように構成される。インターフェース回路は、ローカル処理装置に連結され、(i) 予測された遠隔処理状態とベースバンド信号に基づき、有線通信プロトコルに準拠した出力信号を生成し、(i i) 有線通信プロトコルを通じてローカル処理装置に出力信号を提供するように構成され、前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報は、前記遠隔処理状態のリンク接続性を示す情報および前記遠隔処理状態のリンク電力管理情報を含む。

10

【 0 0 0 7 】

1つ以上の実施形態において、局所無線トンネリング装置は、(i) ローカル処理装置から入力信号を受信して、他のベースバンド信号を生成し、(i i) この他のベースバンド信号をアップコンバートして、無線送信信号を生成し、(i i i) 無線送信信号を送信するように構成された無線送信機をさらに含む。処理コンポーネント状態機械は、(a) 処理コンポーネント状態機械の現在の状態、(b) ローカル処理装置から受信した入力、(c) 予測された遠隔処理状態のうちの1つ以上に基づき、受信機又は送信機の電力状態を制御してもよい。処理コンポーネント状態機械は、さらに、ローカル処理装置の1つ以上のローカル処理状態を処理コンポーネント状態機械の一つの状態にマッピングし、この一つの状態に基づき、ローカル処理装置のローカル処理状態を示す状態信号を生成するように構成されてもよい。送信機は、さらに、ローカル処理装置のローカル処理状態を示す状態信号と共にベースバンド信号を符号化するように構成されてもよい。

20

【 0 0 0 8 】

1つ以上の実施形態において、局所無線トンネリング装置は、自身の現在の状態とリモート処理装置の予測された遠隔処理状態に基づき、無線受信機の無線コンポーネント状態を判定するように構成された無線コンポーネント状態機械をさらに含む。無線コンポーネント状態機械は、自身の現在の状態とリモート処理装置の予測された遠隔処理状態に基づいて判定された無線コンポーネント状態に応じて、無線受信機の動作モードを制御してもよい。

30

【 0 0 0 9 】

1つ以上の実施形態において、ベースバンド信号は、リモート処理装置の以前の状態を示す状態信号と共に符号化される。処理コンポーネント状態機械は、ベースバンド信号の状態信号に基づき、リモート処理装置の遠隔処理状態を予測するように構成されてもよい。

【 0 0 1 0 】

1つ以上の実施形態において、処理コンポーネント状態機械は、無線受信信号に対応するベースバンド信号の一部に基づき、リモート処理装置の遠隔処理状態を予測するように構成される。

【 0 0 1 1 】

40

1つ以上の実施形態において、処理コンポーネント状態機械は、ローカル処理装置の1つ以上のローカル処理状態に基づき、リモート処理装置の遠隔処理状態を予測するように構成される。

【 0 0 1 2 】

1つ以上の実施形態において、有線通信プロトコルを用いた、ローカル処理装置とリモート処理装置の間の通信の適合性を維持しつつ、ローカル処理装置とリモート処理装置の間の通信を無線でトンネリングする方法を開示する。この方法は、無線受信機により、遠隔無線トンネリング装置から無線受信信号を受信し、無線受信機により、無線受信信号をダウンコンバートして、無線受信信号からベースバンド信号を生成し、処理コンポーネント状態機械により、前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報を含む前記ベースバンド

50

信号に基づき、前記リモート処理装置の遠隔処理状態を予測基づき、リモート処理装置の遠隔処理状態を予測し、ローカル処理装置に連結されたインターフェース回路により、予測された遠隔処理状態とベースバンド信号に基づき、有線通信プロトコルに準拠した出力信号を生成し、インターフェース回路により、有線通信プロトコルを通じて、ローカル処理装置に出力信号を提供することを含み、前記リモート処理装置の遠隔処理状態の情報は、前記遠隔処理状態のリンク接続性を示す情報および前記遠隔処理状態のリンク電力管理情報を含む。

【図面の簡単な説明】

【0013】

本明細書に開示の実施形態の教示は、添付の図面とともに以下の詳細な説明を考慮することにより、容易に理解することができる。

10

【0014】

【図1】図1は、無線トンネリングシステムの一実施形態を示す。

【図2】図2は、一実施形態に係る、リモート処理装置からローカル処理装置に受信される局所無線トンネリング装置トンネリング通信の一例としてのプロセスを示す。

【図3】図3は、一実施形態に係る、ローカル処理装置からリモート処理装置に受信される局所無線トンネリング装置のトンネリング通信の一例としてのプロセスを示す。

【図4】図4は、一実施形態に係る、無線トンネリング装置の詳細なアーキテクチャを示す。

【図5】図5は、一実施形態に係る、無線トンネリング装置の一例としての状態変遷図を示す。

20

【図6】図6は、一実施形態に係る、USB3.0プロトコルに準拠した無線トンネリング装置の詳細なアーキテクチャを示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本明細書に記載の特徴及び効果は、すべてを網羅するものでなく、特に、図面、明細書、及び請求書の参照により、当業者には多くの追加的特徴及び効果が明らかとなるであろう。さらに、本明細書において使用される言語は、主として読み易さ及び指導的目的のために選択されたものであり、発明の主題を厳密に説明したり、制限するために選択されたものでないことに留意しなければならない。

30

【0016】

図面及び以下の説明は、単なる例示としての好適な実施形態に関連する。以下の検討により、本発明の原則から逸脱することなく採用されてもよい、実行可能な代替として、本開示の構造及び方法の代替実施形態が容易に認識されることに留意しなければならない。

【0017】

以降、添付の図面に例示される、本発明のいくつかの実施形態を詳細に説明する。図中、実際的な同様又は類似の参照符号が使用されることがあり、同様又は類似の機能を示すことがあることに留意しなければならない。図面は、例示のみを目的として実施形態を示している。当業者は、以下の説明より、本明細書に記載の原則から逸脱することなく、本明細書に示された構造及び方法の代替実施形態が採用されてもよいことを容易に認識するであろう。

40

【0018】

システム概要

本明細書中の実施形態は、主に、ホスト、デバイス、及びハブを備える、接続トポロジーにおける任意のノードに差し込むことのできるトンネリングシステムの観点において説明する。いくつかの実施形態において、トンネリングシステムは、USB3.0システムの観点で動作してもよい。しかしながら、本明細書における実施形態は、USB規格の異なるバージョン等、他の通信プロトコルや、HDMI、DisplayPort等、完全に異なるプロトコル、又はその他のシリアル通信プロトコルを使用した通信に使用してもよい。

50

【0019】

図1は、無線トンネリングシステム100の実施形態を示す。無線トンネリングシステム100は、無線リンク130を介して第2の演算システム150Bと通信する第1の演算システム150Aを備える。

【0020】

一実施形態において、無線リンク130は、60GHzの無線リンクからなる。無線リンク130は、無線トンネリング装置120が互いに非常に近接している（例えば、数ミリメートル以内）狭域通信に限定されてもよい。無線リンク130によるデータ送信には、例えば、毎秒6ギガビット以上のデータ転送速度を有してもよい。他の実施形態において、無線リンクは、広域通信に好適であってもよく、及び／又は、その他の周波数帯域で実施されてもよい。10

【0021】

第1の演算システム150Aは、有線接続116Aを介して無線トンネリング装置120Aに連結された処理装置110Aを含み、第2の演算システム150Bは、有線接続116Bを介して無線トンネリング装置120Bに連結された処理装置110Bを含む。無線トンネリング装置120A及び120B（本明細書中、「無線トンネリング装置120」又は「送受信機120」とも称する）は、無線リンク130を通じて互いに通信し、処理装置110A及び処理装置110B（本明細書中、「処理装置110」又は「ソース装置110」とも称する）間の通信をトンネリングする。処理装置は、有線通信プロトコルに準拠したデータ（一方向性又は双方向性）を他の電子装置と交換することのできる電子装置を含むことができる。処理装置の例として、ソースデバイス、シンクデバイス、ソースデバイスとシンクデバイスの中間デバイス、USBホスト／デバイス、ストレージデバイス等が挙げられる。一実施形態において、無線トンネリング装置120は、処理装置110のポート又はケーブル（例えば、USBポート又はケーブル、HDMIポート又はケーブル、又はDisplayPortのポート又はケーブル）に連結可能な脱着式ドングルとして実装される。他の実施形態において、無線トンネリング装置120は、処理装置110に（例えば、プリント回路基板上のトレースを介して）内部連結されるか、又は処理装置110に（例えば、集積回路において）完全に一体化されてもよい。20

【0022】

演算システム150（及びそのコンポーネント）は、アナログ回路コンポーネント、デジタルロジック、ソフトウェア、又はそれらの組み合わせによって実装されてもよい。一実施形態において、演算システム150の1つ以上のコンポーネントは、プロセッサと、プロセッサによる実行時、プロセッサにコンポーネントによる機能を実施させる命令を記憶する非一時的なコンピュータ可読記憶媒体として、実装されてもよい。代替又は追加として、デジタルコンポーネントは、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）、FPGA（Field-Programmable Gate Array）として、又はそれらの実装の組み合わせを使用して、実装されてもよい。30

【0023】

一実施形態において、無線トンネリングシステム100は、USB、HDMI、DisplayPort、又はその他のシリアル通信プロトコル等、従来の有線通信の代替物を提供する。例えば、処理装置110A及び110Bは、これまでのケーブルを介して互いに直接通信するだけでなく、代わりに、処理装置110A及び110Bは、各無線トンネリング装置120A、120Bと通信した後、これまでの有線通信を使用して達成することのできる速度を上回る速度で、ハイスピードポイント間シリアル無線リンク130でデータをトンネリングする。40

【0024】

処理装置110A、110Bの観点から、処理装置110A、110Bが従来の構成で直接接続されているかのように、同じ方法で通信が実装されてもよい。そのため、必ずしも、従来の処理装置110A、110Bへの修正が必要とされない（例えば、ソフトウェアの修正が必要ない）。換言すると、無線トンネリング装置120A、120B及びその50

両者間の無線リンク 130 は、従来のケーブルの直接的代替物として動作してもよい。例えば、各無線トンネリング装置 120A、120B は、各処理装置 110A、110B の従来のケーブルインターフェースに直接差し込めるようにするインターフェースを含み、無線トンネリング装置 120A、120B は、処理装置 110A、110B にとって、互いに直接接続されているかのような通信を促進する。別の実施形態において、無線トンネリング装置 120A、120B は、それらの処理装置 110A、110B にそれぞれ一体化されてもよい。

【 0 0 2 5 】

USB を例にとると、USB インタフェースを備えたこれまでの無線装置は、無線装置で USB プロトコルを終了させ、送信用の異なる無線プロトコルにデータを再符号化する。これまでの無線装置は、USB ツリートポロジーにおけるノード（USB ハブ、USB デバイス、又は USB リピータ）としてみることができる。一方、無線トンネリング装置は、非常に低遅延で、修正を行うことなく、且つ、USB プロトコルレイヤを終了させることなく、USB リンクレイヤデータトラフィックを送信できるようにする。このような無線トンネリング装置は、USB トポロジーにみることができない。

【 0 0 2 6 】

一実施形態において、各無線トンネリング装置 120 は、接続された処理装置 110 と通信を行い、無線トンネリング装置 120 が連結された処理装置 110 の相手の状態及び動作をミラーリングする。そこで、例えば、無線トンネリング装置 120A は、矢印 118 で示される通り、処理装置 110B の状態をミラーリングし、無線トンネリング装置 120B は、矢印 128 で示される通り、処理装置 110A をミラーリングする。従って、無線トンネリング装置 120A から処理装置 110A に通信されるデータには、処理装置 110B から無線トンネリング装置 120B への通信がミラーリングされ、無線トンネリング装置 120B から処理装置 110B に通信されるデータには、処理装置 110A から無線トンネリング装置 120A への通信がミラーリングされる。

