

(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2005-506613
(P2005-506613A)

(43) 公表日 平成17年3月3日(2005.3.3)

(51) Int.Cl.⁷
G06F 3/00
G06F 3/16

F I
G06F 3/00 680A
G06F 3/16 330Z

テーマコード (参考)

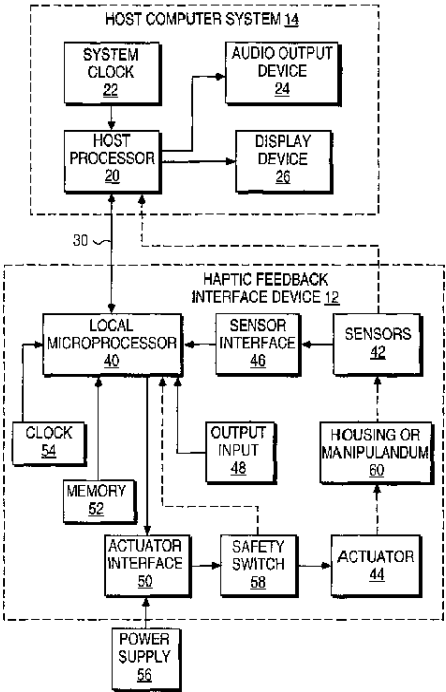
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 55 頁)	
(21) 出願番号 特願2003-535176 (P2003-535176)	(71) 出願人 501249124 イマージョン コーポレイション アメリカ合衆国 カリフォルニア 951 31 サン ノゼ フォックス レーン 801
(86) (22) 出願日 平成14年10月8日 (2002.10.8)	
(85) 翻訳文提出日 平成16年4月8日 (2004.4.8)	
(86) 国際出願番号 PCT/US2002/031979	
(87) 国際公開番号 W02003/032289	
(87) 国際公開日 平成15年4月17日 (2003.4.17)	(74) 代理人 100103816 弁理士 風早 信昭
(31) 優先権主張番号 09/974,759	(74) 代理人 100120927 弁理士 浅野 典子
(32) 優先日 平成13年10月9日 (2001.10.9)	(72) 発明者 ランク, ステフェン, ディー. アメリカ合衆国, カリフォルニア 95 131, サン ノゼ, ヴァレイ クレ スト ドライヴ 1613
(33) 優先権主張国 米国 (US)	
最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 コンピュータ装置からのオーディオ出力に基づく触覚フィードバック感覚

(57) 【要約】

コンピュータ装置（14）からのサウンド出力に基づいて触覚感覚をトリガすることを目的とする。サウンドデータの一部分は格納され、それはコンピュータで実行されるアプリケーションプログラム（20）からオーディオ（24）としてユーザに出力される。サウンドデータの該部分から少なくとも一つのサウンド特徴を抽出するために、サウンドの該部分はインテリジェントヒューリスティックスを使用して分析される。少なくとも一つの触覚効果の実行はサウンド特徴に基づいてトリガされ、触覚効果は、サウンドの一部分のオーディオとしてのユーザへの出力にほぼ関連される触覚フィードバック装置（12）に命令される。触覚効果はユーザに対し触覚感覚（44）を出力させる。異なる触覚効果は異なるサウンド特徴、周波数、振幅等に関連付けることができる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コンピュータから出力されるサウンドで検出されるサウンド特徴から触覚感覚をトリガするための方法において、前記触覚感覚は前記コンピュータと通信している触覚フィードバック装置のユーザに送ることができ、
前記コンピュータ上で実行されているアプリケーションプログラムからオーディオとしてユーザに出力されるサウンドデータの一部を、前記コンピュータのメモリバッファに格納するステップと、
インテリジェントヒューリスティックスを使用して前記部分のサウンドデータを分析して、前記部分のサウンドデータから少なくとも一つのサウンド特徴を抽出するステップと、
前記少なくとも一つのサウンド特徴に基づいて少なくとも一つの触覚効果の実行をトリガするステップであって、前記部分のサウンドデータの前記ユーザへのオーディオとしての出力におおよそ関連される前記触覚フィードバック装置に、前記少なくとも一つの触覚効果が命令され、前記触覚効果が前記ユーザに触覚感覚を出力させるように構成されたステップと、
を含む方法。

10

【請求項 2】

前記サウンドデータの前記部分を分析する前記ステップが、前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップおよび前記周波数範囲の各々から前記サウンド特徴を抽出するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 3】

前記サウンド特徴が前記周波数範囲に存在する場合、前記触覚効果が前記周波数範囲の各々に関連付けられる、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップが、前記部分のサウンドデータに複数のフィルタを適用するステップを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記部分のサウンドデータに少なくとも一つの低域通過フィルタ、少なくとも一つの高域通過フィルタ、および少なくとも一つの帯域通過フィルタが適用されて、少なくとも三つの周波数範囲が得られる、請求項 4 に記載の方法。

30

【請求項 6】

前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップが、高速フーリエ変換 (FFT) を使用するステップを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 7】

前記高速フーリエ変換からの多数の出力が集団化されて、前記周波数範囲の各々が得られる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記周波数範囲の各々に異なる触覚感覚が関連付けられる、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 9】

前記周波数範囲の各々に異なる周波数を有する周期的触覚感覚が関連付けられる、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記少なくとも一つのサウンド特徴によってトリガされる前記少なくとも一つの触覚効果が、前記少なくとも一つのサウンド特徴に事前にマッピングされている、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

コンピュータによって実行されるサウンドデータに基づいて触覚効果を提供するための方法において、前記触覚効果は前記コンピュータと通信している触覚フィードバック装置のユーザに触覚感覚として出力することができ、
前記コンピュータ上で実行されているアプリケーションプログラムから出力される前記サ

50

ウンドデータの一部を、前記コンピュータのメモリバッファに格納するステップと、インテリジェントヒューリスティックスを使用して前記部分のサウンドデータを分析して、前記部分のサウンドデータから少なくとも一つの高レベルサウンド特徴を抽出するステップであって、前記部分のサウンドデータ内の前記少なくとも一つの高レベルサウンド特徴が少なくとも一つの高レベル触覚効果に関連付けられていることから成るステップと、前記関連付けられたサウンド特徴が前記アプリケーションプログラムによって実行されたときに、前記関連付けられた少なくとも一つの触覚効果をおおよそ出力するように命令するステップと、を含む方法。

【請求項 12】

10

前記サウンドデータの前記部分を分析する前記ステップが、前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップおよび前記周波数範囲の各々から前記サウンド特徴を抽出するステップを含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記触覚効果が前記サウンド特徴を有する前記周波数範囲の各々に関連付けられる、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップが、前記部分のサウンドデータに複数のフィルタを提供するステップを含む、請求項 12 に記載の方法。

20

【請求項 15】

前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップが、高速フーリエ変換 (FFT) を使用するステップを含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 16】

前記高速フーリエ変換からの多数の出力が集団化されて、前記周波数範囲の各々が得られる、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記周波数範囲の各々に異なる触覚効果に関連付けられる、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 18】

前記周波数範囲の各々に、異なる周波数範囲を有する周期的触覚効果に関連付けられる、請求項 17 に記載の方法。

30

【請求項 19】

前記命令された少なくとも一つの触覚効果が、前記触覚フィードバック装置によって前記ユーザに触覚感覚として出力される、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 20】

前記命令された少なくとも一つの触覚効果が前記ユーザに出力されず、作成された触覚効果として前記コンピュータのメモリに格納される、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 21】

コンピュータから前記コンピュータと通信している触覚フィードバック装置のユーザに出力されるサウンドと相関される触覚感覚を提供するためのプログラム命令を含むコンピュータ可読媒体において、前記プログラム命令を実行するステップが、前記コンピュータ上で実行されているアプリケーションプログラムからオーディオとしてユーザに出力されるサウンドデータの一部を、前記コンピュータのメモリバッファに格納するステップと、前記部分のサウンドデータを分析して、前記部分のサウンドデータから少なくとも一つのサウンド特徴を抽出するステップと、前記少なくとも一つのサウンド特徴に少なくとも一つの触覚効果を割り当てるステップであって、前記サウンドの前記部分がオーディオとしてユーザに出力されるおおよその間に、前記少なくとも一つの触覚効果が前記触覚フィードバック装置に命令され、前記触覚効果が触覚感覚を前記ユーザに出力させるように構成されたステップと、

40

50

を含むコンピュータ可読媒体。

【請求項 22】

前記サウンドデータの前記部分を分析する前記ステップが、前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップおよび前記周波数範囲の各々から前記サウンド特徴を抽出するステップを含む、請求項 21 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 23】

前記サウンド特徴が前記周波数範囲に存在する場合、前記周波数範囲の各々に触覚効果が関連付けられる、請求項 22 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 24】

前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップが、前記部分のサウンドデータに複数のフィルタを適用するステップを含む、請求項 22 に記載のコンピュータ可読媒体。 10

【請求項 25】

前記サウンドデータを処理して複数の異なる周波数範囲に分割するステップが、高速フーリエ変換 (FFT) を使用するステップを含む、請求項 22 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 26】

前記周波数範囲の各々が異なる触覚感覚に関連付けられる、請求項 24 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 27】

前記触覚フィードバック装置に命令された前記少なくとも一つの触覚効果が事前に前記少なくとも一つのサウンド特徴にマッピングされている、請求項 21 に記載のコンピュータ可読媒体。 20

【請求項 28】

コンピュータから出力されるサウンド内で検出されるサウンド特徴から触覚感覚をトリガするための装置において、前記触覚感覚は前記コンピュータと通信している触覚フィードバック装置のユーザに送ることができ、

前記コンピュータ上で実行されるアプリケーションプログラムからオーディオとしてユーザに出力されるサウンドデータの一部を、前記コンピュータのメモリバッファに格納するための手段と、 30

インテリジェントヒューリスティックスを使用して前記部分のサウンドデータを分析して、前記部分のサウンドデータから少なくとも一つのサウンド特徴を抽出するための手段と、

前記少なくとも一つのサウンド特徴に基づいて少なくとも一つの触覚効果の実行をトリガするための手段であって、前記少なくとも一つの触覚効果が、前記部分のサウンドデータの前記ユーザへのオーディオとしての前記出力におおよそ相関される前記触覚フィードバック装置に命令され、前記触覚効果が触覚感覚を前記ユーザに出力させるように構成された手段と、

を含む装置。

【発明の詳細な説明】 40

【0001】

背景技術

本発明は、一般的に人間がコンピュータシステムとインタフェースすることを可能にするシステムに関し、さらに詳しくは、サウンド出力を含む一つまたはそれ以上のコンピュータアプリケーションとインタフェースするユーザに触覚フィードバックを提供するための方法に関する。

【0002】

ユーザはコンピュータによって表示される環境と対話して、コンピュータでゲームをし、シミュレーションまたは仮想現実環境を経験し、コンピュータ支援設計システムを使用し、グラフィカルユーザインタフェース (GUI) を操作し、ウェブページをナビゲートす 50

るなどの機能およびタスクを実行することができる。そのような対話に使用される一般的なヒューマン - コンピュータインタフェース装置は、コンピュータ環境を制御するコンピュータシステムと通信するマウス、ジョイスティック、トラックボール、ゲームパッド、リモートコントロール、ステアリングホイール、スタイラス、タブレット、感圧球体、または類似物を含む。コンピュータは、ジョイスティックハンドル、ボタン、またはマウスなどの物理的マニピュランダムユーザの操作にตอบสนองして環境を更新し、表示スクリーンおよびオーディオスピーカを利用して、視覚的および聴覚的フィードバックをユーザに提供する。コンピュータは、コンピュータに位置信号を送信するインタフェース装置に設けられたセンサを通して、ユーザオブジェクトのユーザの操作を感知する。

【0003】

10

一部のインタフェース装置では、より一般的にここでは集合的に「触覚フィードバック」として知られる、運動感覚力フィードバックおよび/または触知フィードバックもユーザに提供される。これらの型のインタフェース装置は、インタフェース装置のユーザマニピュランダムを操作するユーザによって体感される物理的感覚を提供することができる。一つまたはそれ以上のモータまたは他のアクチュエータがマニピュランダムに結合され、制御コンピュータシステムに接続される。コンピュータシステムは、制御信号またはコマンドをアクチュエータに送ることによって、コンピュータ事象と連動しかつ協調してマニピュランダムの力を制御する。したがってコンピュータシステムは、ユーザがインタフェース装置またはインタフェース装置の操作可能なオブジェクトを把持するかそれに接触しているときに、他の供給フィードバックと共に物理的力感覚をユーザに伝えることができる。

20

【0004】

ユーザに提供される聴覚的フィードバックは、多くのアプリケーションプログラム、特にゲームの内在的部分である。一部の既存の触覚フィードバック装置は、コンピュータからのサウンド出力に直接基づいて触覚感覚を提供するように設計される。サウンド出力波形は、スピーカが動作する方法と同様に、振動などの触知感覚がサウンド出力波形またはそのフィルタリングされた部分に直接基づくように、インタフェース装置に直接送られる。

【0005】

直接サウンド波形に基づく既存の触覚感覚の弱点は、触覚感覚がサウンド信号に直接基づく単純な効果であることである。信号を触覚装置に送る前に、サウンド信号の評価または処理は行なわれない。サウンド出力の全てが触覚感覚への直接変換に適しているわけではないので、これは、望ましくないかまたは当惑するような触覚感覚をユーザに出力する結果をまねくおそれがある。

30

【0006】

発明の概要

本発明は、コンピュータ装置からのサウンド出力に基づいて触覚感覚の出力をトリガすることを目的とする。触覚感覚の出力は、サウンドデータの特徴を分析することによってインテリジェントにトリガされ、改善されたユーザ経験を可能にする。

【0007】

さらに詳しくは、本発明のインタフェース装置は、コンピュータからのサウンド出力で検出されたサウンド特徴から触覚感覚をトリガするための方法を提供し、触覚感覚はコンピュータと通信する触覚フィードバック装置のユーザに出力することができる。サウンドデータの一部分は格納され、それはコンピュータで実行されるアプリケーションプログラムからオーディオとしてユーザに出力される。サウンドデータは、コンピュータのメモリバッファに格納される。サウンドデータの該部分から少なくとも一つのサウンド特徴を抽出するために、サウンドの該部分はインテリジェントヒューリスティックスを使用して分析される。少なくとも一つの触覚効果の実行はサウンド特徴に基づいてトリガされ、触覚効果は、サウンドの一部分のオーディオとしてのユーザへの出力にほぼ関連される触覚フィードバック装置に命令される。触覚効果はユーザに対し触覚感覚を出力させる。

40

【0008】

50

トリガされた触覚感覚は、サウンドデータで見つかったサウンド特徴に割り当てることが好ましい。一部の実施形態では、サウンドデータの一部分の分析は、サウンドデータを複数の異なる周波数範囲に処理し、各々の周波数範囲でサウンド特徴を探索することを含むことができる。各々の周波数範囲に対し、サウンド特徴がその周波数範囲に存在する場合、触覚効果をトリガすることができる。サウンドデータにフィルタを適用することができる、あるいは高速フーリエ変換を使用することができる。各周波数範囲は異なる触覚感覚を関連付けるかマッピングすることができる。例えば、各々の周波数範囲に異なる周波数を有する周期的触覚感覚を関連付けることができる。他の型の触覚感覚をサウンド特徴にマッピングするか関連付けて、これらのサウンド特徴の出力によりそれらがトリガされるようにすることもできる。

10

【0009】

本発明は、サウンド出力を有するアプリケーションプログラムを実行するコンピュータシステムによって触覚フィードバックを出力させることができることが有利である。本発明はサウンドデータ内の特徴に触覚感覚をインテリジェントに割り当て、サウンド出力を引き起こしたアプリケーションプログラム内の事象に関連する触覚フィードバックを提供する。これは結果的に、サウンド出力に基づく触覚フィードバックのユーザ経験に全体的な改善をもたらす。

【0010】

本発明のこれらおよび他の利点は、本発明の以下の明細書を読み、かつ図面の幾つかの図を検討することにより、当業者には明らかになるであろう。

20

図面の簡単な記述

図1は本発明に使用するのに適した触覚フィードバックシステムの一実施形態を示すブロック図である。

図2は本発明に使用するのに適した触覚フィードバック装置のマウスの実施形態の側面断面図である。

図3は提供されたサウンドデータに基づいて触覚感覚として出力される触覚効果をもたらすための本発明の方法の第一実施形態を示す流れ図である。

図4はバッファに格納されたサウンドデータを処理して分析する図3のステップの一実施形態を示す流れ図である。

図5はバッファに格納されたサウンドデータを処理して分析する図3のステップの別の実施形態を示す流れ図である。

30

【0011】

好適な実施形態の詳細な記述

図1は、ホストコンピュータ14と通信する触覚フィードバックインタフェース装置12を含む、本発明に使用するのに適したコンピュータシステム10を示すブロック図である。

【0012】

ホストコンピュータ14は、ホストマイクロプロセッサ20、クロック22、表示スクリーン26、およびオーディオ出力装置24を含むことが好ましい。ホストコンピュータはまた、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読出し専用メモリ(ROM)、および入力/出力(I/O)電子部品(図示せず)のような他の周知の構成部品をも含む。ホストコンピュータ14は、多種多様な形態を取ることができるコンピューティング装置である。例えば、記載する実施形態では、コンピュータ14は、PC互換性コンピュータまたはマッキントッシュパーソナルコンピュータ、もしくはサンまたはシリコン・グラフィックスワークステーションのようなパーソナルコンピュータまたはワークステーションである。そのようなコンピュータ14は、Windows(登録商標)、Mac OS(登録商標)、Unix(登録商標)、MS-DOS、または他のオペレーティングシステムの下で動作することができる。代替的に、ホストコンピュータ14は、任天堂、セガ、ソニー、またはマイクロソフトから入手可能なシステムのような、テレビジョンセットまたは他の表示装置に一般的に接続される種々のホームビデオゲームコンソールシステムの一つとするこ

40

50

とができる。他の実施形態では、ホストコンピュータシステム 14 は「セットトップボックス」、「ネットワーク」、または「インターネットコンピュータ」、携帯コンピュータまたはゲーム装置、家庭用電子機器（ステレオコンポーネント等）、（パーソナルデジタルアシスタント）PDA 等とすることができる。

【0013】

ホストコンピュータ 14 は、ユーザが装置 12 および適切な場合には他の周辺装置を介して対話する、ホストアプリケーションプログラムを実装することが好ましい。本発明の文脈では、ホストアプリケーションプログラムとは、以下でさらに詳述する通り、デジタルオーディオ編集プログラムである。装置 12 の入力を利用し、かつ装置 12 に触覚フィードバックコマンドを出力する、他のアプリケーションプログラムを使用することもできる。ホストアプリケーションプログラムは、グラフィカルユーザインタフェース（GUI）を利用してユーザにオプションを提示し、かつユーザから入力を受け取ることが好ましい。このアプリケーションプログラムは、以下で述べる触覚フィードバック機能性を含むことができ、あるいは触覚フィードバック制御は、ドライバまたは他のアプリケーションプログラムなど、ホストコンピュータで実行される別のプログラムに実装することができる。ここで、コンピュータ 14 は「グラフィカル環境」を提示すると言うことができ、それはグラフィカルユーザインタフェース、ゲーム、シミュレーション、または他の視覚的環境とすることができる。コンピュータは「グラフィカルオブジェクト」または「コンピュータオブジェクト」を表示する。それらは物理的オブジェクトではなく、当業者には周知の通り、コンピュータ 14 によって表示スクリーン 26 上に画像として表示することのできるデータおよび/またはプロシージャの論理ソフトウェア単位集合である。ソフトウェアを触覚フィードバック装置とインタフェースする適切なソフトウェアドライバは、カリフォルニア州サンノゼのイマージョン・コーポレーションから入手可能である。

10

20

【0014】

表示装置 26 はホストコンピュータシステム 14 に含めることができ、標準表示スクリーン（LCD、CRT、フラットパネル等）、3D ゴグル、映写装置、または他の映像出力装置とすることができる。表示装置 26 は、オペレーティングシステムアプリケーション、シミュレーション、ゲーム等によって命令された画像を表示する。スピーカなどのオーディオ出力装置 24 は、ユーザにサウンド出力を提供する。本発明の文脈では、ステレオ受信機、増幅器等のような、他のオーディオ関連装置をホストコンピュータに接続することもできる。記憶装置（ハードディスクドライブ、CD ROM ドライブ、フロッピーディスクドライブ等）、プリンタ、および他の入出力装置のような、他の型の周辺装置もホストプロセッサ 20 に接続することができる。

30

【0015】

マウス、ノブ、ゲームパッド、トラックボール、ジョイスティック、リモートコントロールユニット、PDA スクリーンなどの触覚フィードバックインタフェース装置 12 は、双方向バス 30 によってホストコンピュータシステム 14 に接続される。双方向バスはホストコンピュータシステム 14 とインタフェース装置との間でどちらの方向にも信号を送信する。バス 30 は、RS 232 シリアルインタフェース、RS - 422、ユニバーサルシリアルバス（USB）、MIDI、または当業者には周知の他のプロトコルなどのシリアルインタフェースバスとすることができる、あるいはパラレルバス、またはワイヤレスリンクとすることができる。一部のインタフェースは装置 12 のアクチュエータに電力を提供することもできる。

40

【0016】

装置 12 はローカルプロセッサ 40 を含むことができる。ローカルプロセッサ 40 は任意選択的に、マウスの他の構成部品との効率的な通信を可能にするために、装置 12 のハウジング内に含めることができる。プロセッサ 40 は、コンピュータホスト 14 からのコマンドまたは要求を待ち、コマンドまたは要求を復号し、コマンドまたは要求に従って入力および出力信号を処理/制御するためのソフトウェア命令を備えることができる。加えて、プロセッサ 40 は、センサ信号を読み取り、これらのセンサ信号、時間信号、およびホ

50

ストコマンドに従って選択された格納またはリレーされた命令から適切な力またはコマンドを計算することによって、ホストコンピュータ14とは独立して動作することができる。ローカルプロセッサ40として使用するための適切なマイクロプロセッサとして、例えばモトローラによるMC68HC711E9、マイクロチップによるPIC16C74、およびインテル社による82930AXのみならず、イメージョン・タッチセンス・プロセッサのようなより高機能の力フィードバックプロセッサがある。プロセッサ40は、一個のマイクロプロセッサチップ、複数のプロセッサおよび/またはコプロセッサチップ、および/またはデジタル信号プロセッサ(DSP)機能を含むことができる。

【0017】

マイクロプロセッサ40は、ホストコンピュータ14によって提供される命令に従って、センサ42から信号を受け取り、アクチュエータアセンブリ44に信号を提供することができる。例えば、ローカル制御の実施形態では、ホストコンピュータ14はバス30を通して高レベル監視コマンドをプロセッサ40に提供し、プロセッサ40はホストコンピュータ14の高レベルコマンドコマンドに従ってホストコンピュータとは独立してコマンドを復号し、センサおよびアクチュエータへの低レベルの力制御ループを管理する。この動作は米国特許第5739811号および第5734373号に詳細に記載されており、両方を参照によってここに組み込む。ホスト制御ループでは、ホストコンピュータからの力コマンドが、指定された特性を有する力または力感覚を出力するようにプロセッサに指示する。ローカルプロセッサ40は位置および他のセンサデータをホストコンピュータに報告し、ホストコンピュータはそれを使用して実行プログラムを更新する。ローカル制御ループでは、アクチュエータ信号がプロセッサ40からアクチュエータ44に提供され、センサ信号がセンサ42および他の入力装置48からプロセッサ40に提供される。プロセッサ40は入力センサ信号を処理して、格納された命令に従うことによって適切な出力アクチュエータ信号を決定することができる。ここで、用語「触覚感覚」または「触感」とは、ユーザに感覚を与えるアクチュエータによって出力される単一の力または一連の力のいずれかを指す。用語「触覚効果」とは一般的に、装置に送られた、触覚効果を定義するコマンド、パラメータおよび/またはデータを指し、それは、効果が装置によって力としてユーザに出力されたときに、触覚感覚をもたらす。

【0018】

さらに別の実施形態では、プロセッサ40としての機能性を提供するために、他のより簡単なハードウェアを装置12に局所的に提供することができる。例えば、ハードウェア状態機械または固定論理を組み込んだASICを使用して、アクチュエータ44に信号を提供し、センサ42からセンサ信号を受け取り、予め定められたシーケンス、アルゴリズム、またはプロセスに従って触感信号を出力することができる。

【0019】

異なるホスト制御実施形態では、ホストコンピュータ14はバス30を通して低レベル力コマンドを提供することができ、それはプロセッサ40を介してアクチュエータ44に直接伝送される。ホストコンピュータ14はこうして、装置12への、または装置12からの全ての信号を直接制御し、かつ処理する。単純なホスト制御の実施形態では、ホストから装置への信号は、アクチュエータに予め定められた周波数および大きさの力を出力するように命令することができ、あるいは大きさおよび/または方向を含むか、もしくは長時間にわたって加えるべき所望の力値を示す単純なコマンドとすることができる。

【0020】

プロセッサ40のための命令を格納し、かつ一時的データおよび他のデータを格納するために、RAMおよび/またはROMなどのローカルメモリ52を装置12内のプロセッサ40に接続することが好ましい。例えば、プロセッサによって出力することのできる一連の格納された力値、またはユーザオブジェクトの現在の位置に基づいて出力される力値のルックアップテーブルのような力プロファイルをメモリ52に格納することができる。加えて、ホストコンピュータ14のシステムクロックと同様のタイミングデータを提供するために、ローカルクロック54をプロセッサ40に接続することができる。タイミングデ

ータは、例えばアクチュエータ 44 によって出力される力（例えば、算出された速度または他の時間依存因子に依存する力）を算出するために必要となる。USB 通信インタフェースを使用する実施形態では、プロセッサ 40 のためのタイミングデータは代替的に USB 信号から検索することができる。