【 0 0 2 7 】

具体的には、各無線トンネリング装置 120 は、そのリモート（すなわち、相手方）処理装置 110 の動作状態（例えば、電力状態又はその他の動作上の状態）を予測し、有線接続 116 を介して、予測された状態に従い、ローカル処理装置 110A とインターフェースで接続する。例えば、処理装置 110B は、データの速度又は電力管理状態に応じた有線通信プロトコル（例えば、USB）に従って、多数の処理状態のうちの 1 つで動作する。無線トンネリング装置 120A は、処理装置 110B の動作状態を予測し、処理装置 110B の予測された状態をミラーリングして、有線接続 116A を介して処理装置 110A とインターフェースで接続する。ミラーリングされる状態は、処理装置 110B の動作状態と同一又は略同様であってもよい。一態様において、表 4 を参照してより詳細に説明する通り、処理装置 110 の 1 組の処理状態を、無線トンネリング装置 120 の一つの状態又はより少ない数の状態にマッピング又は折り畳むことができる。

【 0 0 2 8 】

無線トンネリング装置 120 は、送信機 122 と、受信機 124 と、状態機械 126 を備える。送信機 122 は、処理装置 110 からデータを受信し、そのデータを、無線リンク 130 を介して別の演算システム 150 の受信機 124 に送信する。受信機 124 は、他の演算システム 150 の送信機 122 から無線リンク 130 を介してデータを受信し、受信したデータを処理装置 110 に提供する。状態機械 126 は、以下にさらに詳細に説明する通り、高周波数データを送信するための高電力状態と 1 つ以上の低電力状態との間で無線トンネリング装置 120 を切り替えることにより、無線トンネリング装置 120 の電力状態を制御する。無線トンネリング装置 120 は、さらに、トンネリングされたプロトコルの範囲内で信号化された低電力状態を模倣する。一実施形態において、無線トンネリング装置 120 は、無線リンク 130 を介してデータを同時に送受信するように、全二重通信を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

例えば、図示の実施形態において、処理装置 110A はアップストリーム装置として構成され、状態機械 126A に応じて「ホスト」として動作し、処理装置 110B はダウンストリーム装置として構成され、状態機械 126B に応じて「デバイス」として動作する。「ホスト」として機能する処理装置 110A は、「デバイス」として機能する処理装置 110B の動作、又は、処理装置 110B との通信を制御する。アップストリーム無線トンネリング装置 120A は、有線接続 116A を介してアップストリーム処理装置 110A (すなわち、「ホスト」) とインタフェースで接続し、同時に、ダウンストリーム無線トンネリング装置 120B は、有線接続 116B を介してダウンストリーム処理装置 110B (「デバイス」) とインタフェースで接続する。無線トンネリング装置 120A 及び 120B は、無線リンク 130 を介して、各処理装置 110 のステータス、状態、又は制御情報を含むデータを交換する。
10

【0030】

一実施形態において、無線トンネリング装置 120A、120B は、実質的に同一の装置である。或いは、無線トンネリング装置 120A、120B は、同様のハイレベルアーキテクチャを有するものの、本明細書に記載の特定のアーキテクチャ特性又は動作特性の異なる、別の補完装置種別である。例えば、一実施形態において、第 1 の無線トンネリング装置 120A は、ドッキングステーションとして実現された処理装置 110A とともに動作するように構成された第 1 の装置種別からなり、第 2 の無線トンネリング装置 120B は、モバイル装置として実現された処理装置 110B とともに動作するように構成された第 2 の装置種別からなる。一実施形態において、全二重通信を実施するためには、2つの異なる送信機 / 受信機のアンテナペアが双方向において同時に動作可能となるように、異なる種別の補完無線トンネリング装置 120 が異なるアンテナ偏波を有する。例えば、無線トンネリング装置 120A は、種別 X の送信アンテナと種別 Y の受信アンテナを有してもよく、無線トンネリング装置 120B は、補完種別 Y の送信アンテナと種別 X の受信アンテナを有してもよい。さらに、異なる種別の無線トンネリング装置 120 は、ペアのうちの無線トンネリング装置 120 の一方の電力効率を最適化するために、異なる制御方式に従って動作してもよい。例えば、第 1 の無線トンネリング装置 120A がドッキングステーションとともに動作するように構成され、第 2 の無線トンネリング装置 120B がモバイル装置とともに動作するように構成される時、無線トンネリング装置 120A、120B は、ドッキングステーションによってホストされる無線トンネリング装置 120B を代償にして、モバイル装置によってホストされる無線トンネリング装置 120A の電力消費を下げるため、非対称的に動作してもよい。ドッキングステーションは、通常、持続的電源に接続され、モバイル装置は、電力に制限のあるバッテリに依存するため、このトレードオフが望ましいこともある。
20
30

【0031】

一実施形態において、無線トンネリング装置 120 に関連する装置種別（及びそれに関連する動作）は、無線トンネリング装置 120 内に永続的に組み込んで設計されてもよい。或いは、無線トンネリング装置 120 は、スイッチ、コントロールピン（すなわち、チップの制御入力）、又はレジスタ設定に基づき、2つ以上の装置種別間で構成可能であってもよい。補完ペア内の無線トンネリング装置 120A、120B の異なる構成間のアーキテクチャ上の差異及び / 又は動作上の差異について、以下にさらに詳細に説明する。
40

【0032】

図 2 は、一実施形態に係る、リモート処理装置 110B からローカル処理装置 110A への通信をトンネリングする局所無線トンネリング装置 120A の一例としてのプロセスを示す。

【0033】

局所無線トンネリング装置 120A は、無線リンク 130 を通じて遠隔無線トンネリング装置 120B から無線受信信号を受信する（210）。無線受信信号は、第 1 の周波数（例えば、~60 GHz）で受信される。無線受信信号は、リモート処理装置 110B からのリモートデータ信号に応じて、無線トンネリング装置 120B によって生成される。
50

リモートデータ信号は、ローカル処理装置110Aに送信されるコンテンツ情報を含み、有線通信プロトコル（例えば、USBプロトコル）に準拠する。

【0034】

局所無線トンネリング装置は、無線受信信号の受信に応じて、無線受信信号に基づくベースバンド信号を取得する。具体的には、局所無線トンネリング装置120Aは、無線受信信号を、第1の周波数より低い第2の周波数（例えば、数Gbps）にダウンコンバートする（220）。ダウンコンバートされた無線受信信号は、ベースバンド信号となる。

【0035】

一態様において、局所無線トンネリング装置120Aは、ベースバンド信号に基づき、リモート処理装置110Bの状態を予測する（230）。ベースバンド信号は、リモート処理装置110Bの以前の状態を示す状態信号と共に符号化されてもよい。局所無線トンネリング装置120Aは、ベースバンド信号を復号化して、リモート処理装置110Bの状態信号を取得し、リモート処理装置110Bの以前の状態に基づき、リモート処理装置110Bの状態を予測することができる。他の態様において、局所無線トンネリング装置120Aは、無線受信信号に対応するベースバンド信号の一部に基づき、リモート処理装置の遠隔処理状態を予測する。例えば、USBの観点においては、局所無線トンネリング装置120Aは、受信したUSBデータパケットを解析することにより、遠隔処理状態を予測してもよい。さらに他の態様において、局所無線トンネリング装置120Aは、ローカルイベント（例えば、タイムアウトイベント等、ローカル処理装置の現在のローカル処理状態又は1つ以上の以前のローカル処理状態）に基づき、リモート処理装置の遠隔処理状態を予測する。

【0036】

局所無線トンネリング装置120Aは、リモート処理装置110Bの状態をミラーリングする（240）。具体的には、ローカル処理装置110Aとインターフェースで接続される局所無線トンネリング装置120Aは、リモート処理装置110Bの予測された状態をミラーリングし、ミラーリングされた状態とベースバンド信号に基づき、ミラーリングされたリモートデータ信号を生成する（250）。ミラーリングされたリモートデータ信号は、リモート処理装置110Bにおいて生成されたリモートデータ信号と同一又は略同様である。例えば、局所無線トンネリング装置120Aは、予測された状態に応じて、ローカル処理装置110Aにミラーリングされたリモートデータ信号を提供する。従って、リモート処理装置110Bからローカル処理装置110Aへの通信のトンネリングを達成することができる。

【0037】

図3は、一実施形態に係るローカル処理装置110Aからリモート処理装置110Bへの通信をトンネリングする局所無線トンネリング装置120Aの一例としてのプロセスを示す。

【0038】

局所無線トンネリング装置120Aは、ローカル処理装置110Aからローカルデータ信号を受信する（310）。ローカルデータ信号は、リモート処理装置110Bに送信される情報を含み、有線通信プロトコル（例えば、USBプロトコル）に準拠する。

【0039】

一態様において、局所無線トンネリング装置120Aは、ローカル処理装置110Aの1つ以上の状態を取得し、ローカル処理装置110Aの1つ以上の状態を1つ以上の対応する状態にマッピングする（320）。局所無線トンネリング装置120Aは、ローカル処理装置110Aからローカル処理装置110Aの現在の動作状態を示す信号を受信する。或いは、局所無線トンネリング装置120Aは、受信されるローカルデータ信号（例えば、その値）及び/又はローカル処理装置110Aの以前の動作状態に応じて、ローカル処理装置110Aの動作状態を判定する。

【0040】

局所無線トンネリング装置120Aは、ローカルデータ信号とマッピングされた状態に

10

20

30

40

50

基づき、第2の周波数（例えば、数 G b p s）でベースバンド信号を生成する（330）。一態様において、局所無線トンネリング装置120Aは、マッピングされた状態に応じて、ベースバンド信号を符号化する。例えば、局所無線トンネリング装置120Aは、局所無線トンネリング装置120Aのマッピングされた状態を示す状態信号と共にベースバンド信号を符号化する。

【0041】

局所無線トンネリング装置120Aは、第2の周波数（例えば、数 G b p s）でベースバンド信号をアップコンバートして（340）、第1の周波数（例えば、60GHz）で無線送信信号を生成し、無線リンク130を通じて遠隔無線トンネリング装置120Bに無線送信信号を送信する（350）。 10

【0042】

好都合なことに、無線トンネリング装置120は、リモート処理装置110の動作状態を予測し、リモート処理装置110の動作をミラーリングする。それにより、有線通信プロトコルのデータを他のプロトコル（例えば、無線通信プロトコル）にコンバート、又は無線トンネリング装置の異なる状態間の推移することによる遅延を削減できる。このようにして、無線リンク130を通じて、高速のデータ転送速度（例えば、マルチギガ b p s）で2つの処理装置110A、110B間の通信のシームレスなトンネリングを達成することができる。

【0043】

無線トンネリング装置アーキテクチャの詳細

図4は、一実施形態に係る無線トンネリング装置120の詳細なアーキテクチャを示す。図4は図1に示す無線トンネリング装置120に対応するものであるが、一実施形態に係る装置120の動作をより良く説明するために、さらに詳細に例を示している。一実施形態において、無線トンネリング装置120は、USB3.0の速度でトンネリング可能な全二重ハイスピードデータパスを含む。一実装において、無線トンネリング装置120は、USB PHY402と、USBデジタル404と、エンコーダ416と、送信機420と、無線コンポーネント状態機械480と、デコーダ454と、受信機440とを含む。USBプロトコルに準拠した適正な通信のために、追加のコンポーネントが実装されてもよい。これらのコンポーネントは、ともに、2つの処理装置110間の通信をトンネリングするように動作する。 30