【0021】

センサ 42 は装置および / またはマニピュランダム の位置または動きを感知し、位置または動きを表わす情報を含む信号をプロセッサ 40（またはホスト 14）に提供する。操作を検出するのに適したセンサとして、デジタル光符号器、光センサシステム、線形光符号器、電位差計、光センサ、速度センサ、加速センサ、歪み計が含まれ、あるいは他の型のセンサも使用することができ、相対センサまたは絶対センサのいずれでも設けることができる。センサ信号をプロセッサ 40 および / またはホスト 14 が解釈できる信号に変換するために、任意選択的センサインタフェース 46 を使用することができる。

10

【0022】

アクチュエータ 44 は、プロセッサ 40 および / またはホストコンピュータ 14 から受け取った信号に応答して、装置 12 のハウジングまたは一つまたはそれ以上のマニピュランダム 60 に力を伝達することによって触覚感覚を出力する。アクチュエータ 44 は、DC モータ、ボイスコイル、空気圧または油圧アクチュエータ、トルカー、圧電アクチュエータ、可動磁石アクチュエータ等のような能動アクチュエータ、またはブレーキなどの受動アクチュエータをはじめとする、多くの型のアクチュエータのいずれにもすることができる。

20

【0023】

プロセッサ 40 からの信号を、アクチュエータ 44 を駆動するのに適した信号に変換するために、アクチュエータ 44 とプロセッサ 40 との間に任意選択的にアクチュエータインタフェース 50 を接続することができる。インタフェース 50 は、当業者には周知の通り、電力増幅器、スイッチ、デジタルアナログ制御装置（DAC）、アナログデジタル制御装置（ADC）、および他の構成要素を含むことができる。装置 12 内に他の入力装置 48 が含まれ、ユーザによって操作されたときに入力信号をプロセッサ 40 またはホスト 14 に送る。そのような入力装置はボタン、スクロールホイール、d パッド、ダイヤル、スイッチ、または他の制御装置または機構を含むことができる。

【0024】

アクチュエータに電力を提供するために、アクチュエータインタフェース 50 および / またはアクチュエータ 44 に接続された電源 56 を任意選択的に装置 12 に含むか、または別個の構成要素として設けることができる。代替的に、電力は装置 12 から分離された電源から引き込むか、またはバス 30 を介して受け取ることができる。一部の実施形態は、ピーク力を加えることができることを確実にするために、（参照によってここに組み込む米国特許第 5929607 号に記載するように）装置内の電力貯蔵装置を使用することができる。代替的に、この技術をワイヤレス装置に使用することができ、その場合、触覚アクチュエータを駆動するためにバッテリー電力が使用される。ユーザが安全上の理由からアクチュエータ 44 の動作を停止させることを可能にするために、任意選択的に安全スイッチ 58 を含めることができる。

30

40

【0025】

ここに記載する本発明に多くの型のインタフェースまたは制御装置を使用することができる。例えば、そのようなインタフェース装置は触覚フィードバックトラックボール、ジョイスティックハンドル、ステアリングホイール、ノブ、ハンドヘルドリモートコントロール装置、ビデオゲームまたはコンピュータゲーム用のゲームパッドコントローラ、スタイラス、グリップ、ホイール、ボタン、携帯電話、PDA、タッチパッド、または他の操作可能な物体、表面またはハウジングを含めることができる。

【0026】

図 2 は、本発明に使用するのに適した装置 12 のマウスの実施形態 100 の側面断面図である。

50

【 0 0 2 7 】

マウス装置 1 0 0 は、ハウジング 1 0 1、センシングシステム 1 0 2、およびアクチュエータ 1 0 4 を含む。ハウジング 1 0 1 は、ユーザが平面自由度内でマウスを移動し、ボタン 1 0 6 を操作する間、標準的マウスのようにユーザの手にフィットするように形作られる。多くの異なる実施形態では、他のハウジング形状を提供することができる。

【 0 0 2 8 】

センサ 1 0 2 はその平面自由度内で、たとえば X および Y 軸に沿って、マウスの位置を検出する。記載する実施形態では、センサ 1 0 2 は、コンピュータシステムに方向入力を提供するために、標準的マウスボール 1 1 0 を含む。代替的に、任意選択的センサまたは他の型のセンサを使用することができる。

10

【 0 0 2 9 】

マウス装置 1 0 0 は、マウスのユーザに触感などの触覚フィードバックを与えるために、一つまたはそれ以上のアクチュエータ 1 0 4 を含む。アクチュエータ 1 0 4 は、ユーザに触覚フィードバックを提供するためにハウジング 1 0 1 に接続される。一実施形態では、アクチュエータはアクチュエータによって運動する慣性質量に接続される。慣性質量の運動によって生じる慣性力は、慣性質量に対してマウスのハウジングに加えられ、それによってハウジングに触れているユーザに触感のような触覚フィードバックを伝える。一部の実施形態は、アクチュエータ自体が慣性質量として運動することができる。そのような実施形態は米国特許第 6 2 1 1 8 6 1 号および米国特許出願第 0 9 / 5 8 5 7 4 1 号にさらに詳しく記載されており、参照によって両方を丸ごとここに組み込む。ゲームパッド、ハンドヘルドリモートコントロール、携帯電話、PDA 等のような他の型のインタフェース装置は、慣性触覚用のアクチュエータを含むことができる。

20

【 0 0 3 0 】

他の型のインタフェース装置およびアクチュエータも本発明で 사용할 ことができる。例えば、ゲームパッド、マウス、または他の装置は、装置のハウジングまたはマニピュラムに慣性触覚を提供するために、アクチュエータの回転軸に結合された偏心回転質量を含むことができる。ジョイスティック、ノブ、スクロールホイール、ゲームパッド、ステアリングホイール、トラックボール、マウス等のような他の型の触覚装置は、運動感覚フィードバックを提供することができ、力はマニピュラムの感知される自由度で出力される。例えば、運動感覚マウス触覚装置の実施形態は米国特許第 6 1 0 0 8 7 4 号および第 6 1 6 6 7 2 3 号に開示されており、参照によって両方を丸ごとここに組み込む。

30

【 0 0 3 1 】

触覚フィードバック付きサウンド出力

本発明は、ホストコンピュータで実行される一つまたはそれ以上のアプリケーションプログラム（または他のプログラム）のサウンド出力と協調する触覚感覚の出力のユーザ経験を改善する。

【 0 0 3 2 】

本発明の好適な実施形態は、ホストコンピュータによって出力されるサウンド信号またはデータに基づいて触覚フィードバック装置に出力するための触覚効果を提供し、それは触覚感覚としてユーザに出力される。一部の代替実施形態では、触覚効果は、例えばマイクロホンまたはオーディオ装置からコンピュータシステムに入力されるサウンド信号内の特徴またはデータに基づいて、同様に提供することができる。サウンドの一時的特徴および特性が識別され、予め定められた触覚効果にマッピングされるか関連付けられる。これらの触覚効果に基づく触覚感覚は即座に触覚フィードバック装置 1 2 で実行することができ、あるいはメモリに格納して任意のサウンドの「触覚プロファイル」を形成することができる。本発明の方法は、先行技術で行なわれるように単にサウンド信号を触覚感覚として出力するために触覚装置に直接送るだけでなく、種々の高レベルサウンド特徴に種々の高レベル触覚感覚を関連付け、サウンド特徴を使用して適切な触覚感覚の出力をトリガする。

40

【 0 0 3 3 】

50

本発明の重要な利点は、ソフトウェアアプリケーション開発者がプログラムに触覚効果をプログラミングするのに手間を掛ける必要なく、そのアプリケーションプログラム、例えばゲームにおける種々の事象に対してサウンドを出力するプログラムに強力な触覚感覚がもたらされることである。したがって、既製のどんなゲームプログラムでも、ゲームが触覚装置を制御するコードを含むか否か、あるいはそれが非触覚フィードバック装置用に開発されただけであるか否かに関係なく、触覚フィードバック装置と容易に連動させることができ、広範囲のプログラムでユーザのより強力な対話的かつ没入的経験を可能にする。さらに、本発明は、サウンド効果の型をおおよそ区別し、異なる事象に異なる触覚感覚を関連付け、ユーザのより豊かな経験を可能にする。

【0034】

一実施形態では、ホストコンピュータで実行される低レベルドライバプログラムが、本発明の方法を実行する。他の実施形態では、ホスト（または触覚フィードバック装置のマイクロプロセッサ）で実行される他のレベルのソフトウェアが、本発明の特徴またはステップの一部または全部を実行することができる（アプリケーションプログラム、API等）。本発明を実行するためのプログラム命令はハードウェア（例えば論理部品）として、または電子メモリ、磁気ディスク、光ディスク、磁気テープ等のようなコンピュータ可読媒体に格納されたソフトウェアとして格納することができる。

【0035】

図3は、所与のサウンドデータまたはサウンド信号に基づく触覚感覚として出力される触覚効果を提供するための本発明の方法の第一実施形態200を示す流れ図である。該方法は202で開始され、任意選択的ステップ204で、触覚効果が装置に命令されるのに、ユーザには出力されない。例えば、触覚装置12は、装置が多数の異なる触覚効果のデータを格納することを可能にするローカルメモリを含むことができる。装置のメモリに常駐する触覚効果は、ホストコマンドを受け取ったとき、または他の条件（予め定められた時間が経過した等）に基づいて実行することができる。装置に送られたデータは、触覚効果のためのパラメータを含むことができる。例えば周期的振動効果の場合、パラメータは振動数、持続時間、大きさを含むことができる。効果はステップ204で装置にロードすることができ、一部の実施形態では、後のステップでより高い大きさに命令する準備として、例えば零の大きさで実行するように命令することができる。ステップ204は、同一セットの触覚感覚が常時ユーザに出力される実施形態に最も適している。他の実施形態では、触覚効果はそれらがユーザに出力されるときに命令することができる。

【0036】

次のステップ206で、ホストコンピュータで実行されているアプリケーションプログラムまたは他のソフトウェア層またはプログラムから、または代替的に外部オーディオ装置から直接、サウンドデータを受け取る。サウンドデータはデジタルデータであることが好ましく、それは、MIDI、wavファイル、mp3ファイル等のデジタルサウンドサンプルのような、いずれかの標準化フォーマットとすることができる。サウンドデータはステップ206で、それがスピーカのようなオーディオ出力装置にも送られ、ユーザにサウンドとして出力されるときに受け取られる。一般的に、サウンドデータは、ゲームのアクションまたは事象の結果発生するゲームのサウンド効果、ゲーム開始または他の事象が発生した後で演奏されるゲームまたは他のアプリケーションプログラム内の音楽、グラフィカルユーザインタフェースの対話中の警報音、CDまたはDVDからの音楽の演奏、または他のサウンド事象のような、アプリケーションで発生するサウンド事象からアプリケーションプログラムによって生成される。記載した実施形態では、このステップで受け取って分析されるサウンドデータは、現在スピーカによってユーザに出力されている。したがって、後述するようにサウンドデータが処理されて、触覚感覚が出力されるときまでに、サウンドデータはすでにユーザに出力されている。しかし、少量のサウンドデータが格納されるので、サウンドと触覚の出力間には、ユーザが認識できないミリ秒単位の遅延が発生するだけである。サウンドデータ出力が事前に知られる他の実施形態では、触覚感覚をトリガするサウンドデータと同時に、またはほぼ同時に、触覚感覚を出力することがで

10

20

30

40

50

きる。

【0037】

ステップ208で、受け取った予め定められた量のサウンドデータが、ホストコンピュータ14のメモリの一時的バッファに格納される。一実施形態では、これは、迅速に処理して触覚感覚に関連付けることができるように十分に適度に小さい一方で、意味のある処理および分析ができるように十分に大きい量のデータである。一実施形態では、約10msに匹敵するサウンドデータの部分が格納されるが、他の実施形態では異なる量を格納することができる。例えば、ホストコンピュータ上のDirectSoundまたは他のサウンド捕捉APIを使用して、10msのセグメントにサウンドをデジタル記録することができる。

10

【0038】

ステップ210で、格納されたサウンドデータは処理され分析されて、どの触覚感覚を出力すべきかの決定に関連すると指定された特定のサウンド特性または特徴を識別する。すなわち、これらのサウンド特徴は、触覚感覚の出力をトリガするキューとして働く。広い意味では、本発明はインテリジェントヒューリスティックスを使用して、アプリケーションプログラムで意味を持つ可能性が高いサウンド特徴を抽出し、そのようなサウンド特徴を、抽出されたサウンド特徴およびこれらの特徴が表わしている可能性が高い事象にほぼ一致する、予め定められ事前プログラムされた触覚感覚に関連付ける。例えば、多くの現在のビデオゲームアプリケーションでありそのような事象は、爆弾、手榴弾、ミサイル等の爆発、銃またはロケット砲などの武器の発砲、車両の衝突、ぱたぱたという足音、物体が水中に飛び込む音、プレイヤーに何らかのゲーム事象を警告するための警告音等であるかもしれない。これらの事象は、適切な分析後に受け取ったサウンドデータから認識できる特定のサウンド特徴を持つかもしれない。

20

【0039】

多種多様な方法を使用してデータを処理することができる。一部の実施形態を図4および5に関連して以下で述べる。これらの特定の実施形態は、サウンドデータに処理を実行して、サウンドデータによって表わされる波形を、本発明に従って多数の異なる周波数範囲に分割する。各周波数範囲のサウンドは、特定のサウンド特徴について別個に分析することができる。この周波数範囲の分割は、サウンドをトリガした事象に基づいて、サウンドがしばしば異なる周波数範囲で発生するという利点を持つ。例えば、ゲームにおける爆発は低周波数のサウンドを持つかもしれないが、銃の発砲はより高い周波数音を持つかもしれない。したがって事象の型は、サウンドが位置する周波数範囲に基づいておおよそ区別することができ、以下で記述する通り、異なる触覚効果をコマンドして出力することが可能になる。