【0044】

USB PHY402は、一実施形態において、USB3.0の電気的仕様に完全に準拠し、4つの異なるUSBの速度、すなわち、スーパースピード（5G b p s）、ハイスピード（480M b p s）、フルスピード（12M b p s）、及びロースピード（1.5M b p s）をすべてサポートする混合信号インタフェース回路である。これは、USB3.0のホスト全域と周辺アプリケーションをサポートする。USB PHY402は、PIPE3.0（SS用）及びUTMI+（HS/FS/LS用）に準拠するデジタルインターフェースを提供する。UTMI+は、FS/LS用に2つのインターフェースを提供する。すなわち、標準8ビット/16ビットインターフェースか、又はビット-シリアルインターフェースである。本明細書に記載のアーキテクチャをトンネリングする実施形態は、2つの無線トンネリング装置120に及ぶエンドツーエンド遅延を最少化するために、ビットシリアルインターフェースを使用する。ビットシリアルインターフェースは、ビットデータの直列化及び非直列化する時間を節約し、それにより遅延を低減する。 40

【0045】

USB PHY402は、USB3.0仕様に規定された低電力状態、すなわち、スーパースピード用のU0/U1/U2/U3と、HS/FS/LS用のサスPEND-レジュームすべてに対して、低電力消費を実現する。これは、仕様に規定の通り、低電力状態を終了するための、LFPS（Low Frequency Periodic Signaling）の送受信もサポートしている。

【0046】

10

20

30

40

50

U S B デジタル 4 0 4 は、 U S B P H Y 4 0 2 と無線コンポーネント（例えば、送信機 4 2 0 と受信機 4 4 0 ）の間を接続する回路コンポーネントである。 U S B デジタル 4 0 4 は、 U S B P H Y 4 0 2 及び無線コンポーネントの動作状態を判定する。 U S B デジタル 4 0 4 は、ローカル処理装置 1 1 0 A からリモート処理装置 1 1 0 B への通信をトンネリングする時、及びリモート処理装置 1 1 0 B からローカル処理装置 1 1 0 A への通信をトンネリングする時の双方において機能する。

【 0 0 4 7 】

ローカル処理装置 1 1 0 A からリモート処理装置 1 1 0 B への通信をトンネリングするために、 U S B デジタル 4 0 4 は、 U S B P H Y 4 0 2 を通じてローカル処理装置 1 1 0 A からローカルデータ信号を受信し、ローカルデータ信号をエンコーダ 4 1 6 に提供する。一様において、 U S B デジタル 4 0 4 は、ローカル処理装置 1 1 0 A のローカル処理状態を示すローカル処理装置 1 1 0 A の状態信号を生成する。ローカル処理装置 1 1 0 A の状態信号は、相手方の無線トンネリング装置 1 2 0 B の U S B デジタル 4 0 4 がローカル処理装置 1 1 0 A の動作状態を予測できるようにする。 U S B デジタル 4 0 4 は、ローカルデータ信号に基づき、ローカル処理装置 1 1 0 A の状態を特定することができる。さらに、 U S B デジタル 4 0 4 は、マッピングされた状態に応じて状態信号を生成し、ローカルデータ信号及びローカル処理装置 1 1 0 A の状態信号をエンコーダ 4 1 6 に提供する。

【 0 0 4 8 】

エンコーダ 4 1 6 は、ローカル処理装置 1 1 0 A の状態信号と共にローカルデータ信号を符号化し、符号化された信号を送信機 4 2 0 に提供する。一様において、ローカルデータ信号は、エンコーダ又はスクランブル（簡易化のため、図示せず）による符号化の前又は後に、スクランブルされて、非ゼロ D C バイアス（0 及び 1 の番号が同一でない）等、望ましくない特性を取り除いてもよい。 U S B ケーブル上の U S B スーパースピードデータは、 5 G b p s の理論速度を有し、ここから 2 0 % が 8 b / 1 0 b 符号化により遅くなる。これは、ケーブル関連ビットエラーを防ぐために、 U S B 規格に規定されている。このオーバーヘッドは、無線送信の場合は除外され、スーパースピードデータ帯域幅は、 4 G b p s に低減される。代わりに、無線送信のためにエラー訂正コードが付与され、無線関連ビットエラーが検出及び訂正できるようになる。符号化によって、受信機側は、場合によっては、無線送信によって取り込まれたビットエラーを訂正しうる。一実装において使用される F E C は、 B C H コード（Bose-Chaudhuri-Hocquenghem コード）であり（ 2 3 2 、 2 1 6 ）、これは、与えられた 2 1 6 ビットシーケンス毎に、各出力コード - ワードが 2 3 2 ビットを有する、周期エラー訂正コードである。 B C H コードは、有利なことに、エラー訂正能力を有し、符号及び復号のレイテンシが低い。コードは、体系的であってもよく、これは、最初の 2 1 6 ビットの出力が入力シーケンスから単純に複製されることを意味する。最後の 1 6 ビットは、 B C H コード生成行列を使用して符号化することができる。

【 0 0 4 9 】

送信機 4 2 0 は、エンコーダ 4 1 6 から符号化信号を受け取り、符号化信号をアップコンバートして、アップコンバートされた信号を無線で送信する。一様において、送信機 4 2 0 は、高周波数送信回路 4 2 2 と低周波数送信回路 4 2 4 とを含む。高周波数送信回路 4 2 2 は、高データ転送速度（例えば、 6 G b p s ）のデジタルベースバンド信号を R F 周波数（例えば、 6 0 G H z ）にアップコーンバートし、アップコンバートされた信号を送信するために使用される。例えば、高周波数送信回路 4 2 2 は、 U S B プロトコル、 H D M I プロトコル、 D i s p l a y P o r t プロトコル、その他の通信プロトコルに準拠した高データ転送速度信号のアップコンバートと、アップコンバートされた信号の無線リンク 1 3 0 を通じた送信とに適している。低周波数送信回路 4 2 4 は、低いデータ転送速度（例えば、 ~ 1 0 0 K b p s ）デジタルベースバンド信号を R F 周波数（例えば、 6 0 G H z ）にアップコンバートし、アップコンバートされた信号を送信するために使用される。例えば、低周波数送信回路 4 2 4 は、無線コンポーネント状態機械 4 8 0 の異なる

10

20

30

40

50

状態間又は無線コンポーネントの電力状態における動作又は推移に関する制御情報を含む、低データ転送速度信号のアップコンバートを行うのに適している。高周波数送信回路422が低周波数送信回路424より高いデータ転送速度信号を送信できるが、高周波数送信回路422は、低周波数送信回路424より多くの回路コンポーネントを含むかもしれないし、低周波数送信回路より多くの電力を消費するかもしれない。一様において、高周波数送信回路422及び低周波数送信回路424のうちの一方が、適切なデータ転送速度信号の送信のために、無線コンポーネント状態機械480に応じて選択される。

【0050】

リモート処理装置110Bからローカル処理装置110Aへの通信をトンネリングするために、受信機440は、他の無線トンネリング装置120の送信機から無線受信信号を受信し、無線受信信号をダウンコンバートして、ベースバンド信号を取得する。一様において、受信機440は、高周波受信回路442と、低周波受信回路446とを含む。高周波受信回路442は、RF周波数（例えば、60GHz）を高データ転送速度（例えば、6Gbps）デジタルベースバンド信号にダウンコンバートするために使用される。低周波数受信回路446は、RF周波数（例えば、60GHz）を低データ転送速度（例えば、~100Kbps）デジタルベースバンド信号にダウンコンバートするために使用される。高周波数受信回路442は、低周波数受信回路446より高いデータ転送速度で信号をダウンコンバートすることができるが、高周波数受信回路442は、低周波数受信回路446より多くの回路コンポーネントを含むかもしれないし、低周波数受信回路446より多くの電力を消費するかもしれない。一様において、高周波数受信回路442と低周波数受信回路446のうちの一方が、適切なデータ転送速度信号の受信のために、無線コンポーネント状態機械480に応じて選択される。

10

20

【0051】

デコーダ454は、受信機440からダウンコンバートされた信号を受け取り、受け取った信号を復号化する。1つのアプローチにおいて、ダウンコンバートされた信号は、デコーダ454による復号化の前又は後にスクランブルを解除してもよい（簡易化のため、スクランブル解除器は図示せず）。デコーダ454は、リモートデータ信号と、リモート処理装置110Bの以前の状態を示すリモート処理装置110Bの状態信号とを取得するため、ダウンコンバートされた信号を復号化してもよい。一実施形態において、硬判定ベースのBCHデコーダが実装される。デコーダ454は、ダウンコンバートした信号における任意のビットエラーを検出及び訂正してもよい。（232、216）BCHコードは、232ビットコードワードにおいて2ビットまでのエラーを訂正することができる。この符号化方式により、独立且つランダムなビットエラーを改善する。デコーダ454は、リモートデータ信号とリモート処理装置110Bの状態信号とをUSBデジタル404に提供する。

30

【0052】

USBデジタル404に戻って言及すると、USBデジタル404は、デコーダ454からリモートデータ信号とリモート処理装置110Bの状態信号とを受け取る。USBデジタル404は、リモート処理装置110Bの状態信号に基づき、リモート処理装置110Bの動作状態を予測することができる。USBデジタルは、リモート処理装置110Bの状態信号に基づき、例えば、リモート処理装置110Bとローカル処理装置110Aの間の通信遅延、リモート処理装置110B又はローカル処理装置110Aの以前の動作状態、リモートデータ信号、又はこれら双方の組み合わせを考慮することにより、リモート処理装置110Bの動作状態を予測する。USBデジタル404は、リモート処理装置110Bの予測された状態に応じて、USBPHY402を構成し、無線トンネリング装置120A及び120Bのあらゆる遅延を断つことができるように、USBPHY402を通じてローカル処理装置110Aにリモートデータ信号を提供する。

40

【0053】

一実施形態において、USBデジタル404は、リモート処理装置110Bの動作状態をミラーリングするための処理コンポーネント状態機械408を含む。処理コンポーネン

50

ト 状 態 機 械 4 0 8 は、 U S B 3 . 0 仕 様 か ら の L T S S M (Link Training and System Status Machine) に 適 合 さ せ た 実 装 か ら な る も の と す る こ と が で き る。 U S B 3 . 0 仕 様 に お け る L T S S M (Link Training and Status State Machine) は、 リンク接続性及びリンク電力管理のために規定された状態機械である。 さ ら に、 处 理 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 0 8 は、 U S B 2 . 0 仕 様 か ら の R P S M (Reset Protocol State Machine) を 含 ん で も よ い。 处 理 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 0 8 は、 図 1 に 示 さ れ る 通 り、 無 線 リンク の 相 手 側 に お け る U S B ホ ス ト / デ バ イ 斯 ・ ハ ブ の L T S S M 状 態 又 は R P S M 状 態 を 追 蹤 す る よ う に 設 計 さ れ る。 处 理 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 0 8 は、 リ モ ー ト 处 理 装 置 1 1 0 B の 動 作 状 態 を 予 测 し、 リ モ ー ト 处 理 装 置 1 1 0 A の 状 態 を ミ ラ ー リ ン グ す る。

【 0 0 5 4 】

10

一 態 様 に お い て、 处 理 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 0 8 は、 そ れ 自 身 の 1 つ 以 上 の 状 態 を 無 線 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 の 1 つ 以 上 の 対 応 す る 状 態 に マッピング し、 そ し て、 無 線 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 の 状 態 を 構 成 す る。 無 線 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 は、 無 緯 コ ン ポ ーネ ン ト の 電 力 効 率 を 向 上 す る た め に、 送 信 機 4 2 0 及 び 受 信 機 4 4 0 の 無 緯 コ ン ポ ーネ ン ト の 電 力 状 態 を 制 御 す る。 例 え ば、 高 周 波 数 送 信 回 路 4 2 2 の 電 力 消 費 が 低 周 波 数 送 信 回 路 4 2 4 に 比 較 す る た め に、 無 緯 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 は、 高 周 波 数 送 信 回 路 4 2 2 が 使用 さ れ て い な い 時 の、 低 周 波 数 送 信 の 間、 高 周 波 数 送 信 回 路 4 2 2 を 低 電 力 状 態 で 動 作 さ せ る か、 又 は 高 周 波 数 送 信 回 路 4 2 2 を オ フ に す る よ う に、 制 御 す る こ と が で き る。 高 周 波 数 送 信 の 間、 低 周 波 数 送 信 回 路 4 2 4 の 電 源 を 切 っ て も よ い。 同 様 に、 高 周 波 数 受 信 回 路 4 4 2 の 電 力 消 費 は 低 周 波 数 受 信 回 路 4 4 6 と 比 較 す る た め に、 無 緯 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 は、 高 周 波 数 受 信 回 路 4 4 2 が 使用 さ れ て い な い 時 の、 低 周 波 数 受 信 の 間、 高 周 波 数 受 信 回 路 4 4 2 を 低 電 力 状 態 で 動 作 さ せ る か、 又 は 高 周 波 数 受 信 回 路 4 4 2 を オ フ に す る よ う に、 制 御 す る こ と が で き る。 高 周 波 数 受 信 中、 低 周 波 数 受 信 回 路 4 4 6 の 電 源 を 切 っ て も よ い。

20

【 0 0 5 5 】

さ ら に、 無 緯 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 は、 例 え ば、

- (1) U S B ホ ス ト / デ バ イ 斯 の 脱 着 の 檢 出、
- (2) U S B 電 力 状 態 に 基 づ く、 無 緯 ブ ロ ッ ク 及 び U S B P H Y の 電 力 状 態 の 制 御、
- (3) 無 緯 リンク に 亘 る リンク 応 答 を 再 生 す る こ と 由 る、 U S B ホ ス ト 及 び デ バ イ 斯 の 同 時 発 生 性 の 確 保

30

を 含 む、 多 数 の シ ス テ ム 機能 を 制 御 す る。

【 0 0 5 6 】

図 5 は、 一 実 施 形 態 に 係 る、 U S B デ タ の ト ン ネ リ ン グ が 可 能 な 無 緯 ト ン ネ リ ン グ シ ス テ ム の た め の 一 例 と し て の 状 態 变 遷 図 を 示 す。 無 緯 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 の 各 状 態 は、 以 下 の 表 2 に 示 さ れ る 通 り、 处 理 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 0 8 の 対 応 す る 状 態 に マッピング さ れ て も よ い。 本 実 施 形 態 に お い て、 あ り 得 る 5 つ の 電 力 状 態 を 利 用 可 能 で あ る。 す な わ ち、 W 0 状 態 5 0 2 と、 W 2 状 態 5 0 6 と、 W 3 状 態 5 0 8 と、 近 接 檢 出 状 態 5 1 0 と、 ス リ ー ピ ッ 状 態 5 0 4 と で あ る。 一 態 様 に お い て、 無 緯 コ ン ポ ーネ ン ト 状 態 機 械 4 8 0 は、 図 5 に 示 さ れ る 電 力 状 態 の う ち の 1 つ で 動 作 す る。

【 0 0 5 7 】

40

W 0 状 態 5 0 2 は、 高 電 力 状 態 を 表 し、 そ の 状 態 で は、 高 周 波 数 送 信 回 路 4 2 2 、 高 周 波 数 受 信 回 路 4 4 2 、 及 び 関 連 す る コ ン ポ ーネ ン ト が 有 効 化 さ れ、 無 緯 ト ン ネ リ ン グ 装 置 1 2 0 が 高 周 波 数 シ リ ア ル デ タ (例 え ば、 U S B デ タ) を アクティ ブ に 送 信 し て い る、 又 は この 送 信 に 利 用 可 能 で あ る、 準 備 が 整 っ て い る。 W 0 状 態 に お い て、 高 周 波 数 送 信 回 路 4 2 2 及 び 高 周 波 数 受 信 回 路 4 4 2 は、 オ ニ に さ れ、 無 緯 ト ン ネ リ ン グ 装 置 1 2 0 は、 U S B デ タ を アクティ ブ に ト ン ネ リ ン グ し て も よ い。 其 の 装 置 と の 近 接 さ が 失 わ れ た 場 合、 無 緯 ト ン ネ リ ン グ 装 置 1 2 0 は、 近 接 檢 出 状 態 に 推 移 す る。 近 接 檢 出 状 態 5 1 0 で は、 高 周 波 数 送 信 回 路 4 2 2 及 び 高 周 波 数 受 信 回 路 4 4 2 は、 オ フ さ れ る。 低 周 波 数 送 信 回 路 4 2 4 及 び 低 周 波 数 受 信 回 路 4 4 6 は、 其 の 装 置 へ の 近 接 を 定 期 的 に チ ェ ッ ク す る た め に オ ニ さ れ、 不 使用 時 に は オ フ さ れ る。 無 緯 ト ン ネ リ ン グ 装 置 1 2 0 A 及 び 1 2 0 B は

50

、近接検出に成功したものの、処理装置 110 が取り付けられていないと判定された場合、W0 状態からスリープ状態 504 に入つてもよい。この判定は、W0 状態 502 において行われる。スリープ状態 504 において、「常時接続」ブロックのみが稼働し、他のコンポーネントは電力効率化のためにオフされる。無線トンネリング装置は、予め定められた時間、スリープ状態 504 に置かれた後、近接検出状態 510 に戻つて、無線近接が維持されていることを確認する。近隣の装置が検出された場合、無線トンネリング装置 120 は、処理装置の取り付けをチェックする W0 状態 502 に推移して戻る。無線トンネリング装置ペア 120A / 120B が無線近接にあり、処理装置 110A / 110B が取り付け状態にあるものの、処理装置 110 が低電力状態にあるか、又はアクティブにデータの通信を行つていない時、W2 状態 506 及び W3 状態 508 に入る。例えば、処理装置 110 が USB3.0 スーパースピードの「U2」低電力状態にある時、W2 状態 506 に入り、処理装置 110 が USB3.0 スーパースピードの「U3」状態又は USB2.0 ハイスピードの「サスペンド」状態のいずれかにある時、W3 状態 508 に入る。
10

【0058】

図 5 の各弧は、状態間で可能な推移を表す。状態間で推移するための条件について、表 1 にまとめ、以下により詳細に説明する。

【表 1】

表 1：無線トンネリング装置の状態推移

弧	ローカル装置要件	リモート装置要件
A	USB2.0は切断され、かつ、USB3.0は無効化される	<i>proposed_link_state==SLEEP</i>
b1	USB2.0は切断又はサスPENDされ、かつ、USB3.0はU2状態	<i>proposed_link_state==W2</i>
b2	USB2.0/USB3.0はローカル又はリモートからイベントをウエイクアップ	該当なし
c1	USB2.0は切断又はサスPENDされ、かつ、USB3.0はU3状態	<i>proposed_link_state==W3</i>
c2	USB2.0/USB3.0のローカル又はリモートからイベントをウエイクアップ	該当なし
d1	スリープタイマタイムアウト	該当なし
E	N秒間、無線キープアライブ信号は見られない	該当なし
F	N秒間、無線キープアライブ信号は見られない	該当なし
g2	W0～：近接が検出される	該当なし
g1	HF同期状態機械により、HF無線リンクは喪失	該当なし

20

30

40

【0059】

W0 状態 502 からの（例えば、弧 a、b1、c1、及び g1 を介する）推移は、局所無線トンネリング装置の状態と、局所無線トンネリング装置に近接する遠隔無線トンネリング装置の状態との双方によって決まる。ローカル装置の状態を遠隔装置に伝えたり、又はその逆を行つたりするために、ローカル装置条件によって決定された新たな状態への推移を示す W0 状態 502 にある時、信号 “proposed_link_state” が装置間で定期的に送信される。例えば、一実施形態において、信号 “proposed_link_state” は、ローカル装置によりその状況に基づき通知された状態を符号化した 2 ビット信号である（例えば、「0」は W0 を表し、「1」は W2 を表し、「2」は W3 を表し、「3」はスリープを表す）。信号 “proposed_link_state” は、定期的に更新され、W0 状態 502 にある時、無線リンクで交換される。
50

【 0 0 6 0 】

装置は、処理装置 110 が無効化又は切断されたことを検出した時、スリープ状態 504 への推移（弧 a）を通知する。装置は、USB2.0 が切断又はサスPENDされ、かつ、USB3.0 が U2 低電力状態に入ったことを検出した時、W2 状態 506 への推移（弧 b1）を通知する。装置は、USB2.0 が切断又はサスPENDされ、かつ、USB3.0 が U3 状態に入ったことを検出した時、W3 状態 508 への推移（弧 c1）を通知する。装置は、HF 無線リンク（すなわち、高周波数を使用して無線リンク 130 がデータバスの送受信を行う）が喪失した時、近接検出状態 510 への推移を通知する。

【 0 0 6 1 】

W0 からの状態変化は、無線リンク 130 の両側が同じ低電力状態（例えば、スリープ、W2、又は W3）を通知した後にのみ起きる。そうでなければ、双方の装置は、W0 状態 502 のままである。W0 状態 502において、“proposed_link_state”の値が定期的に送信される。ローカル装置及びリモート装置の双方が同じ低電力状態を通知した後、これらの装置は、その状態に推移する。

【 0 0 6 2 】

W2 状態 506 を終了して W0 状態 502 となる（弧 b2）のは、アップストリーム処理装置又はダウンストリーム処理装置が終了イベントを送信したことをトリガとする。例えば、USB3.0において、終了イベントは、無線トンネリング装置 120 に対する U2 終了 L F P S（Low Frequency Periodic Signaling）からなってもよい。W2 終了を発生させるために、無線トンネリング装置 120 は、基礎となるシリアルプロトコルの要件に合う十分に低いレイテンシ（例えば、USB3.0 リンクに対して 2ms）で、ハンドシェイク L F P S を返送する。一実装において、W2 状態 506 での動作時にすべての PLL（Phase-Locked-Loops）に電力供給を続けることにより、迅速な W2 終了を促進する。

【 0 0 6 3 】

一例において、処理コンポーネント状態機械 408 の状態は、以下の表 2 に示す通り、無線コンポーネント状態機械 480 の状態にマッピングされる。

【表 2】

表 2：USB3.0 LTSSM 状態及び無線電力状態間のマッピング

LTSSM 状態 (USB3.0仕様から)	無線電力状態
U1	W0
U2	W2
U3	W3
SS.Disabled、SS.Inactive、Rx.Detect	W0/Sleep 間のループ
U0 及びその他すべてのアクティブ状態	W0

10

20

30

【 0 0 6 4 】**USB3.0 のための無線トンネリング装置アーキテクチャ**

40

図 6 は、一実施形態に係る、USB3.0 プロトコルに準拠した無線トンネリング装置のアーキテクチャを示す。USB3.0 規格は、4 つの異なる転送速度、すなわち、スーパースピード（本明細書中、「SS」とも称する）、ハイスピード（本明細書中、「HS」とも称する）、フルスピード（本明細書中、「FS」とも称する）、及びロースピード（本明細書中、「LS」）とも称する）のサポートを規定している。図 6 は、USB PHY402 及び USB デジタル 404 を介した 4 つの USB 速度すべてについてのデータフローを示している。