30

【0040】

ひとたびサウンドデータが処理され分析されると、次のステップ212で、触覚コマンドが触覚装置に出力され、装置を操作するユーザに触覚感覚が出力される。触覚コマンドは、ステップ210で、サウンドデータに見つかったサウンド特徴がもしあれば、それに基づいてトリガされる。例えばサウンドの周波数またはサウンドの他の特性に基づいて、異なる触覚感覚を異なる型のサウンドに割り当てるために、インテリジェントヒューリスティックスを使用することができる。触覚コマンドは、装置常駐触覚効果を命令された大きさと実行開始させるかまたは実行させる。一実施形態では、ステップ204から装置のメモリにすでに常駐している触覚効果が、所望の触覚感覚を実現するために適切な新しいパラメータまたはデータにより変更される。代替的に、新しい触覚効果を作成し、直ちに装置によって触覚感覚として出力するように命令することができる。上で説明した通り、コマンドから結果的に生じる触覚感覚は、関連付けられるサウンド特徴がオーディオとして出力された少し後に、しかし好ましくはユーザが遅延があることを認識できないように十分に早く、出力させることができる。

40

【0041】

一実施形態では、命令された触覚感覚は、関連付けられた周波数範囲のサウンドデータの

50

大きさに比例する大きさに設定することができる。例えば、図 4 および 5 に関連して論じた実施形態では、サウンドデータをフィルタリングするかまたは 5 種類の周波数範囲に編成する。これらの周波数範囲の各々が、それに関連付けられた異なる触覚感覚を持つことができる。例えば、利用可能な慣性触知フィードバックマウスを使用して、異なる周波数の周期的触覚効果を各々の周波数範囲に関連付ける。したがって、例えば、62 Hz（例えば高い大きさの感覚を引き起こす触覚装置の第一共振周波数またはその付近）の触覚周波数を有する周期的触覚効果は、第一サウンド周波数範囲（例えば 0 Hz ないし 150 Hz）に関連付けられる。他の周期的触覚効果は、各々昇順に別のサウンド周波数範囲に対応する 75 Hz、90 Hz、115 Hz、および 250 Hz の触覚周波数を持つことができる（他の実施形態では、他の周期的周波数を使用することができる）。これらの周期的触覚効果の各々の大きさは、関連付けられる周波数範囲のサウンドデータの大きさに比例する値に設定することができる。周囲サウンドレベルの大きさの移動平均を触覚効果生成の最小しきい値として使用することができる。例えば、特定の周波数範囲のサウンド信号がしきい値より高い大きさを持つ場合には、その周波数範囲に関連付けられた触覚効果を出力するように命令することができ、あるいは零レベルより上の大きさを持つように命令することができる。

10

【0042】

したがって、上に提示した方法は、サウンドデータによって表わされる異なる周波数範囲のサウンド信号の対応する変動する大きさに基づいて、5 種類の触覚効果の大きさを変動させる。一部のサウンドが全ての周波数範囲に成分を有する場合、これは 5 種類の触覚効果を一度に出力させることができる。しかし、幾つかの周波数範囲にまたがって広がる多くのサウンド特徴は短時間続くので、ユーザは、異なる周波数の歪みではなく、短い振動または一続きのパルスを知覚するだけである。他のより長く持続するサウンド効果は一つまたは二つの周波数範囲のみに集中させることができ、それにより一つまたは二つの触覚効果が同時に出力される（他の周波数範囲の触覚効果は零の大きさに設定される）。したがって、ユーザは大まかにサウンド効果の周波数に対応する触覚を体感する。これについては、図 4 に関連しても述べる。

20

【0043】

したがって、特定の周波数範囲または帯域に関連付けられる触覚感覚の振幅は、上述した通り、その周波数帯域のサウンド信号の大きさレベルに直接対応させることができる。この連続触覚出力に加えて、サウンド信号の振幅の突然のスパイクを、連続振動感覚上に重ねることができる追加的衝撃、パルス、または他の短く強力な触覚感覚にマッピングすることができる。

30

【0044】

他の実施形態では、ステップ 210 のサウンドデータの処理および分析に基づき、かつインテリジェントヒューリスティックスに基づき、より高度の触覚感覚を出力することができる。ゲームのような多くのアプリケーションでは、サウンドの型は、それが主として位置する周波数範囲に基づいて決定することができる。これはより高度なマッピングスキームを可能にし、そこでは完全に異なる触覚感覚を異なるサウンド周波数範囲にマッピングすることができる。これについては、図 5 に関連しても述べる。

40

【0045】

例えば、ビデオゲームアプリケーションで武器発砲が高周波サウンドの突然のバーストに関連付けられることがしばしばある。この字術をインテリジェントヒューリスティックスとして使用して、ステップ 210 でゲームからのサウンド出力データを分析し、高周波サウンドが出力されたことを示す特徴を識別することができる。例えば、サウンドの振幅の突然のバーストまたはスパイクが無いか、特定の周波数範囲を検査することができる。ステップ 212 で、サウンド中で見つかったサウンドバーストに基づいて、武器発砲に関連付けられた触覚感覚を出力するように、インテリジェントに命令することができる。一部の実施形態では、サウンドおよび触覚感覚を実行されている間に、触覚感覚をすぐさま変更することができ、そこで触覚感覚の大きさおよび持続時間は、サウンドバーストの大き

50

さ、バーストの持続時間、および／またはバーストの固有周波数成分に基づいて、連続的に調整される。

【 0 0 4 6 】

一部の実施形態では、サウンド特徴に対し、サウンド特徴の詳細に基づいて全く異なる触覚プロファイルを選択することができ、そこでサウンド特性と触覚効果との間の事前にプログラムされたマッピングが参照される（例えばルックアップテーブルまたはデータテーブルをメモリに格納することができる）。例えば、非常に異なる周波数範囲のサウンドバーストが、全く異なる触覚感覚をトリガすることができる。例えば、ビデオゲーム内の低周波のサウンドバーストを一人物の足音とすることができる。低周波振動または波状力のような適切な触覚感覚をそのサウンド特徴にマッピングすることができる。

10

【 0 0 4 7 】

一部のゲームまたは他のプログラムは、同様の事象に対して同様のサウンド効果を出力ことができ、上述した通り、おおよそのマッピングが可能になる。しかし、他のゲームまたはプログラムは、同様に響くサウンドを異なる事象に関連付けることができる。したがって、一実施形態では、特定のルックアップテーブルまたは他のマッピングデータを各々の個別ゲーム（または他のアプリケーションプログラム）に関連付けることができる。該テーブルを使用して、本発明の方法はテーブル上で、どのゲームが実行されているかを識別し、次いでそのゲームのサウンド特性とテーブルの作者によって割り当てられた触覚効果との間の適切なマッピングを見つけることができる。これにより、特定のゲーム用に仕立てられたヒューリスティックスの調整が可能になり、より正確なマッピングが使用可能になる。これは、ゲーム自体に触覚効果またはマッピングを組み込む必要がなく、現在入手可能なゲームのサウンド出力に基づく触覚マッピングを含むドライバの更新の生産を触覚装置の製造者に依存する開発者にとって有利になり得る。

20

【 0 0 4 8 】

代替実施形態では、見つかったサウンド特徴に関連付けられる触覚効果はすぐにはユーザに触覚感覚として出力されず、代わりにメモリの格納されて所与のサウンドの「触覚プロファイル」を形成する。これは、触覚効果の設計を支援するのに使用することができる。例えば、サウンドファイルはロードすることができ、ユーザはグラフィカルユーザインタフェースでコントロールを選択して、本発明の方法でサウンドに対応する複合触覚効果を生成させることができる。次いで、生成された複合触覚効果を命令することによって、生成された触覚効果（または触覚の大きさ、力値等）をプログラム内で使用することができる。代替的に、触覚プロファイル（生成された効果）は新しい触覚効果プリミティブになることができ、開発者はこのプリミティブに基づいて新しい効果を生成することが可能になる。例えば周期的効果、テクスチャ、一時的プロファイル等を作成することができる。

30

【 0 0 4 9 】

例えばゲームは何百ものサウンド効果を持つことができる。本発明の方法は、ゲームのサウンドファイルをロードし、標準化フォーマット（カリフォルニア州サンノゼのイメージョン・コーポレーションによって作成されたプロトコルで使用される . i f r ファイルのような）のサウンドデータから触覚効果を生成するように指示することができる。したがって、開発者は各触覚効果を手動で作成する必要が無く、大量の開発時間の節約になる。設計者もまた生成された触覚効果を検討し、希望するならば、それらを編集することができる。これは、自分のゲームにコードを追加して触覚装置に伝統的な方法で触覚効果を命令することを希望するが、適切な触覚効果の設計に大量の時間を費やしたくない開発者にとって有利である。

40

【 0 0 5 0 】

触覚感覚の出力後、該方法はステップ 2 0 6 に戻って、さらなるサウンドデータを受け取るかどうか検査する。受け取る場合、サウンドデータの次の部分が、上述したように処理される。それ以上サウンドデータを受け取らない場合、プロセスは 2 4 2 で終了する（次にサウンドデータが出力されたときに再び始動する）。

【 0 0 5 1 】

50

図4は、バッファに格納されたサウンドデータが処理され分析される、図3のステップ210の一実施形態を示す流れ図である。該方法は270で開始され、ステップ272で、格納されたサウンドデータが複数のフィルタに通されて、異なる周波数範囲を分離する。例えば、上記の例で説明したようにサウンドデータを五つの周波数範囲に分割する場合、低域通過フィルタ、高域通過フィルタ、および三つの帯域通過フィルタを使用することができる。一例として、低域通過フィルタは0～170Hz以外の周波数の全てのデータを除去することができ、第一の帯域通過フィルタは170～430Hz以外の全周波数を除去することができ、第二の帯域通過フィルタは430Hz～2kHz以外の全周波数を除去することができ、第三の帯域通過フィルタは2～10kHz以外の全周波数を除去することができ、高域通過フィルタは10kHzより低い全周波数を除去することができる。 10

【0052】

ステップ274で、各々のフィルタ出力からのサウンドの大きさの移動平均が維持される。これは、コンピュータから出力される周囲サウンドを平均化して、周囲レベルより大きいサウンドだけが触覚感覚をトリガすることを可能にする。次のステップ276で、フィルタ出力の大きさが、ユーザが使用している触覚装置12に要求される範囲にスケールされる。したがって、先行技術のように実際のフィルタ出力を使用して触覚感覚を生成するのではなく、フィルタ出力に基づいて新しい触覚コマンドおよび効果が生成される。

【0053】

一部の実施形態では、各フィルタの出力の大きさの二乗をスケールすることができる。これは、一部の実施形態で、各周波数範囲のサウンドデータ内でより大きいピークまたはスパイクだけを抽出して、多すぎる検出ピークから発生する装置の持続される轟音/振動を低減するのにより効率的であるかもしれない。 20

【0054】

次のステップ278で、周期的触覚効果が各々のフィルタの出力に割り当てられる。周期的効果は各々、各フィルタに見つかったスケールされた大きさに等しい大きさを割り当てられる。フィルタに出力が無い場合、すなわちその周波数範囲のサウンドがサウンドデータに存在しない場合、またはフィルタの出力が予め定められたしきい振幅を超えない場合には、その周波数範囲に割り当てられた触覚効果には零の大きさが割り当てられる。周期的感覚は各々、対応するサウンド周波数を伝達するのに効果的であることが判明した五つの触覚周波数のうちの一つを持つことができる。振動など、そのような周期的触覚は、慣性触知感覚を提供するゲームパッドまたはマウスなどの触知装置に非常によく適している。振動は運動感覚フィードバック装置によって出力することもできる。上で決定されスケールされた大きさに基づく大きさを持つ、他の型の触覚感覚も運動感覚装置の実施形態によって出力することができる。割り当てられる触覚感覚の型は、ポップ、衝撃、跳びはね、ダンピング等のように、異なる実施形態では異なることができ、またスケールされた大きさに基づく大きさを持って出力することができる。例えば事前にプログラムされたマッピングを参照してマップされた触覚効果を割り当てることができる。 30

【0055】

該方法は次いで280で終了する。割り当てられた周期的触覚は、図3の次のステップ212で使用することができ、そこで触覚フィードバック装置に触覚効果を命令することによって、触覚感覚がユーザに出力される。 40

【0056】

図5は、バッファに格納されたサウンドデータが処理され分析される、図3のステップ210の異なる実施形態210'を示す流れ図である。該方法は290で開始され、ステップ292でサウンドデータに高速フーリエ変換(FFT)が実行され、データは、データの周波数スペクトルの異なる周波数成分にフィルタリングされる。周波数成分は各々、FFTによって出力される成分の数およびカバーされる全体的周波数範囲に基づく周波数範囲をスパンする。例えば、FFTが512個の出力を持ち、サウンドデータの全体的周波数範囲が約22kHzである場合、各FFT出力周波数成分は22kHz/512=約43Hzの周波数範囲を有する。次いでこれらの周波数成分が集団化され、合計して所望の 50