【 0 0 6 5 】

USB PHY402 の一方側には、処理装置 110 とのケーブルインターフェースが設

50

けられる。U S B P H Y 4 0 2 の他方側には、ケーブルインターフェースより低い周波数で動作する、U S B デジタル 4 0 4 とのデジタルデータインターフェースが設けられる。U S B P H Y 4 0 2 は、スーパースピード U S B 6 0 1 の機能のすべての態様のサポートと、産業用規格 P I P E インタフェース 6 1 1 を介した U S B デジタル 4 0 4 とのインターフェースとを提供する。この双方向性インターフェースは、2つのバスからなり、各々が、U S B P H Y 4 0 2 を出入りするデータのために用いられる。P I P E インタフェース 6 1 1 におけるバス幅は、16ビット又は32ビットである。一実施形態において、16ビットのバス幅は、レイテンシを低減するために採用される。同様に、ケーブルインターフェースからのハイスピードデータ 6 0 2 は、産業用規格 U T M I インタフェースを使用して、U S B デジタル 4 0 4 と接続される。最も標準的な U S B P H Y 実装では、フルスピードデータ及びロースピードデータ 6 0 3 が U T M I インタフェース 6 1 2 及びシリアルインターフェース 6 1 3 の双方に設けられる。一態様において、U T M I インタフェース 6 1 2 は、デジタル設計パイプラインの設計のために採用される。しかしながら、U T M I インタフェースは、8ビット又は16ビットの幅のバスを備え、F S / L S データビットのシリアルライゼーション又はデシリアルライゼーションのサイクルによる大きなレイテンシを生じてしまうこともあり、低レイテンシトンネリング設計には相応しくない。この大きなレイテンシを克服するため、一実施形態において、シリアルインターフェース 6 1 3 は、F S / L S データ 6 0 3 を U S B デジタル 4 0 4 にインターフェースで接続するために採用される。

【0066】

U S B デジタル 4 0 4 は、S S 、H S 、F S 、及び L S のためのコンポーネントを備える。スーパースピードサブシステム 6 2 0 は、S S 受信データバスブロック 6 2 2 及び S S 送信データバスブロック 6 2 3 と、後述の通り、データバスブロックの動作を制御する U S B 3 . 0 スーパースピード状態機械 6 2 1 とを備える。同様に、H S / F S / L S サブシステム 6 3 0 は、H S 受信データバスブロック 6 3 2 、H S 送信データバスブロック 6 3 3 、シリアル受信データバス 6 3 4 、シリアル送信データバスブロック 6 3 5 、及び U S B 2 . 0 状態機械 6 3 1 を備える。U S B 2 . 0 状態機械 6 3 1 は、後述の通り、H S / F S / L S サブシステム 6 3 0 におけるこれらのデータバスブロックの動作を制御する。任意の与えられたセッションにおいて、トンネリングシステムは、処理装置 1 1 0 と無線トンネリング装置 1 2 0 の間の検出状態に応じて、H S モード、F S モード、又は L S モードのうちの1つで動作する。或る U S B 接続トポロジーにおいて、S S と、H S / F S / L S のうちの1つとは、例えば、一対の無線トンネリング装置が U S B 3 . 0 である処理装置と U S B 3 . 0 ハブである処理装置の間にある時、同時にアクティブとなることができる。

【0067】

U S B デジタル 4 0 4 は、1つがスーパースピード用 6 5 1 であり、もう1つが H S / F S / L S 用 6 5 2 である、並列に動作する2つのインターフェースを使用して、無線送信のために、エンコーダ 4 1 6 にデータを提供する。エンコーダ 4 1 6 は、固定フレーム構造に応じてこれら双方のインターフェースからデータをパックし、無線送信のために、単一のデータストリームを送信機 4 2 0 に提供する。同様に、U S B デジタル 4 0 4 のデコーダ 4 5 4 とのインターフェースは、スーパースピード 6 5 3 データとその他 H S / F S / K S 6 5 4 データのためのインターフェースからなる。デコーダ 4 5 4 は、無線受信機 4 4 0 からデータストリームを受信し、固定フレーム構造に応じてデータストリームのパックを解除し、スーパースピード 6 5 3 データと H S / F S / L S 6 5 4 データの双方のインターフェースに同時にデータを提供する。

【0068】

U S B プロトコルのための例としての状態機械実装U S B 3 . 0 スーパースピード状態機械

U S B 3 . 0 仕様における L T S S M (Link Training and Status State Machine) は、リンク接続性及びリンク電力管理のために規定された状態機械である。仕様では、表 3

10

20

30

40

50

にまとめた通り、特定機能のために 24 個のサブ状態を備える 12 個の状態を規定する。

【表 3】

表 3 : U S B 3 . 0 仕様からの L T S S M 状態及びサブ状態

L T S S M サブ状態(24)	L T S S M 状態(12)	機能	
U0	U0	SS パケットが転送中である状態	
U1	U1	短い終了レイテンシを伴う低電力状態	
U2	U2	U1より長い終了レイテンシを伴う低電力状態	
U3	U3	最長終了レイテンシを伴う低電力状態	10
SS.Inactive.Disconnect.Detect	SS.Inactive	リンクが非動作状態で、かつ、システム／ソフトウェア介入が必要なリンクエラー状態	
SS.Inactive.Quiet			
Rx.Detect.Reset	Rx.Detect	USB ポートが SS リンクパートナの存在有無の確認を試み、かつ、存在検出に際し、リンク訓練を開始する状態	
Rx.Detect.Active			
Rx.Detect.Quiet			
SS.Disabled.Default	SS.Disabled	スーパースピード接続性が無効化され、リンクが USB2.0 モード下で動作してもよい	20
SS.Disabled.Error			
Compliance Mode	Compliance Mode	送信機適合性試験を可能にする状態	
Loopback.Active	Loopback	ビットエラー試験を可能にする状態	
Loopback.Exit			
Recovery.Active	Recovery	低電力状態の終了後にリンクを再訓練するか、あるいは、リンクが U0 において適正に動作しないこと、又はリンクパートナがリンク動作のモードを変化させる決定を行つたことを検出するための状態	
Recovery.Configuration			
Recovery.Idle			
Hot Reset.Active	Hot Reset	ダウンストリームポートをそのアップストリームポートにリセットするために規定される状態	30
Hot Reset.Exit			
Polling.LFPS	Polling	S S 送信機及び S S 受信機を訓練させ、同期させ、且つパケット転送に備えさせるために 2 つのリンクパートナに対して規定される状態	
Polling.RxEQ			
Polling.Active			
Polling.Configuration			
Polling.Idle			

【0069】

U S B デジタル 404 内の 25 状態 U S B 3 . 0 スーパースピード状態機械 631 は、24 状態 L T S S M を最適化し、一実施形態による無線トンネリングに適合させることによって実装される。これが表 4 に示されている。U S B 3 . 0 スーパースピード状態機械 631 は、多数のサブ状態を 1 つに折り畳むこと、一つのサブ状態を複数の状態に分割すること、又は新たな状態を追加することのうちのいずれかにより、L T S S M から導出される。この導出について、表 4 に示す。

【表4】

表4：無線トンネリングのためのUSB3.0スーパースピード状態機械の状態

	USB3.0スーパースピード状態機械 (無線トンネリング用)	USB3.0仕様からのLTSSMサブ状態	コメント
1	POWER_OFF	SS.Disabled.Default(VBUS)	LTSSMサブ状態分割
2	SS.Disabled.Default	SS.Disabled.Default(Clock)	LTSSMサブ状態分割
		SS.Inactive.Quiet	LTSSMサブ状態折畳
		SS.Inactive.Disconnect.Detect	LTSSMサブ状態折畳
3	SS.Disabled.Error	SS.Disabled.Error	
4	Rx.Detect.Reset	Rx.Detect.Reset	
5	Rx.Detect.Active	Rx.Detect.Active	
6	Rx.Detect.Quiet	Rx.Detect.Quiet	
7	Rx.Detect.Remote		新たな状態追加
8	Polling.LFPS	Polling.LFPS	
9	Polling.RxEQ	Polling.RxEQ	
10	PollingTraining	Polling.Active	3 LTSSMサブ状態折畳
		Polling.Config	
		Polling.Idle	
11	NonPollingTraining	Recovery.Active	5 LTSSMサブ状態折畳
		Recovery.Configuration	
		Recovery.Idle	
		Hot Reset.Active	
		Hot Reset.Exit	
12	U0	U0	LTSSMサブ状態2分割
13	U0_Exit		
14	U1	U1	LTSSMサブ状態2分割
14	U1_Exit		
16	U2	U2	LTSSMサブ状態2分割
17	U2_Exit		
18	U3	U3	LTSSMサブ状態2分割
19	U3_Exit		
20	Compliance Mode	Compliance Mode	
21	Loopback.Active.Local	Loopback.Active	LTSSMサブ状態2分割
22	Loopback.Active.Through		
23	Loopback.Exit.Local	Loopback.Exit	LTSSMサブ状態2分割
24	Loopback.Exit.Through		
25	IdleTraining		新たな状態追加

【0070】

USB3.0スーパースピード状態機械は、図1に示される通り、無線リンクの相手側のUSBホスト/デバイス/ハブのLTTS M状態を追跡するように設計される。従って

10

20

30

40

50

、状態推移は、以下の3つの種別の入力のうちの1つに基づいて行われる。

(1) 遠隔無線トンネリング装置のUSB3.0スーパースピード状態機械から無線で受信した信号伝達情報(例えば、表7から“remote.RX_SIG_POWEROFF”)

(2) 遠隔無線トンネリング装置から無線で受信したUSBパケットデータ(“remote.data”として示される)

(3) タイムアウト等のローカル生成された信号/イベント(例えば、表7の“timeout_12ms”)

【0071】

表5は、使用されるすべてのスーパースピード信号伝達情報を一覧にまとめている。表6は、無線で信号伝達情報を送信するためのパケット構造を示している。スーパースピード信号伝達情報は符号化され、そして、無線で帯域内ペイロードとして通信される。信号伝達情報は、送信されるべきスーパースピードパケットデータがない時にはいつでも、無線で送信されてもよい。

【表5】

表5：スーパースピード信号伝達情報

	信号伝達	符号化値 (8ビット— バイナリ)	コメント
1	RX_SIG_POWEROFF	0000_00xx	0=Rx有効、1=Rx電気的アイドル、 2=電力あり
2	RX_SIG_LFPS	0000_0100	LFPS開始
3	RX_SIG_DATA	0000_0101	データ開始
4	RX_SIG_IDLE/RX_SIG_POWERON	0000_0110	アイドル開始
5	RX_DETECT_SUCCESS	0001_0000	検出パス受信
6	RX_DETECT_FAIL	0001_0001	検出失敗受信
7	RX_LFPS_POLLING	0010_0000	タイプPolling LFPSでLFPS終了
8	RX_LFPS_PING	0010_0001	タイプPing LFPSでLFPS終了
9	RX_LFPS_WARMRESET	0010_0010	タイプWarmreset LFPSでLFPS終了
10	RX_LFPS_U1EXIT	0010_0011	タイプU1 Exit LFPSでLFPS終了
11	RX_LFPS_U2EXIT	0010_0100	タイプU2 Exit LFPSでLFPS終了
12	RX_LFPS_U3WAKEUP	0010_0101	タイプU3 Wakeup LFPSでLFPS終了
13	RX_LFPS_ERROR	0010_0110	有効なLFPSタイプなしでLFPS終了
14	TSEQ_START	0011_0000	TSEQ開始

【表6】

表6：信号伝達情報パケット構造

Byte3	Byte2	Byte1	Byte0
K23.7(EPF)	K26.8(ESC)	K26.8(ESC)	K26.8(ESC)
Dxx.x	Dxx.x	Dxx.x	Dxx.x