周波数範囲になる。例えば、図4の実施形態と同様の五つの周波数範囲を達成するために、四つの成分を結合して0～170Hzの第一の周波数範囲をカバーすることができ、六つの成分で170～430Hzの範囲をカバーし、37個の成分で430Hz～2kHzの範囲をカバーし、185個の成分で2kHz～10kHzの範囲をカバーし、256個の成分で10～22kHzの範囲をカバーする。他の実施形態では、他の周波数範囲および成分を使用することができる。

【0057】

次のステップ294で、該方法は、ステップ292で集団化された周波数範囲のいずれかが予め定められた特性を持つか否かを検査する。これらの特性は、触覚感覚の出力をトリガするのに十分に有意のサウンドデータ内の特徴である。一実施形態では、各周波数範囲に対して平均振幅が維持され、振幅のスパイクが探索される。平均振幅の3～4倍の振幅のスパイクが見つかり、それは有意とみなされ、触覚効果がその特徴に割り当てられるか、またはその特徴によってトリガされる。

10

【0058】

予め定められた特性が見つかり、プロセスはステップ296に進み、予め定められた特性を持つこれらの周波数範囲に触覚効果を割り当て、プロセスは298で終了し、該方法は図3のステップ212に戻る。ステップ294で、所望の特性を持つ周波数範囲が見つからない場合には、プロセスは298で終了し、該方法は図3のステップ212に戻る。

【0059】

所望の特性を持つ周波数範囲に割り当てられる触覚効果は、幾つかの異なる型のいずれかとすることができ、かつ/または異なるパラメータを持つことができ、対応するサウンドデータの大きさに比例する大きさを持つ必要は無い。例えば、いずれかの抽出されたサウンド特徴（振幅の上昇のような）に衝撃、パルス、またはデントをマッピングすることができる。衝撃またはデントの大きさは、振幅スパイクが見つかった周波数範囲に基づくことができる。例えば、低周波数範囲に高い大きさの触覚感覚を割り当てることができる（またはその逆も然り）。周期的感覚、方向感覚（装置の自由度で特定の方向に力を出力できる触覚装置の場合）、跳びはね感覚、ダンピング感覚等を異なる周波数範囲にマッピングすることができる。一実施形態では、増大するサウンドデータの振幅に対応して触覚感覚の大きさを増大することができ、次いで触覚振幅を自動的に零レベルまで低下させることができる。再び、サウンド特徴と触覚感覚との間の事前プログラムされたマッピングを参照することができる。

20

30

【0060】

図5の実施形態のFFT出力は、図4の実施形態のフィルタ出力より効率的であり、より多くの情報を提供する傾向がある。例えば、FFTは、振幅のスパイクがどこで発生するか、サウンド信号における波または特徴の位相オフセット等に関し、より詳細な周波数情報を提供することができる。また、図5について上述した異なる型の触覚感覚の割り当てまたはトリガを、図4の実施形態でも実行することができ、また図4のサウンド振幅に比例する触覚感覚の大きさを図5の実施形態で実施することができることにも注目されたい。

【0061】

一部のアプリケーションでは、ゲーム内のサウンド効果だけが触覚感覚をトリガして出力させるように、ゲームアプリケーション中の背景音楽のような周囲の背景サウンドを無視することができる。しばしば、サウンド効果の大きさは背景音楽の振幅よりずっと高く、平均振幅より上のサウンド効果をスパイクとして見出すことができる。他の状況では、背景音楽を無視し、サウンド効果をオーディオデータの型によって処理することができる。例えば、背景音楽がMIDIフォーマットであり、サウンド効果がwavファイルである場合、MIDIデータを無視し、wavデータを本発明によって処理して触覚感覚を提供することができる。

40

【0062】

一部の実施形態は、サウンドデータをどのように分析するか、触覚効果をどのように割り当てるか、および触覚感覚をどのように出力するかを調節することのできる選好を、例え

50

ば触覚効果の強度、サウンド特徴を認識するための振幅の最低しきいレベル（例えば、背景音楽をゲームでよりよく無視することができるように）を、ユーザに入力させることができる。

【0063】

本発明はまた、ゲーム以外の他の型のアプリケーションプログラムでも使用することができる。例えば、ユーザがオーディオ出力を聞きながら触覚装置に触れている場合に、音楽の拍子、持続される響き、スピーチの特徴等のようなオーディオの特徴をユーザが触覚的に経験することができるように、オーディオ出力に触覚感覚を加えることによって、ストリーミングオーディオのユーザの経験を増強することができる。さらに、本発明は、例えばインターネットのようなネットワークを介してストリーミングビデオと一緒に出力されるサウンドトラックにも使用することができる。

10

【0064】

本発明を幾つかの好適な実施形態に関して説明したが、その変形、並べ替え、および均等物は、本明細書を読み、図面を検討することにより、当業者には明らかになるであろう。例えば、ジョイスティック、ステアリングホイール、ゲームパッド、及びリモートコントロールを含む触覚フィードバック装置の多くの様々な実施形態を使用して、本書で記述した触覚感覚を出力することができる。さらに、特定の用語法を使用したのは説明を分かり易くするためであって、本発明を限定するためではない。

【図面の簡単な説明】

【0065】

20

【図1】本発明に使用するのに適した触覚フィードバックシステムの一実施形態を示すブロック図である。

【図2】本発明に使用するのに適した触覚フィードバック装置のマウスの実施形態の側面断面図である。

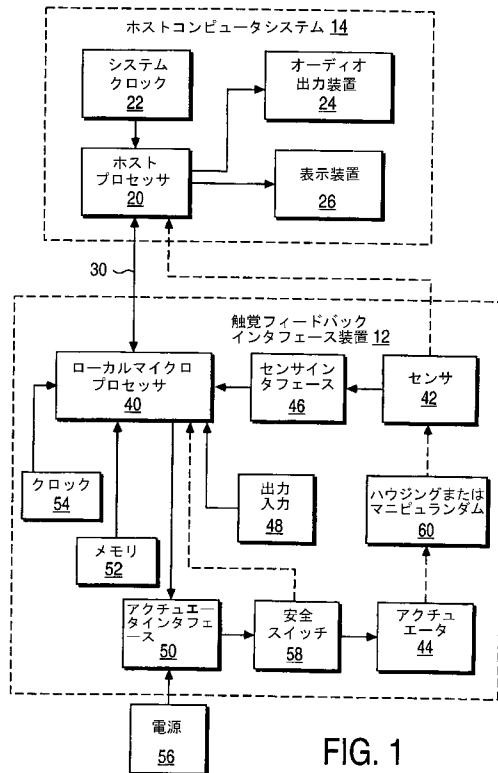
【図3】提供されたサウンドデータに基づいて触覚感覚として出力される触覚効果をもたらすための本発明の方法の第一実施形態を示す流れ図である。

【図4】バッファに格納されたサウンドデータを処理して分析する図3のステップの一実施形態を示す流れ図である。

【図5】バッファに格納されたサウンドデータを処理して分析する図3のステップの別の実施形態を示す流れ図である。

30

【 図 1 】



【 図 2 】

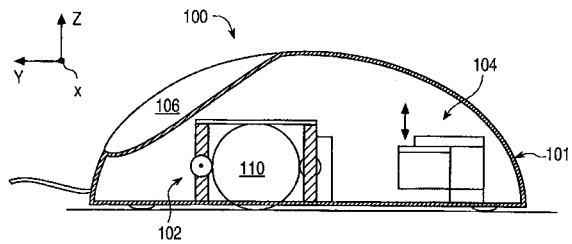


FIG. 2

【 図 3 】

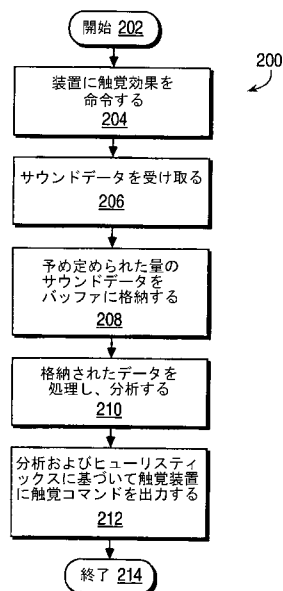


FIG. 3

【 図 4 】

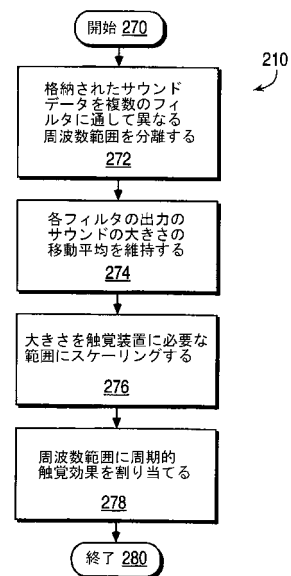


FIG. 4

【 図 5 】

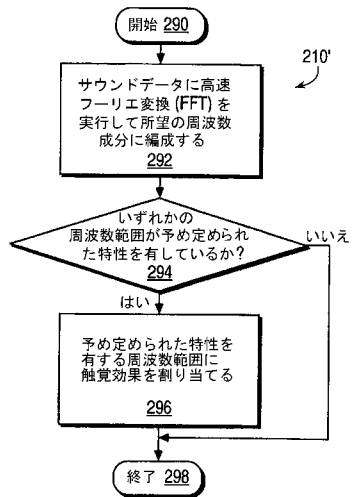


FIG. 5

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
17 April 2003 (17.04.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/032289 A1

(51) International Patent Classification: G09G 5/00

(21) International Application Number: PCT/US02/31979

(22) International Filing Date: 8 October 2002 (08.10.2002)

(25) Filing Language: English

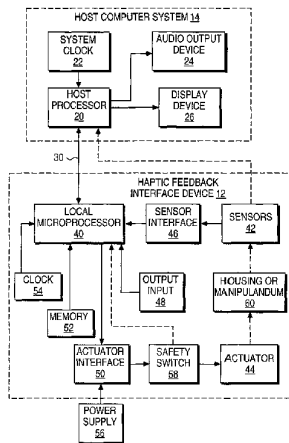
(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 09/974,759 9 October 2001 (09.10.2001) US

(71) Applicant: IMMERSION CORPORATION [US/US];
801 Fox Lane, San Jose, CA 95131 (US).(72) Inventor: RANK, Stephen, D.; 1613 Valley Crest Drive,
San Jose, CA 95131 (US).(74) Agent: COOLEY GODWARD LLP; Attn: Patent Group,
One Freedom Square-Reston Town Center, 11951 Freedom
Drive, Reston, VA 20190-5656 (US).(81) Designated States (*national*): AL, AG, AL, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GR, GU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN,
YU, ZA, ZM, ZW.(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM,
KI, LS, MW, MY, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK,
TR), OAPI patent (BF, BJ, CI, CG, CL, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NI, SN, TD, TG).Published:
— with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: HAPTIC FEEDBACK SENSATIONS BASED ON AUDIO OUTPUT FROM COMPUTER DEVICES



(57) Abstract: Triggering haptic sensations based on sound output from a computer device (14). A portion of sound data is stored that is output to a user as audio (24) from an application program running on a computer (20). The portion of sound data is analyzed using intelligent heuristics to extract at least one sound feature from the sound data. The execution of at least one haptic effect is triggered based on the sound feature, where the haptic effect is commanded to the haptic feedback device (12) approximately correlated to the output of the portion of sound to the user as audio. The haptic effect causes a haptic sensation (44) to be output to the user. Different haptic effects can be associated with different sound features, frequency ranges, amplitudes, etc.

WO 03/032289 A1

WO 03/032289 A1 

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

HAPTIC FEEDBACK SENSATIONS BASED ON AUDIO OUTPUT FROM COMPUTER DEVICES

BACKGROUND OF THE INVENTION

5 The present invention relates generally to systems for allowing humans to interface with computer systems, and more particularly to methods for providing haptic feedback to the user interfacing with one or more computer applications involving sound output.

10 A user can interact with an environment displayed by a computer to perform functions and tasks on the computer, such as playing a game, experiencing a simulation or virtual reality environment, using a computer aided design system, operating a graphical user interface (GUI), navigate web pages, etc. Common human-computer interface devices used for such interaction include a mouse, joystick, trackball, gamepad, remote control, steering wheel, stylus, tablet, pressure-sensitive sphere, or the
15 like, that is in communication with the computer system controlling the computer environment. The computer updates the environment in response to the user's manipulation of a physical manipulandum such as a joystick handle, button, or mouse, and provides visual and audio feedback to the user utilizing the display screen and audio speakers. The computer senses the user's manipulation of the user object
20 through sensors provided on the interface device that send locative signals to the computer.

 In some interface devices, kinesthetic force feedback and/or tactile feedback is also provided to the user, more generally known collectively herein as "haptic feedback." These types of interface devices can provide physical sensations which are
25 felt by the user manipulating a user manipulandum of the interface device. One or more motors or other actuators are coupled to the manipulandum and are connected to the controlling computer system. The computer system controls forces on the manipulandum in conjunction and coordinated with computer events and interactions by sending control signals or commands to the actuators. The computer system can
30 thus convey physical force sensations to the user in conjunction with other supplied

WO 03/032289

PCT/US02/31979

feedback as the user is grasping or contacting the interface device or manipulatable object of the interface device.

The audio feedback provided to the user is an inherent part of many application programs, especially games. Some existing haptic feedback devices are designed to provide haptic sensations based directly on the sound output from the computer. The sound output waveform is directly routed to the interface device so that tactile sensations, such as vibrations, are based directly on the sound output waveform or a filtered portion thereof, much like the way a speaker operates.

A disadvantage of existing haptic sensations based on direct sound waveforms is that the haptic sensations are simple effects based directly on the sound signals. No evaluation or processing of the sound signals is accomplished before sending the signals to the haptic device. This can cause undesirable or disconcerting haptic sensations to be output to the user since not all of the sound output is appropriate for directly translation into haptic sensations.

15 SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention is directed toward triggering the output of haptic sensations based on sound output from a computer device. The output of haptic sensations is intelligently triggered by analyzing sound data for features, allowing an enhanced user experience.

More particularly, an interface device of the present invention provides a method for triggering haptic sensations from sound features detected in sound output from a computer, where the haptic sensations are able to be output to a user of a haptic feedback device in communication with the computer. A portion of sound data is stored that is output to a user as audio from an application program running on the computer. The sound data is stored in a memory buffer of the computer. The portion of sound data is analyzed using intelligent heuristics to extract at least one sound feature from the portion of sound data. The execution of at least one haptic effect is triggered based on the sound feature(s), where the haptic effect is commanded to the

WO 03/032289

PCT/US02/31979

haptic feedback device approximately correlated to the output of the portion of sound to the user as audio. The haptic effect causes a haptic sensation to be output to the user.

The triggered haptic sensation is preferably assigned to the sound features found in the sound data. In some embodiments, analyzing the portion of sound data can
5 includes processing the sound data into multiple different frequency ranges and searching for sound features in each of the frequency ranges. A haptic effect can be triggered for each of the frequency ranges if the sound feature is present in that frequency range. Filters can be applied to the sound data, or a fast Fourier transform can be used. Each frequency range can be associated with or mapped to a different
10 haptic sensation. For example, each of the frequency ranges can be associated with a periodic haptic sensation having a different frequency. Other types of haptic sensations can also be mapped and assigned to sound features so that they will trigger upon output of those sound features.

The present invention advantageously allows haptic feedback to be output by a
15 computer system running an application program having sound output. The present invention intelligently assigns haptic sensations to features in the sound data to provide haptic feedback relevant to events in the application program which caused the sound output. This results in an overall improvement in user experience of the haptic feedback based on sound output.

20 These and other advantages of the present invention will become apparent to those skilled in the art upon a reading of the following specification of the invention and a study of the several figures of the drawing.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIGURE 1 is a block diagram illustrating one embodiment of a haptic feedback
25 system suitable for use with the present invention;

FIGURE 2 is a side cross-sectional view of a mouse embodiment of the haptic feedback device suitable for use with the present invention;

WO 03/032289

PCT/US02/31979

FIGURE 3 is a flow diagram illustrating a first embodiment of a method of the present invention for providing haptic effects to be output as haptic sensations based on provided sound data;

FIGURE 4 is a flow diagram illustrating one embodiment for the step of Fig. 3 in which the sound data stored in the buffer is processed and analyzed; and

FIGURE 5 is a flow diagram illustrating another embodiment for the step of Fig. 3 in which the sound data stored in the buffer is processed and analyzed.

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

FIGURE 1 is a block diagram illustrating a computer system 10 suitable for use with the present invention, including a haptic feedback interface device 12 in communication with a host computer 14.

Host computer 14 preferably includes a host microprocessor 20, a clock 22, a display screen 26, and an audio output device 24. The host computer also includes other well known components, such as random access memory (RAM), read-only memory (ROM), and input/output (I/O) electronics (not shown). The host computer 14 is a computing device that can take a wide variety of forms. For example, in the described embodiments computer 14 is a personal computer or workstation, such as a PC compatible computer or Macintosh personal computer, or a Sun or Silicon Graphics workstation. Such a computer 14 can operate under the Windows™, MacOS™, Unix, MS-DOS, or other operating system. Alternatively, host computer 14 can be one of a variety of home video game console systems commonly connected to a television set or other display, such as systems available from Nintendo, Sega, Sony, or Microsoft. In other embodiments, host computer 14 can be a "set top box", a "network-" or "internet-computer", a portable computer or game device, personal digital assistant (PDA), etc.

Host computer 14 preferably implements a host application program with which a user is interacting via device 12 and other peripherals, if appropriate. In the context of the present invention, the host application program is a digital audio editing program, as described in greater detail below. Other application programs that utilize

WO 03/032289

PCT/US02/31979

input of device 12 and output haptic feedback commands to the device 12 can also be used. The host application program preferably utilizes a graphical user interface (GUI) to present options to a user and receive input from the user. This application program may include the haptic feedback functionality described below; or, the haptic feedback control can be implemented in another program running on the host computer, such as a driver or other application program. Herein, computer 14 may be referred as providing a "graphical environment," which can be a graphical user interface, game, simulation, or other visual environment. The computer displays "graphical objects" or "computer objects," which are not physical objects, but are logical software unit collections of data and/or procedures that may be displayed as images by computer 14 on display screen 26, as is well known to those skilled in the art. Suitable software drivers which interface software with haptic feedback devices are available from Immersion Corporation of San Jose, California.

Display device 26 can be included in host computer system 14 and can be a standard display screen (LCD, CRT, flat panel, etc.), 3-D goggles, projection device, or any other visual output device. Display device 26 displays images as commanded by an operating system application, simulation, game, etc.

Audio output device 24, such as speakers, provides sound output to user. In the context of the present invention, other audio-related devices may also be coupled to the host computer, such as stereo receivers, amplifiers, etc. Other types of peripherals can also be coupled to host processor 20, such as storage devices (hard disk drive, CD ROM drive, floppy disk drive, etc.), printers, and other input and output devices.

The haptic feedback interface device 12, such as a mouse, knob, gamepad, trackball, joystick, remote control unit, PDA screen, etc., is coupled to host computer 14 by a bi-directional bus 30. The bi-directional bus sends signals in either direction between host computer 14 and the interface device. Bus 30 can be a serial interface bus, such as an RS232 serial interface, RS-422, Universal Serial Bus (USB), MIDI, or other protocols well known to those skilled in the art; or a parallel bus or wireless link. Some interfaces can also provide power to the actuators of the device 12.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

Device 12 can include a local processor 40. Local processor 40 can optionally be included within the housing of device 12 to allow efficient communication with other components of the mouse. Processor 40 can be provided with software instructions to wait for commands or requests from computer host 14, decode the command or request, and handle/control input and output signals according to the command or request. In addition, processor 40 can operate independently of host computer 14 by reading sensor signals and calculating appropriate forces or commands from those sensor signals, time signals, and stored or relayed instructions selected in accordance with a host command. Suitable microprocessors for use as local processor 40 include the MC68HC711E9 by Motorola, the PIC16C74 by Microchip, and the 82930AX by Intel Corp., for example, as well as more sophisticated force feedback processors such as the Immersion Touchsense Processor. Processor 40 can include one microprocessor chip, multiple processors and/or co-processor chips, and/or digital signal processor (DSP) capability.

Microprocessor 40 can receive signals from sensor(s) 42 and provide signals to actuator 44 in accordance with instructions provided by host computer 14 over bus 30. For example, in a local control embodiment, host computer 14 provides high level supervisory commands to processor 40 over bus 30, and processor 40 decodes the commands and manages low level force control loops to sensors and the actuator in accordance with the high level commands and independently of the host computer 14. This operation is described in greater detail in US Patents 5,739,811 and 5,734,373, both incorporated herein by reference. In the host control loop, force commands from the host computer instruct the processor to output a force or force sensation having specified characteristics. The local processor 40 reports locative and other sensor data to the host computer which the host computer uses to update executed programs. In the local control loop, actuator signals are provided from the processor 40 to actuator 44 and sensor signals are provided from the sensor 42 and other input devices 48 to the processor 40. The processor 40 can process inputted sensor signals to determine appropriate output actuator signals by following stored instructions. Herein, the term "haptic sensation" or "tactile sensation" refers to either a single force or a sequence of

WO 03/032289

PCT/US02/31979

forces output by the actuator which provide a sensation to the user. The term "haptic effect" generally refers to the commands, parameters, and/or data sent to the device that define a haptic effect and which results in a haptic sensation when the effect is output as forces to the user by the device.

5 In yet other embodiments, other simpler hardware can be provided locally to device 12 to provide functionality as processor 40. For example, a hardware state machine or ASIC incorporating fixed logic can be used to provide signals to the actuator 44 and receive sensor signals from sensors 42, and to output tactile signals according to a predefined sequence, algorithm, or process.

10 In a different, host-controlled embodiment, host computer 14 can provide low-level force commands over bus 30, which are directly transmitted to the actuator 44 via processor 40. Host computer 14 thus directly controls and processes all signals to and from the device 12. In the simple host control embodiment, the signal from the host to the device can command the actuator to output a force at a predefined frequency and
15 magnitude, or can include a magnitude and/or a direction, or be a simple command that indicates a desired force value to apply over time.

Local memory 52, such as RAM and/or ROM, is preferably coupled to processor 40 in device 12 to store instructions for processor 40 and store temporary and other data. For example, force profiles can be stored in memory 52, such as a sequence
20 of stored force values that can be output by the processor, or a look-up table of force values to be output based on the current position of the user object. In addition, a local clock 54 can be coupled to the processor 40 to provide timing data, similar to the system clock of host computer 14; the timing data might be required, for example, to compute forces output by actuator 44 (e.g., forces dependent on calculated velocities or
25 other time dependent factors). In embodiments using the USB communication interface, timing data for processor 40 can be alternatively retrieved from the USB signal.

Sensors 42 sense the position or motion of the device and/or one or more manipulandums or controls and provides signals to processor 40 (or host 14) including

WO 03/032289

PCT/US02/31979

information representative of the position or motion. Sensors suitable for detecting manipulation include digital optical encoders, optical sensor systems, linear optical encoders, potentiometers, optical sensors, velocity sensors, acceleration sensors, strain gauge, or other types of sensors can also be used, and either relative or absolute sensors
5 can be provided. Optional sensor interface 46 can be used to convert sensor signals to signals that can be interpreted by the processor 40 and/or host 14.

Actuator(s) 44 outputs haptic sensations by transmitting forces to the housing or one or more manipulandums of the device 12 in response to signals received from processor 40 and/or host computer 14. Actuator 44 can be any of many types of
10 actuators, including active actuators such as DC motors, voice coils, pneumatic or hydraulic actuators, torquers, piezoelectric actuators, moving magnet actuators, etc., or passive actuators such as brakes.

Actuator interface 50 can be optionally connected between actuator 44 and processor 40 to convert signals from processor 40 into signals appropriate to drive
15 actuator 44. Interface 50 can include power amplifiers, switches, digital to analog controllers (DACs), analog to digital controllers (ADCs), and other components, as is well known to those skilled in the art. Other input devices 48 are included in device 12 and send input signals to processor 40 or to host 14 when manipulated by the user. Such input devices can include buttons, scroll wheels, d-pads, dials, switches, or other
20 controls or mechanisms.

Power supply 56 can optionally be included in device 12 coupled to actuator interface 50 and/or actuator 44 to provide electrical power to the actuator, or be provided as a separate component. Alternatively, power can be drawn from a power supply separate from device 12, or be received across the bus 30. Also, received
25 power can be stored and regulated by device 12 and thus used when needed to drive actuator 44 or used in a supplementary fashion. Some embodiments can use a power storage device in the device to ensure that peak forces can be applied (as described in U.S. Patent No. 5,929,607, incorporated herein by reference). Alternatively, this technology can be employed in a wireless device, in which case battery power is used

WO 03/032289

PCT/US02/31979

to drive the tactile actuators. A safety switch 58 can optionally be included to allow a user to deactivate actuator 44 for safety reasons.

Many types of interface or control devices may be used with the present invention described herein. For example, such interface devices can include a haptic
5 feedback trackball, joystick handle, steering wheel, knob, handheld remote control device, gamepad controller for video games or computer games, stylus, grip, wheel, button, cellular phone, PDA, touchpad, or other manipulatable object, surface, or housing.

FIGURE 2 is a side cross-sectional view of a mouse embodiment 100 of device
10 12 for use with the present invention.

Mouse device 100 includes a housing 101, a sensing system 102, and an actuator 104. Housing 101 is shaped to fit the user's hand like a standard mouse while the user moves the mouse in the planar degrees of freedom and manipulates the buttons 106. Other housing shapes can be provided in many different embodiments.

15 Sensor 102 detects the position of the mouse in its planar degrees of freedom, e.g. along the X and Y axes. In the described embodiment, sensor 102 includes a standard mouse ball 110 for providing directional input to the computer system. Alternatively, an optical sensor or other type of sensor can be used.