【0072】

表6において、Dxx.x.xは、符号化された信号伝達シンボルであり、表5の符号化値のうちの1つである。実施形態において、無線エラーに対する復元力を向上するため、Dxx.x.xを4度複製することが利用される。

【0073】

表7は、25状態USB3.0スーパースピード状態機械631についての次の状態及

10

20

30

40

50

び推移条件をまとめている。一実施形態によると、これは、U S B 3 . 0 スーパースピードリンク接続性とリンク電力管理機能とをサポートするように設計される。表の下方の2つのグローバル条件は、多数の状態に適用され、かつ、2つの固定状態、すなわち、“POWER_OFF”及び“SS.Disabled.Default”への推移を可能にする条件である。

【表7】

表7-1：U S B 3 . 0 スーパースピード状態機械のための状態推移

	状態	条件	次の状態	
1	POWER_OFF	(US && power_present) (DS && !remote.RX_SIG_POWEROFF) && wireless_linkup	SS.Disabled.Default	10
2	SS.Disabled.Default	/phy_status	Rx.Detect.Reset	
3	SS.Disabled.Error	power_on_reset- (無線装置での「スリープ」イベント後であり、これについては後述)	SS.Disabled.Default	
4	Rx.Detect.Reset	(US && !fps) (DS && !fps)	Rx.Detect.Remote Rx.Detect.Active	
5	Rx.Detect.Active	rx_detect_fail	Rx.Detect.Quiet	
		(US && rx_detect_pass)	Polling.LFPS	
		(DS && rx_detect_pass)	Rx.Detect.Remote	20
		rx_detect_fatal	SS.Disabled.Error	
6	Rx.Detect.Quiet	timeout_12ms	Rx.Detect.Active	
7	Rx.Detect.Remote	(US && remote.RX_DETECT_SUCCESS)	Rx.Detect.Active	
		(DS && remote.RX_DETECT_SUCCESS)	Polling.LFPS	
8	Polling.LFPS	US && compliance_done && timeout_360ms	SS.Disabled.Default	
		DS && compliance_done && timeout_360ms	Rx.Detect.Active	
		!compliance_done && timeout_360ms	Compliance Mode	
		remote.TSEQ_START	Polling.RxEQ	
		warm_reset	Rx.Detect.Reset	
9	Polling.RxEQ	remote.data==TS1_ordered_set	PollingTraining	30
10	PollingTraining	US && remote.RX_SIG_IDLE	SS.Disabled.Default	
		warm_reset	Rx.Detect.Reset	
		idle_handshake && TS2_loopback	Loopback.Active	
		idle_handshake && TS2_hotreset	NonPollingTraining	
		idle_handshake && !TS2_loopback && !TS2_hotreset	U0	
11	NonPollingTraining	US && remote.RX_SIG_IDLE	SS.Disabled.Default	
		warm_reset	Rx.Detect.Reset	
		idle_handshake && TS2_loopback	Loopback.Active	
		idle_handshake && !TS2_loopback && !TS2_hotreset	U0	40
12	U0	lgou1_success	U1	
		lgou2_success	U2	
		lgou3_success	U3	
		remote.data==TS1	NonPollingTraining	
		US && remote.RX_SIG_IDLE	SS.Disabled.Default	
		warm_reset	Rx.Detect.Active	

【表 8】

表 7-2 : U S B 3. 0 スーパースピード状態機械のための状態推移

状態		条件	次の状態	
13	U1	<i>remote.data==TSEQ</i>	PollingTraining	
		<i>warm_reset</i>	Rx.Detect.Active	
		<i>timeout_u2</i>	U2	
		<i>remote.data==TS1</i>	NonPollingTraining	
14	U2	<i>Lfps</i>	U2_Exit	
15	U2_Exit	<i>warm_reset</i>	Rx.Detect.Reset	
		<i>remote.data==TS1</i>	NonPollingTraining	
16	U3	<i>Lfps</i>	U3_Resume	
		<i>timeout_100ms</i>	U3_RxDetect	
17	U3_RxDetect	<i>RxDetectPass</i>	U3	
		<i>RxDetectFail</i>	Rx.Detect.Reset	
		<i>Lfps</i>	U3_Resume	
18	U3_Exit	<i>warm_reset</i>	Rx.Detect.Reset	
		<i>remote.data==TS1</i>	NonPollingTraining	
19	Compliance Mode	<i>warm_reset</i>	Rx.Detect.Reset	
20	Loopback.Active	<i>Lfps</i>	Loopback.Exit	
		<i>warm_reset</i>	Rx.Detect.Reset	
21	Loopback.Exit	<i>!Lfps</i>	Rx.Detect.Reset	
		<i>timeout_2ms</i>	SS.Disabled.Default	
任意の状態		<i>exittoPowerOFF</i>	PowerOFF	
任意の状態であるが U1/U2/U3		<i>DS && remote.RX_SIG_IDLE</i>	SS.Disabled.Default	
<i>DS= (id_dig==0)//id_digはUTMI pin</i> <i>US= (id_dig==1)//id_digはUTMI pin</i> <i>Lfps= !rx_electrical_idle && !rx_val // 双方がUSB PHY pins</i> <i>rx_detect_pass= phy_status && (rx_status==3'b011) // 双方がUSB PHY pins</i> <i>rx_detect_fail= phy_status && (rx_status !=3'b011)</i> <i>warm_reset= US && (DATA==warm_reset) DS && (remote.DATA==RX_LFPS_WARMRESET)</i> <i>compliance_done= (state==ComplianceMode) && warm_reset; //Level</i> <i>signal; 一旦設定されれば、その設定を維持</i> <i>idle_handshake= ((DATA==IDLE)*8) && ((remote.DATA==IDLE)*16)</i> <i>TS2_loopback= (DATA==TS2_loopback) (remote.DATA==TS2_loopback)</i> <i>TS2_hotreset= DS && (remote.DATA==TS2_hotreset) US && (DATA==TS2_hotreset)</i> <i>lgou1_success= LGO_U1→LAU→LPMA Timeout</i> <i>lgou2_success= LGO_U2→LAU→LPMA Timeout</i> <i>lgou3_success= LGO_U3→LAU→LPMA Timeout</i> <i>timeout_u2= U2 Inactivity Timeout</i> <i>tDisabledCount= (count_for_RxDetectFail==10)</i> <i>exittoPowerOFF= !WirelessLinkUp (US && !PowerPresent DS && remote.RX_SIG_POWEROFF)</i>				

【0074】

表 7 の下方では、条件を説明するために使用される用語は、U S B 3 . 0 仕様及び P I P E インタフェース仕様から借用した名称及び記号である。また、表 5 の信号伝達情報に

10

20

30

40

50

ついてもこれらの式中に使用した。例えば、表 7 の 7 行目に使用されている“remote.RX_DETECT_SUCCESS”は、遠隔無線装置から無線リンク上で受信される「受信検出パス」信号伝達である。

【 0 0 7 5 】

無線トンネリング装置のために低電力状態を実装することにより、例えば、U S B デバイスプラグインを待機しつつ低電力状態に入る（スリープ / W 0 ループ）か、又は W 2 終了又は W 3 終了を待機しつつ、低電力状態に入るか、という多くの使用シナリオにおいて、電力消費を削減する。これら双方のシナリオにおいて、これらの状態に出入りする推移は、通常、人の時間尺度をトリガとするため、低電力状態は、長期に亘って継続し得ることに留意しなければならない。従って、これらのシナリオのために低電力状態をサポートするように無線トンネリング装置を設計することが有益である。10

【 0 0 7 6 】

低電力状態にある装置をウェイクアップさせるために、別個の低周波数（L F）及び低電力無線データパスが実装される。L F TX 回路 4 2 4 を使用して、無線リンクの向こう側へ非同期信号を送信する。U S B デジタルロジックは、装置が U 2 低電力状態又は U 3 低電力状態にある間、U S B P H Y がケーブルインターフェース上に L F P S（Low Frequency Periodic Signaling）を検出するときにはいつでも、信号“SSUWakeup”（又は代替として、U S B 2 . 0 に対しては“HSUWakeup”）を非同期的にハイに駆動させる。この非同期信号は、L F TX 回路 4 2 4 を使用して、無線コンポーネント状態機械 4 8 0 の制御の下、送信されている。20

【 0 0 7 7 】

同様に、信号“SSUWakeup”は、ウェイクアップ信号が無線リンク上で検出される時にはいつでも、L F RX 回路 4 4 6 によって駆動される。これは、無線コンポーネント状態機械 4 8 0 及び U S B デジタル 4 0 4 によって使用され、装置を動作状態 U 0 に推移させる。

【 0 0 7 8 】

一実施形態によると、表 8 及び表 9 は、各々、一例としての W 2 エントリ / 終了シーケンス及びスリープエントリ / 終了シーケンスを説明している。表の開始装置欄では、以下の表記を使用している。

「ホスト」：U S B ホスト又はアップストリーム U S B ハブ（例えば、処理装置 1 1 0 A）30

「デバイス」：U S B 周辺機器又はダウンストリーム U S B ハブ（例えば、処理装置 1 1 0 B）、

「U S - U」：アップストリーム側の U S B デジタル 4 0 4（例えば、無線トンネリング装置 1 2 0 A）

「U S - W」：アップストリーム側の無線ブロック（例えば、無線トンネリング装置 1 2 0 A）

「D S - U」：ダウンストリーム側の U S B デジタル 4 0 4（例えば、無線トンネリング装置 1 2 0 B）

「D S - W」：ダウンストリーム側の無線ブロック（例えば、無線トンネリング装置 1 2 0 B）40

【 0 0 7 9 】

W 2 / W 3 において、デジタルクロックが停止され、混合信号 / 無線ブロックが低電力状態とされる。しかしながら、スリープモードでは、U S B デジタル 4 0 4（状態機械を含む）全体と無線ブロックの大部分が電力を喪失する。一実施形態において、スリープ中であっても電力を持ち続ける常時接続デジタル状態機械がわずかに存在する。

【表 9】

表 8-1 : USB3.0 スーパースピードのための W2 エントリ / 終了シーケンス

	イベント	イニシエータ	アップストリーム リンク状態	ダウンストリーム リンク状態	無線電力 状態
<u>W2 エントリシーケンス</u>					
1	<i>lgou2_success</i>	ホスト又は デバイス	U0→U2	U0→U2	W0
2	<i>SSUPowerDown=W2</i>	DS-U及び US-U	U2	U2	W0
3	無線上で W2 リクエスト 交換	DS-W及び US-W	U2	U2	W0
4	<i>WLinkW0Mode</i> は 1 から 0 に進む	DS-W及び US-W	U2	U2	W2
<u>W2 終了シーケンス - ホスト起動</u>					
1	<i>lfps(U2終了)</i>	ホスト	U2→U2_Exit	U2	W2
2	<i>SSUWakeup=1</i>	US-U	U2_Exit	U2	
3	無線ウェイクアップ リクエスト	US-W	U2_Exit	U2	
4	<i>SSWWakeup=1</i> <i>drvLfps=1</i>	DS-W DS-U	U2_Exit	U2→U2_Exit	W0
5	<i>lfps(ハンドシェイク)</i>	デバイス	U2_Exit	U2_Exit	
6	<i>RX_SIG_LFPS</i>	DS-U	U2_Exit	U2_Exit	
7	<i>RX_SIG_LFPS Rx@US</i>	US-W	U2_Exit	U2_Exit	
8	<i>drvLfps=1</i>	US-U	U2_Exit	U2_Exit	
9	LFPS 終了シーケンス				
10	TS1 訓練	ホスト及び デバイス	U2_Exit →NonPollingTraining	U2_Exit →NonPollingTraining	W0