Mouse device 100 includes one or more actuators 104 for imparting haptic
20 feedback such as tactile sensations to the user of the mouse. Actuator 104 is coupled to the housing 101 to provide haptic feedback to the user. In one embodiment, the actuator is coupled to an inertial mass that is moved by the actuator. Inertial forces caused by the motion of the inertial mass are applied to the housing of the mouse with respect to the inertial mass, thereby conveying haptic feedback such as tactile
25 sensations to the user who is contacting the housing. Some embodiments allow the actuator to move itself as the inertial mass. Such embodiments are described in greater detail in U.S. Patent No. 6,211,861 and U.S. Application No. 09/585,741, both incorporated herein by reference. Other types of interface devices, such as gamepads,

WO 03/032289

PCT/US02/31979

handheld remote controls, cellular phones, PDA's, etc., can include such an actuator for inertial tactile sensations.

Other types of interface devices and actuators can also be used with the present invention. For example, gamepads, mice, or other devices can include an eccentric
5 rotating mass coupled to a rotating shaft of an actuator to provide inertial tactile sensations on the housing or manipulandum of the device. Other types of haptic devices can provide kinesthetic force feedback, such as joysticks, knobs, scroll wheels, gamepads, steering wheels, trackballs, mice, etc., in which forces are output in the sensed degree(s) of freedom of a manipulandum. For example, embodiments of a
10 kinesthetic mouse haptic device are disclosed in U.S. Patent Nos. 6,100,874 and 6,166,723, both incorporated herein by reference in their entireties.

Sound Output with Haptic Feedback

The present invention improves the user experience in the output of haptic sensations coordinated with the sound output of one or more application programs (or other
15 programs) running on the host computer.

The preferred embodiment of the present invention provides haptic effects for output to a haptic feedback device based on sound signals or data output by a host computer and which are output as haptic sensations to the user. In some alternate embodiments, the haptic effects can be similarly provided based on features in sound
20 signals or data input to a computer system, e.g. from a microphone or audio device. Temporal features and characteristics of sound are identified and mapped to or associated with preprogrammed haptic effects. The haptic sensations based on these haptic effects can be rendered immediately on haptic feedback device 12, or can be stored in memory to form a "haptic profile" of a given sound. The method of the present invention is not to
25 simply route sound signals directly to a haptic device for output as haptic sensations, as is done in the prior art, but to associate a variety of high-level sound features with a variety of high-level haptic sensations, using the sound features to trigger the output of the appropriate haptic sensations.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

An important advantage of the present invention is that compelling haptic sensations are provided for any program that outputs sounds for a variety of events in that application program, e.g. games, without a software application developer having to expend effort in programming the haptic effects in the program. Thus, any game program
5 off the shelf can be easily made to work with haptic feedback devices regardless of whether the game includes code to control haptic devices or whether it was only developed for non-haptic-feedback devices, allowing the user a more compelling interactive and immersive experience with a wide variety of programs. Furthermore, the present invention can approximately distinguish between types of sound effects and associate different haptic
10 sensations with different events, allowing a more rich experience for the user.

In one embodiment, a low-level driver program running on the host computer performs the methods of the present invention. In other embodiments, other levels of software running on the host (or on a microprocessor of the haptic feedback device) can perform some or all of the features or steps of the present invention (application program,
15 API, etc.). Program instructions for implementing the present invention can be stored as hardware (e.g. logic components) or software stored on a computer readable medium, such as electrical memory, magnetic disk, optical disk, magnetic tape, etc.

FIGURE 3 is a flow diagram illustrating a first embodiment 200 of a method of the present invention for providing haptic effects to be output as haptic sensations based on
20 given sound data or sound signal. The method starts at 202, and in optional step 204, haptic effects are commanded to the device and not yet output to the user. For example, the haptic device 12 can include local memory that allows the device to store data for a number of different haptic effects. The haptic effects resident in the device memory can be played when a host command is received or based on other conditions (a predetermined
25 time period has passed, etc.). The data sent to the device can include parameters for the haptic effects; e.g., for a periodic vibration effects, the parameters can include a frequency, duration, and magnitude. The effects can be loaded to the device in step 204 and in some embodiments can be commanded to play, e.g. at a magnitude of zero, in preparation to be commanded to higher magnitudes at a later step. Step 204 is most appropriate for those
30 embodiments in which the same set of haptic sensations are always output to the user. In

WO 03/032289

PCT/US02/31979

other embodiments, haptic effects can be commanded at the time they are to be output to the user.

In next step 206, sound data is received from an application program or other software layer or program running on the host computer, or alternately, direction from an external audio device. The sound data is preferably digital data that can be in any standardized format, such as MIDI, digital sound samples in a wav file, an mp3 file, etc. The sound data is received in step 206 when it is also to be routed to an audio output device such as speakers and output to the user as sound. Typically, the sound data is generated by the application program from a sound event occurring in the application, such as a sound effect in a game resulting from game actions or events, music in a game or other application program playing after a game starts or other event occurs, a beep in a graphical user interface interaction, the playing of music from a CD or DVD, or other sound event. In the described embodiment, the sound data received at this step to be analyzed is currently being output by speakers to the user. Thus, by the time the sound data is processed and haptic sensations output as described below, the sound data has already been output to the user. However, since a small amount of sound data is stored, only a delay of milliseconds occurs between sound and haptic output, which the user cannot discern. In other embodiments in which the sound data output is known in advance, haptic sensations can be output simultaneously, or close to simultaneously, with the sound data that triggered them.

In step 208, a predetermined amount of the received sound data is stored in a temporary buffer in the memory of the host computer 14. In one embodiment, this is an amount of data reasonably small enough to allow quick processing and associating with haptic sensations, while large enough to permit meaningful processing and analysis. In one embodiment, a portion of sound data equivalent to about 10 ms of play is stored, although different amounts can be stored in other embodiments. For example, the sound can be digitally recorded in a 10 ms segment using DirectSound or other sound capture API on the host computer.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

In step 210, the stored sound data is processed and analyzed to identify particular sound characteristics or features which have been designated as relevant in the determination of which haptic sensations are to be output, i.e. these sound features are to act as cues to trigger the output of haptic sensations. In broad terms, the present invention
5 uses intelligent heuristics to extract sound features that are likely to have meaning in an application program and to associate such sound features with predetermined, preprogrammed haptic sensations that correspond appropriately with the extracted sound features and the likely events these features represent. For example, likely events in many current video game applications may be explosions from bombs, grenades, missiles, etc.,
10 the firing of a weapon such as a gun or rocket, the crash of a vehicle, the pattering of footsteps, the sound of an object splashing into water, an alert sound for alerting the player to some game event, etc. These events may have particular sound features which can be recognized from the received sound data after appropriate analysis.

A variety of different ways can be employed to process the data; some
15 embodiments are described below with respect to Figs. 4 and 5. These particular embodiments perform processing on the sound data to divide the waveform represented by the sound data into a number of different frequency ranges according to the present invention. Each frequency range of sound can then be analyzed separately for particular sound features. This frequency range division has the advantage that sounds often occur in
20 different frequency ranges based on the event that triggered the sound; for example, an explosion in a game may have a low frequency sound while a gun shot may have a higher frequency sound. Types of events might therefore be approximately distinguished based on the frequency range in which the sound is located, allowing different haptic effects to be commanded and output as described below.

25 Once the sound data has been processed and analyzed, in next step 212, haptic commands are output to the haptic device to cause haptic sensations to be output to the user manipulating the device. The haptic commands are triggered based on the sound features, if any, found in the sound data in step 210. Intelligent heuristics can be used to assign different haptic sensations to different types of sounds based, for example, on the
30 frequencies of the sounds or other characteristics of the sounds. The haptic commands can

WO 03/032289

PCT/US02/31979

cause device-resident haptic effects to start playing or play at a commanded magnitude. In one embodiment, the haptic effects that are already resident in memory on the device from step 204 are modified with new parameters or data as appropriate to implement the desired haptic sensations. Alternatively, new haptic effects can be created and commanded to be
5 output immediately by the device as haptic sensations. As explained above, the haptic sensations resulting from the commands may be output slightly after the associated sound features have been output as audio, but preferably soon enough so that the user cannot tell that there was a delay.

In one embodiment, the commanded haptic sensations can be set to a magnitude
10 proportional to the sound data magnitude in the associated frequency range. For example, embodiments discussed with reference to Figs. 4 and 5, the sound data is filtered or organized into 5 different frequency ranges. Each of these frequency ranges can have a different haptic sensation associated with it. For example, using an available inertial tactile feedback mouse, a periodic haptic effect of different frequency is associated with each of
15 the frequency ranges. Thus, for example, a periodic haptic effect having a haptic frequency of 62 Hz (e.g., at or near a first resonance frequency of the haptic device to cause high magnitude sensations) is associated with the first sound frequency range (e.g., 0 Hz to 150 Hz). The other periodic haptic effects can have haptic frequencies of 75 Hz, 90 Hz, 115 Hz, and 250 Hz, each corresponding to another sound frequency range in ascending order
20 (other periodic frequencies can be used in other embodiments). The magnitudes of each of these periodic haptic effects can be set to a value proportional to the magnitude of the sound data in the associated frequency range. A running average of magnitude of ambient sound levels can be used as a minimum threshold for haptic effect generation, e.g. if the sound signal for a particular frequency range has a higher magnitude than the threshold,
25 then a haptic effect associated with that frequency range can be commanded to be output or can be commanded to have a magnitude above a zero level.

The method presented above thus varies the magnitudes of five different haptic effects based on the corresponding varying magnitudes in different frequency ranges of the sound signal represented by the sound data. With some sounds that have components in all
30 the frequency ranges, this may cause five different haptic effects to be output at once.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

However, since many sound features that are spread across several frequency ranges last for a short amount of time, the user perceives only a short vibration or series of pulses rather than a mush of different frequencies. Other more sustained sound effects may be concentrated in only one or two frequency ranges which will cause only one or two haptic effects to be output simultaneously (the haptic effects for the other frequency ranges will be set to zero magnitude). The user will thus feel a haptic sensations that roughly corresponds to the sound effect's frequency. This is also discussed with respect to Fig. 4.

Thus, the amplitude of a haptic sensation that is associated with a particular frequency range or band can correspond directly with the magnitude level of a sound signal in that frequency band, as explained above. In addition to this continuous haptic output, sudden spikes of amplitude in the sound signal can be mapped to additional jolts, pulses, or other short, strong haptic sensations which can be overlaid on the continuous vibration sensations.

In other embodiments, more sophisticated haptic sensations can be output based on the sound data processing and analysis of step 210 and based on intelligent heuristics. In many applications such as games, the type of sound may be able to be determined based which frequency ranges it is primarily located. This allows a more sophisticated mapping scheme, where completely different haptic sensations can be mapped to different sound frequency ranges. This is also discussed with respect to Fig. 5.

For example, it is often the case that weapon fire in a video game application is associated with a sudden burst of high frequency sound. Using this fact as an intelligent heuristic, in step 210 the sound output data from the game can be analyzed and a feature that indicates that a high frequency sound has been output identified. For example, a particular frequency range can be checked for a sudden burst or spike in amplitude of sound. In step 212, a haptic sensation associated with weapon fire can be intelligently commanded to be output based on the sound burst found in the sound. In some embodiments, the haptic sensation can be modified on the fly while the sound and the haptic sensations are playing, where the magnitude and duration of the haptic sensation is

WO 03/032289

PCT/US02/31979

continually adjusted based on the magnitude of the sound burst above a predetermined threshold, the duration of the burst, and/or the specific frequency content of the burst.

In some embodiments, a completely different haptic profile can be selected for a sound feature based on the specifics of the sound feature, where a pre-programmed mapping between sound characteristics and haptic effects is consulted (e.g., a look-up table or data table can be stored in memory). For example, a sound burst in a very different frequency range might trigger a completely different haptic sensation. A low frequency sound burst in a video game might be, for example, the sound of a footstep of a character. An appropriate haptic sensation can be mapped to that sound feature, such as a low-frequency vibration or undulating force.

Some games or other programs may output similar sound effects for similar events to allow approximate mapping as discussed above. Other games and programs, however, may have different events associated with similar-sounding sounds. Therefore, in one embodiment, a particular look-up table or other mapping data can be associated with each individual game (or other application program). Using the table, the method of the present invention can identify on the table which game is playing and then find the appropriate mapping between sound characteristics of that game and haptic sensations that have been assigned by the table's author. This allows for tuning of the heuristics tailored for specific games, enabling more accurate mappings. This can be advantageous to developers, who will not have to put haptic effects or mappings in their games themselves, but can rely on the manufacturers of the haptic devices to put out driver updates including haptic mappings for games currently available based on the sound output.

In alternate embodiments, the haptic effects that are associated with the found sound features are not immediately output as haptic sensations to the user, but are instead stored in memory to form a "haptic profile" of a given sound. This can be used to assist in the design of haptic effects. For example, a sound file can be loaded and the user can select a control in a graphical user interface to cause the method of the present invention to generate a compound haptic effect that corresponds to the sound. The generated haptic effect (or haptic magnitudes, force values, etc.) can be then used in a program by

WO 03/032289

PCT/US02/31979

commanding the generated compound haptic effect. Alternatively, the haptic profile (generated effect) can become a new haptic effect primitive to allow developers to create new effects based on this primitive, e.g. periodic effects, textures, temporal profiles, etc. can be created.