10

20

30

【表 10】

表 8-2 : USB 3.0 スーパースピードのための W2 エントリ／終了シーケンス

	イベント	イニシエータ	アップストリーム リンク状態	ダウンストリーム リンク状態	無線電力 状態
W2 終了シーケンスデバイス始動					
1	<i>lfps(Us Exit)</i>	デバイス	U2	U2→U2_Exit	W2
2	<i>SSUWakeup=1</i>	DS-U	U2	U2_Exit	
3	無線ウェイクアップ リクエスト	DS-W	U2	U2_Exit	
4	<i>SSWA sync Wakeup=1</i> <i>drvLfps =1</i>	US-W US-U	U2→U2_Exit	U2_Exit	W0
5	<i>lfps(ハンドシェイク)</i>	ホスト	U2_Exit	U2_Exit	
6	<i>RX_SIG_LFPS</i>	US-U	U2_Exit	U2_Exit	
7	<i>RX_SIG_LFPS Rx@US</i>	DS-W	U2_Exit	U2_Exit	
8	<i>drvLfps =1</i>	DS-U	U2_Exit	U2_Exit	
9	LFPS 終了シーケンス				
10	TS1 訓練	ホスト及び デバイス	U2_Exit →NonPollingTraining	U2_Exit →NonPollingTraining	W0

10

20

【表 1 1】

表 9 : U S B 3. 0 スーパースピードのためのスリープエントリ／終了シーケンス

	イベント	イニシエータ	アップストリーム リンク状態	ダウンストリーム リンク状態	無線電力 状態
<u>スリープエントリシーケンス</u>					
1	USB Rxが切断の試みを検出 (SSDisconnect=1)		任意の Rx.Detect 状態	任意の Rx.Detect 状態	W0
2	SS.Disconnect=1で 150msのタイムアウト	DS-W及びUS-W	任意のリンク 初期状態	任意の Rx.Detect 状態	W0
3	無線上でスリープリクエスト 交換	DS-W及びUS-W	任意の Rx.Detect 状態	任意の Rx.Detect 状態	W0
4	スリープ状態に入る WirelessLinkUp=0		任意の Rx.Detect 状態 →PowerOFF	任意の Rx.Detect 状態 →PowerOFF	W0 →スリープ
<u>スリープ終了シーケンス－ホスト起動</u>					
1	1秒スリープタイムアウト	DS-W及びUS-W	電力なし	電力なし	スリープ
2	電力上昇	DS-W及びUS-W			スリープ →W0
3	通常電力上昇シーケンス	すべてのブロック			W0

10

20

30

【 0 0 8 0 】

U S B 2 . 0 状態機械

H S / F S / L S データのための U S B 2 . 0 状態機械 6 3 1 は、 U S B 2 . 0 仕様に記載の R P S M (Reset Protocol State Machine) から開始して適合化及び最適化される。これは、 D + / D - ラインを使用したハイスピード、フルスピード、及びロースピードの動作を扱う。

【 0 0 8 1 】

表 1 0 は、 U S B 2 . 0 状態機械によって生成される信号伝達情報を示す。無線通信のバイトの符号化では、スーパースピードと同じ方式（表 6 に記載）を使用する。

【表 1 2】

表 10 : U S B 2 . 0 信号伝達情報

	信号伝達	符号化値 (8 ビット バイナリ)	コメント
1	LINE_STATE_SE0	0000_0000	リモート Slingshot UTMI で SE0 への ライン状態の変化
2	LINE_STATE_0	0000_0010	リモート Slingshot UTMI で 差分「0」への ライン状態の変化
3	LINE_STATE_1	0000_0001	リモート Slingshot UTMI で 差分「1」への ライン状態の変化
4	LINE_STATE_SE1	0000_0011	リモート Slingshot UTMI で SE1 への ライン状態の変化
5	HostDisconnect	0001_0001	HostDisconnect は リモート Slingshot UTMI で 0→1 に 変化 DS のみに 有効
6	HostConnect	0001_0000	HostDisconnect は リモート Slingshot UTMI で 1→0 に 変化 DS のみに 有効
7	VBUS_ON	0010_0001	PowerPresent は リモート Slingshot で 0→1 に 推移
8	VBUS_OFF	0010_0000	PowerPresent は リモート Slingshot で 1→0 に 推移

10

20

30

【 0 0 8 2 】

表 11 は、 17 状態 U S B 2 . 0 状態 機械 631 のための次の状態及び推移条件をまとめたものである。この状態機械は、 スーパースピード動作ではより複雑な電力管理を実装するので、 スーパースピードのためのものに比べて簡単にしてある。一方で、 U S B 2 . 0 状態機械 631 は、以下の表で 3 度複製されているいくつかの状態から明らかである通り、 H S 、 F S 、 及び L S をサポートするための異なる状態を必要とする。表の下方には、 多数の現在の状態に適用される 3 つのグローバル条件が存在する。これらは、 3 つの固定状態、 すなわち、 “ Poweroff ” 、 “ Disconnected ” 、 及び “ Reset_SE0 ” 、 への推移を可能にする。

40

【表 1 3】

表 1 1 - 1 : U S B 2. 0 状態機械の状態及び推移

	現在の状態	条件	次の状態
1	Poweroff	<i>sigPowerOn</i>	Disconnected
2	Disconnected	<i>sigHostConnect</i>	Connected
3	Connected	<i>sigline_host_SE0</i>	Reset_SE0
4	Reset_SE0	<i>sigline_dev_1</i>	Reset_FS
		<i>sigline_dev_0</i>	LS_Default
5	Reset_FS	<i>sigline_dev_K</i>	Reset_chirpK
		<i>timeout_10ms</i>	FS_Default
6	Reset_chirpK	<i>!sigline_dev_K</i>	Reset_JK_handshake
		<i>timeout_2.5us</i>	FS_Default
7	Reset_JK_handshake	<i>sigline_host_SE0</i>	Reset_SE02
8	Reset_SE02	<i>!sigline_host_SE0</i>	HS_Default
9	HS_Default	<i>idle_more_than_3ms</i>	HS_Suspend
10	FS_Default	<i>idle_more_than_3ms</i>	FS_Suspend
11	LS_Default	<i>idle_more_than_3ms</i>	LS_Suspend
12	HS_Suspend	<i>(Remote.LineState==K) (LineState==K)</i>	HS_Suspend_Exit
13	HS_Suspend_Exit	<i>(Remote.LineState==J) (LineState==J)</i>	HS_Default
14	FS_Suspend	<i>(Remote.LineState==K) (LineState==K)</i>	FS_Suspend_Exit
15	FS_Suspend_Exit	<i>(Remote.LineState==J) (LineState==J)</i>	FS_Default

10

20

30

【表 1 4】

表 1 1 - 2 : U S B 2 . 0 状態機械の状態及び推移

16	LS_Suspend	<i>(Remote.LineState==K) (LineState==K)</i>	LS_Suspend_Exit
17	LS_Suspend_Exit	<i>(Remote.LineState==J) (LineState==J)</i>	LS_Default
	任意の状態	<i>sigPowerOff</i>	Poweroff
	任意の状態	<i>sigHostDisconnect</i>	Disconnected
	リセット状態以外の任意の状態	<i>sigline_host_SE0</i>	Reset_SE0
$DS = (IdDig == 0) // IdDig is UTMI pin$ $US = (IdDig == 1) // IdDig is UTMI pin$ $sigPowerOn = WirelessLinkUp \&& (US \&& PowerPresent DS \&& remote.VBUS_ON)$ $sigPowerOff = !WirelessLinkUp (US \&& !PowerPresent DS \&& remote.VBUS_OFF)$ $sigHostConnect = US \&& remote.HostConnect DS \&& !HostDisconnect$ $sigHostDisconnect = US \&& remote.HostDisconnect DS \&& HostDisconnect$ $sigline_host_SE0 = DS \&& remote.LINE_STATE_SE0 US \&& LINESTATE_SE0$ $sigline_host_I = DS \&& remote.LINE_STATE_I US \&& LINESTATE_I$ $sigline_host_0 = DS \&& remote.LINE_STATE_0 US \&& LINE_STATE_0$ $sigline_host_J = (FS HS) \&& sigline_host_I LS \&& sigline_host_0$ $sigline_host_K = (FS HS) \&& sigline_host_0 LS \&& sigline_host_I$ $sigline_dev_I = DS \&& LINE_STATE_I US \&& remote.LINE_STATE_I$ $sigline_dev_0 = DS \&& LINE_STATE_0 US \&& remote.LINE_STATE_0$ $sigline_dev_J = (FS HS) \&& sigline_dev_I LS \&& sigline_dev_0$ $sigline_dev_K = (FS HS) \&& sigline_dev_0 LS \&& sigline_dev_I$			

【0083】

表 1 1 の下方では、条件を説明するために使用される用語は、U S B 2 . 0 仕様及びU T M I インタフェース仕様から借用した名称及び記号である。表 1 0 のU S B 2 . 0 信号伝達情報もこれらの式中に使用されている。

【0084】

表 1 2 及び表 1 3 は、ハイスピード、フルスピード、及びロースピードの動作のためのW 3 エントリ / 終了シーケンス及びスリープエントリ / 終了シーケンスを記載している。これらの表において、「 $x \times _{ }$ 」の接頭辞は、H S、F S、及びL S のうちのいずれか 1 つを表している。

【0085】

既に述べた通り、無線設計は、電力状態W 0、W 2、W 3、及びスリープをサポートしている。状態W 0、W 2、及びW 3 は、U S B 3 . 0 スーパースピード状態U 0、U 2、及びU 3 にマッピングされる。一実施形態において、装置は、U 1 の終了レイテンシ要件が非常に短いため、U 1 状態では無線ロックの電源を切らない。U S B 2 . 0 における「サスPEND」電力状態は、W 3 にマッピングされる。これは、「サスPEND - レジューム」終了レイテンシ要件がスーパースピードU 3 の終了レイテンシ要件に匹敵するためで

10

20

30

40

50

ある。

【 0 0 8 6 】

一実施形態において、無線トンネリング装置は、U S B 3 . 0 ハブのアップストリーム側で使用可能であり、U S B 3 . 0 スーパースピード及びU S B 2 . 0 データ送信の双方W同時に使用できるようにする。従って、本実施形態において、U S B 2 . 0 状態機械631及びU S B 3 . 0 スーパースピード状態機械621の双方をチェックした後にのみ、電力状態W3に入る。例えば、U S B 3 . 0 スーパースピードリンクが“U3”状態又は“Disabled”状態にあり、U S B 2 . 0 リンクが“Suspend”状態にある場合にのみ、W3に入る。同様に、U S B 3 . 0 スーパースピードリンクが“Disabled”状態にあり、U S B 2 . 0 リンクが“Disconnected”状態にある場合にのみ、スリープ状態に入る。

【表 15】

表12 : USB 2.0 サスPEND-レジュームのためのW3エントリ/終了シーケンス

	イベント	イニシエータ	アップストリーム リンク 状態	ダウンストリーム リンク 状態	無線電力 状態
<u>W3 エントリシーケンス</u>					
1	アイドル>3ms	ホスト	xx_Default→ xx_Suspend	xx_Default→ xx_Suspend	W0
2	USB状態機械が <i>suspend</i> 信号を無線設 計にアサート	DS-U及び US-U	xx_Suspend	xx_Suspend	W0
3	無線上でW3リクエ スト交換	DS-W及び US=W	xx_Suspend	xx_Suspend	W0
4	<i>WLinkW0Mode=1→0</i>	DS-W及び US=W	xx_Suspend	xx_Suspend	W0→W3
<u>W3 終了シーケンス - ホスト起動</u>					
1	20ms間 Linestate==K	ホスト	xx_Suspend→ xx_Suspend_Exit	xx_Suspend	W3
2	<i>HSUWakeup=1</i>	US-U	xx_Suspend_Exit	xx_Suspend	
3	無線 ウエイクアップ リクエスト	US-W	xx_Suspend_Exit	xx_Suspend	
4	<i>HSWWakeup=1</i> <i>drvResume=1</i>	DS-W DS-U	xx_Suspend_Exit	xx_Suspend→ xx_Suspend_Exit	W3→W0
5	アイドル (レジューム後)	ホスト	xx_Default	xx_Suspend_Exit	W0
6	<i>sigline_host_J</i>	US-U	xx_Default	xx_Default	W0
<u>W3 終了シーケンス - デバイス起動</u>					
1	1~15ms間 Linestate==K	デバイス	xx_Suspend	xx_Suspend→ xx_Suspend_Exit	W3
2	<i>HSUWakeup=1</i>	DS-U	xx_Suspend	xx_Suspend_Exit	
3	無線 ウエイクアップ リクエスト	DS-W	xx_Suspend	xx_Suspend_Exit	
4	<i>WAsyncWakeup=1</i> <i>DrvResume=1</i>	US-W及び US-U	xx_Suspend→ xx_Suspend_Exit	xx_Suspend_Exit	W3→W0
5	アイドル (レジューム後)	デバイス	xx_Suspend_Exit	xx_Default	W0
6	<i>Sigline_host_J</i>	DS-U	xx_Default	xx_Default	W0

【表 1 6】

表 13 : U S B 2. 0 切断-接続のためのスリープエントリ/終了シーケンス

	イベント	イニシエータ	アップストリーム リンク 状態	ダウンストリーム リンク 状態	無線電力 状態
<u>スリープエントリシーケンス</u>					
1	ホスト又はデバイスが 切断又は電力オフ	ホスト又は デバイス			W0
2	U S B 状 態 機 械 が <i>disconnect</i> 信号を無線 設計にアサート	DS-U又は US-U	電力オフ/ 切断	電力オフ/ 切断	W0
3	<i>disconnect=1</i> で 150ms タイムアウト	DS-W及び US-W	電力オフ/ 切断	電力オフ/ 切断	W0
4	無線上でスリープリク エスト交換	DS-W及び US-W	電力オフ/ 切断	電力オフ/ 切断	W0
5	スリープにエントリ、 <i>WirelessLinkUp=0</i>		電力喪失		スリープ
<u>スリープ終了シーケンス-ホスト起動 (U S B 2. 0 接続用ポール)</u>					
1	1秒スリープ タイムアウト	DS-W及び US-W	電力なし	電力なし	スリープ
2	電力上昇	DS-W及び US-W			スリープ→ W0
3	通常の電力上昇シーケ ンス	全ブロック			W0

【 0 0 8 7 】

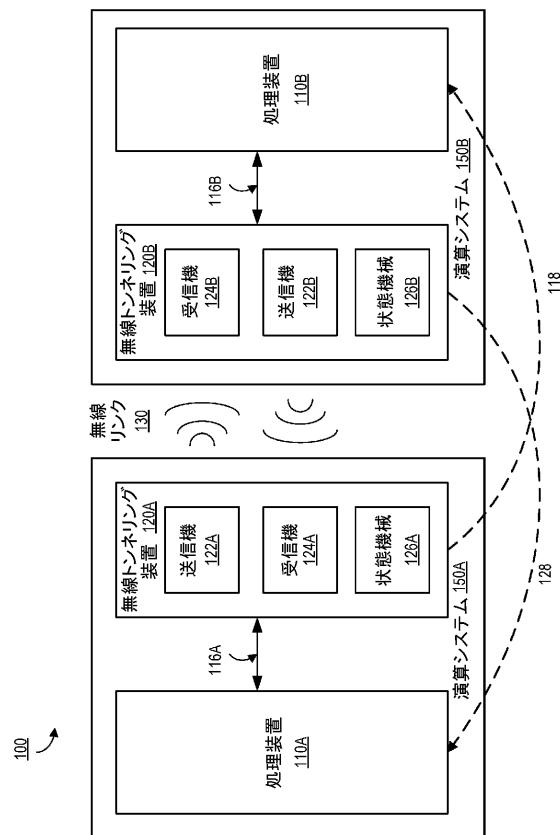
10

20

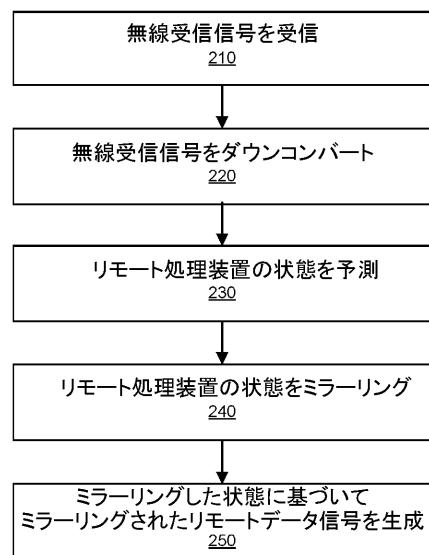
30

当業者は、本開示の熟読により、本開示の原則を通じてさらに追加の代替実施形態に想到するであろう。そこで、特定の実施形態及び適用例について図示及び説明したが、開示の実施形態は本明細書に開示の精密な構造及びコンポーネントに限定されるものでないことが理解されなければならない。当業者に明らかとなる種々の修正、変化、及び変更は、本明細書に記載の範囲から逸脱することなく、本明細書に開示の方法及び装置の配置、動作、及び詳細において行われてもよい。

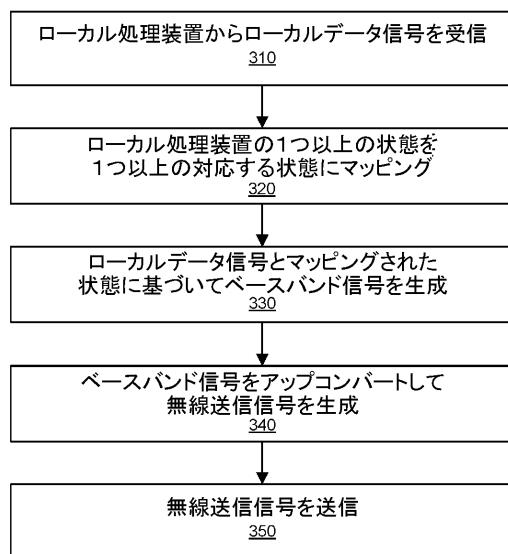
【図1】



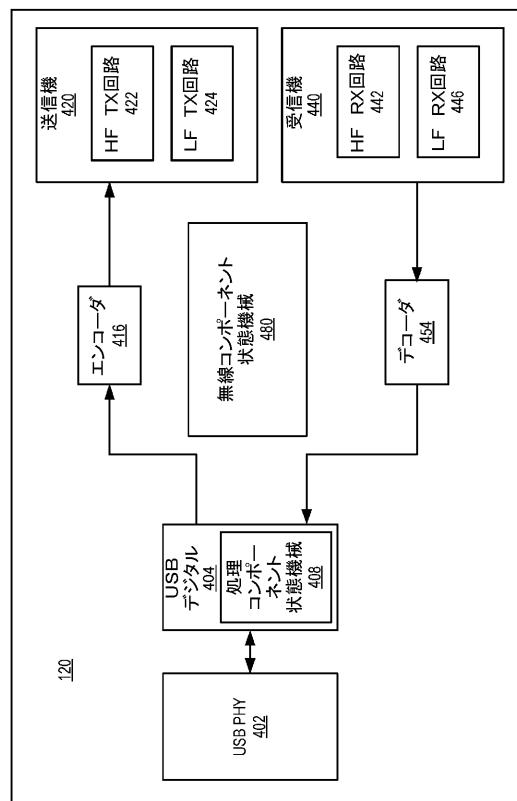
【図2】



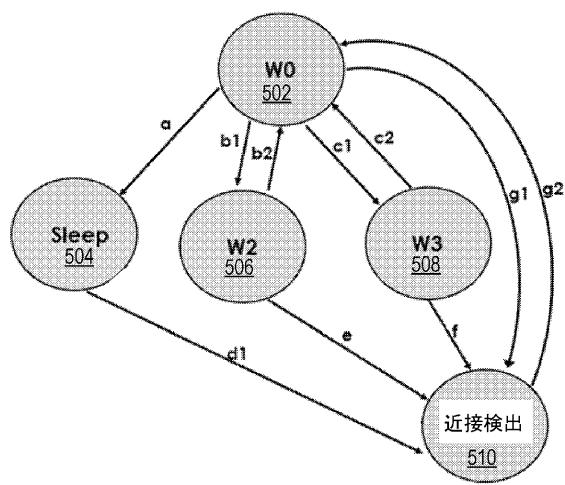
【図3】



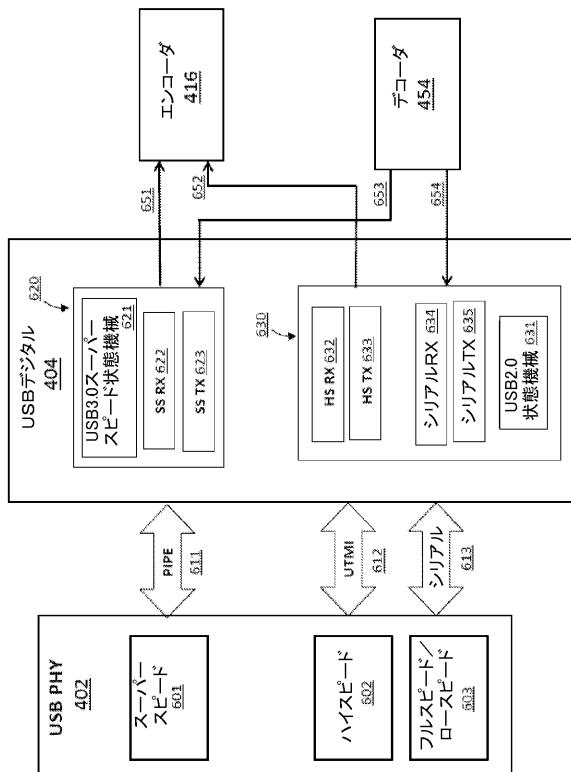
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

早期審査対象出願

(74)代理人 100127236

弁理士 天城 聰

(72)発明者 バベッジ デービッド ノエル ザ セカンド

アメリカ合衆国 オレゴン州 97204 ポートランド サウスウェスト フィフスアヴェニュー
— 111 スイート 700 ラティス セミコンダクタ コーポレーション内

(72)発明者 ドアン チン フイ

アメリカ合衆国 オレゴン州 97204 ポートランド サウスウェスト フィフスアヴェニュー
— 111 スイート 700 ラティス セミコンダクタ コーポレーション内

(72)発明者 フォーブス マーク グラハム

アメリカ合衆国 オレゴン州 97204 ポートランド サウスウェスト フィフスアヴェニュー
— 111 スイート 700 ラティス セミコンダクタ コーポレーション内

(72)発明者 ジョン ブライアン ヘンリー

アメリカ合衆国 オレゴン州 97204 ポートランド サウスウェスト フィフスアヴェニュー
— 111 スイート 700 ラティス セミコンダクタ コーポレーション内

(72)発明者 クマール ニッシュ

アメリカ合衆国 オレゴン州 97204 ポートランド サウスウェスト フィフスアヴェニュー
— 111 スイート 700 ラティス セミコンダクタ コーポレーション内

審査官 中川 幸洋

(56)参考文献 特開2005-044094(JP, A)

特開2015-037275(JP, A)

特開2014-192572(JP, A)

特開2013-020297(JP, A)

特開2010-152775(JP, A)

米国特許出願公開第2013/0007324(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 29/06