5 For example, a game may have hundreds of sound effects. The method of the present invention can be instructed to load the game's sound files and create haptic effects from the sound data in a standardized format (such as .ifr files, used in protocols created by Immersion Corp. of San Jose, California) in a few seconds. Thus, a developer need not create each haptic effect manually, saving great amount of development time. A designer
10 could also examine the generated haptic effects and edit them, if desired. This is advantageous to developers who wish to add code to their games to command haptic effects to haptic devices in the traditional way, but who do not wish to spend large amounts of time designing the appropriate haptic effects.

After the output of the haptic sensation, the method returns to step 206 to check if
15 further sound data is received. If so, a next portion of sound data is processed as discussed above. If no further sound data is received, the process is complete at 242 (to be started again the next time sound data is output).

FIGURE 4 is a flow diagram illustrating one embodiment for step 210 of Fig. 3, in which the sound data stored in the buffer is processed and analyzed. The method starts at
20 270, and in step 272, the stored sound data is set through multiple filters to isolate different frequency ranges. For example, to divide the sound data into five frequency ranges as described in the example above, a low-pass filter, a high-pass filter, and three bandpass filters can be employed. As one example, the low-pass filter can filter out all data in the frequencies outside 0-170 Hz, the first bandpass filter can filter out all frequencies except
25 170-430 Hz, the second bandpass filter can filter out all frequencies except 430 Hz-2 kHz, the third bandpass filter can filter out all frequencies except 2 - 10 kHz, and the high-pass filter can filter out all frequencies lower than 10 kHz.

In step 274, a running average of the sound magnitude from each of the filter outputs is maintained. This allows ambient sounds output from the computer to be

WO 03/032289

PCT/US02/31979

averaged out so that only sounds louder than the ambient level will trigger haptic sensations. In next step 276, the magnitudes of the filter outputs are scaled to a range that is required for the haptic device 12 that the user is using. Thus, the actual filter outputs are not used to generate haptic sensations as in the prior art, but new haptic commands and
5 effects are created based on the filter outputs.

In some embodiments, the square of each filter's output magnitude can be scaled. This may be more effective in some embodiments to pick out only the larger peaks or spikes in each frequency range of sound data and reduce a sustained rumble/vibration of the device that may occur from too many peaks being detected.

10 In next step 278, periodic haptic effects are assigned to each of the filter's outputs. The periodic effects can each be assigned a magnitude equal to the scaled magnitude found for each filter. If a filter has no output, i.e. no sound of that frequency range is present in the sound data, or if a filter's output is not above a predetermined threshold amplitude, then the haptic effect assigned to that frequency range would be assigned a magnitude of zero.
15 The periodic sensations can each have one of five haptic frequencies found to be effective in conveying the corresponding sound frequency. Such periodic haptic sensations, such as vibrations, are quite appropriate for tactile devices such as gamepads or mice providing inertial tactile sensations. The vibrations can also be output by kinesthetic feedback devices. Other types haptic sensations can also be output by kinesthetic device
20 embodiments, having magnitudes based on the scaled magnitudes determined above. The type of haptic sensations assigned can be different in different embodiments, such as pops, jolts, springs, damping, etc., can also be output having magnitudes based on the scaled magnitudes; for example, a pre-programmed mapping can be consulted to assign a mapped haptic effect.

25 The method is then complete at 280. The assigned periodic haptic sensations can be used in the next step 212 of Fig. 3, where haptic sensations are output to the user by commanding the haptic effects to the haptic feedback device.

FIGURE 5 is a flow diagram illustrating a different embodiment 210' of step 210 of Fig. 3, in which the sound data stored in the buffer is processed and analyzed. The method

WO 03/032289

PCT/US02/31979

starts at 290, and in step 292, a Fast Fourier Transform (FFT) is performed on the sound data to filter the data into different frequency components of the data's frequency spectrum. The frequency components each span a frequency range based on the number of components output by the FFT and the entire frequency range covered. For example, if the

5 FFT has 512 outputs, and the entire frequency range of the sound data is about 22 kHz, the each FFT output frequency component has a frequency range of $22 \text{ kHz} / 512 = \text{about } 43 \text{ Hz}$. These frequency components can then be grouped to sum to desired frequency ranges. For example, to achieve the five frequency ranges similar to the embodiment of Fig. 4, four components can be combined to cover the first frequency range of 0 - 170 Hz, 6

10 components cover the range 170-430 Hz, 37 components cover the range 430 Hz - 2 kHz, 185 components cover the range 2 kHz - 10 kHz, and 256 components cover the range 10 - 22 kHz. Other frequency ranges and components can be used in other embodiments.

In next step 294, the method checks whether any of the frequency ranges grouped in step 292 have predetermined characteristics. These characteristics are features in the sound

15 data that are significant enough to trigger the output of haptic sensations. In one embodiment, an average amplitude is maintained for each frequency range, and a spike in the amplitude is looked for. If a spike in amplitude of 3-4 times the average amplitude is found, then that is deemed significant and a haptic effect should be assigned to or triggered by that feature.

20 If predetermined characteristics are found, then the process continues to step 296 to assign haptic effects to those frequency ranges having the predetermined characteristics, and the process is complete at 298 and the method returns to step 212 of Fig. 3. If in step 294 no frequency ranges are found to have the desired characteristics, then the process is complete at 298 and the method returns to step 212 of Fig. 3.

25 The haptic effects that are assigned to the frequency ranges having the desired characteristics can be any of several different types and/or have different parameters, and need not have a magnitude proportional to the amplitude of the corresponding sound data. For example, a jolt, pulse, or detent can be mapped to any extracted sound features (such as rise in amplitude). The magnitude of the jolt or detent can be based on the frequency range

WO 03/032289

PCT/US02/31979

in which the amplitude spike was found, e.g. lower frequency ranges can be assigned higher magnitude haptic sensations (or vice-versa). Periodic sensations, directional sensations (for haptic devices able to output forces in particular directions in degrees of freedom of the device), spring sensations, damping sensations, etc. can be mapped to the different frequency ranges. In one embodiment, a haptic sensation can be increased in magnitude corresponding to the increased sound data amplitude, then the haptic amplitude can be ramped down automatically back to a zero level. Again, a pre-programmed mapping between sound features and haptic sensations can be consulted.

The FFT outputs of the embodiment of Fig. 5 tend to be more efficient and provide more information than the filter outputs of the embodiment of Fig. 4. For example, FFT's can provide more detailed frequency information about where a spike in amplitude occurs, the phase offset of waves or features in the sound signal, etc. It should also be noted that the assigning or triggering of different types of haptic sensations described above for Fig. 5 can also be performed in the embodiment of Fig. 4, and the magnitudes of haptic sensations proportional to sound amplitudes of Fig. 4 can be performed in the embodiment of Fig. 5.

In some applications, the ambient background sounds, such as background music in game applications, can be ignored so that only sound effects in the game trigger haptic sensations to be output. Often, the sound effect magnitudes are much higher than the background music amplitudes, allowing the sound effects to be found as spikes above an average amplitude. In other circumstances, background music can be ignored and sound effects processed by the type of audio data. For example, if the background music is in a MIDI format and the sound effects are .wav files, then MIDI data can be ignored and wav data processed by the present invention to provide haptic sensations.

Some embodiments can also allow the user to enter preferences which can adjust how the sound data is analyzed, how the haptic effects are assigned, and how the haptic sensations are output. For example, haptic effect strength, the minimum threshold level of amplitude to recognize a sound feature (e.g., so that background music can be better ignored in a game), etc.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

The present invention can also be used in other types of application programs besides games. For example, a user's experience of streaming audio can be enhanced by adding haptic sensations to the audio output, so that if the user is contacting the haptic device while listening to the audio output, features in the audio such as music beats, 5 sustained notes, features of speech etc. can be haptically experienced by the user. Likewise, the present invention can be used with a sound track that is output with streaming video, e.g. over a network such as the Internet.

While this invention has been described in terms of several preferred embodiments, it is contemplated that alterations, permutations and equivalents thereof will become 10 apparent to those skilled in the art upon a reading of the specification and study of the drawings. For example, many different embodiments of haptic feedback devices can be used to output the haptic sensations described herein, including joysticks, steering wheels, gamepads, and remote controls. Furthermore, certain terminology has been used for the purposes of descriptive clarity, and not to limit the present invention.

15

WO 03/032289

PCT/US02/31979

*What is claimed is:***CLAIMS**

1. A method for triggering haptic sensations from sound features detected in sound output from a computer, said haptic sensations able to be delivered to a user of a haptic feedback device in communication with said computer, the method comprising:
 - storing a portion of sound data that is output to a user as audio from an application program running on said computer, wherein said portion of sound data is stored in a memory buffer of said computer;
 - analyzing said portion of sound data using intelligent heuristics to extract at least one sound feature from said portion of sound data; and
 - triggering the execution of at least one haptic effect based on said at least one sound feature, wherein said at least one haptic effect is commanded to said haptic feedback device approximately correlated to said output of said portion of sound data to said user as audio, said haptic effect causing a haptic sensation to be output to said user.
2. A method as recited in claim 1 wherein said analyzing said portion of said sound data includes processing said sound data into a plurality of different frequency ranges and extracting said sound feature from each of said frequency ranges.
3. A method as recited in claim 2 wherein a haptic effect is associated with each of said frequency ranges if said sound feature is present in said frequency range.
4. A method as recited in claim 2 wherein said processing said sound data into a plurality of different frequency ranges includes applying a plurality of filters to said portion of sound data.
5. A method as recited in claim 4 wherein at least one low-pass filter, at least one high-pass filter, and at least one bandpass filter is applied to said portion of sound data to provide at least three frequency ranges.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

6. A method as recited in claim 2 wherein said processing said sound data into a plurality of different frequency ranges includes using a fast Fourier transform (FFT).

7. A method as recited in claim 6 wherein a number of outputs from said fast Fourier transform are grouped to provide each of said frequency ranges.

5 8. A method as recited in claim 4 wherein each of said frequency ranges is associated with a different haptic sensation.

9. A method as recited in claim 8 wherein each of said frequency ranges is associated with a periodic haptic sensation having a different frequency.

10 10. A method as recited in claim 1 wherein said at least one haptic effect triggered by said at least one sound feature was previously mapped to said at least one sound feature.

11. A method for providing haptic effects based on sound data played by a computer, said haptic effects able to be output as haptic sensations to a user of a haptic feedback device in communication with said computer, the method comprising:

15 storing a portion of said sound data that is output from an application program running on said computer, wherein said portion of sound data is stored in a memory buffer of said computer;

20 analyzing said portion of sound data using intelligent heuristics to extract at least one high-level sound feature from said portion of sound data, wherein said at least one high-level sound feature in said portion of sound data has been associated with at least one high-level haptic effect; and

commanding said associated at least one haptic effect to be output approximately when said associated sound feature is played by said application program.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

12. A method as recited in claim 11 wherein said analyzing said portion of said sound data includes processing said sound data into a plurality of different frequency ranges and extracting said sound feature from each of said frequency ranges.

13. A method as recited in claim 12 wherein a haptic effect is associated with each of said frequency ranges having said sound feature.

14. A method as recited in claim 12 wherein said processing said sound data into a plurality of different frequency ranges includes applying a plurality of filters to said portion of sound data.

15. A method as recited in claim 12 wherein said processing said sound data into a plurality of different frequency ranges includes using a fast Fourier transform (FFT).

16. A method as recited in claim 15 wherein a number of outputs from said fast Fourier transform are grouped to provide each of said frequency ranges.

17. A method as recited in claim 13 wherein each of said frequency ranges is associated with a different haptic effect.

18. A method as recited in claim 17 wherein each of said frequency ranges is associated with a periodic haptic effect having a different frequency.

19. A method as recited in claim 11 wherein said commanded at least one haptic effect is output as a haptic sensation to said user by said haptic feedback device.

20. A method as recited in claim 11 wherein said commanded haptic effect is not output to said user but is stored in memory of said computer as a created haptic effect.

21. A computer readable medium including program instructions for providing haptic sensations correlated with sound output from a computer to a user of a haptic feedback device in communication with said computer, the program instructions performing steps comprising:

WO 03/032289

PCT/US02/31979

storing a portion of sound data that is to be output to a user as audio from an application program running on said computer, wherein said sound data is stored in a memory buffer of said computer;

analyzing said portion of sound data to extract at least one sound feature from
5 said portion of sound data; and

assigning at least one haptic effect to said at least one sound feature, wherein said at least one haptic effect is commanded to said haptic feedback device approximately during said output of said portion of said sound to said user as audio, said haptic effect causing a haptic sensation to be output to said user.

10 22. A computer readable medium as recited in claim 21 wherein said analyzing said portion of said sound data includes processing said sound data into a plurality of different frequency ranges and extracting said sound feature from each of said frequency ranges.

15 23. A computer readable medium as recited in claim 22 wherein a haptic effect is associated with each of said frequency ranges if said sound feature is present in said frequency range.

24. A computer readable medium as recited in claim 22 wherein said processing said sound data into a plurality of different frequency ranges includes applying a plurality of filters to said portion of sound data.

20 25. A computer readable medium as recited in claim 22 wherein said processing said sound data into a plurality of different frequency ranges includes using a fast Fourier transform (FFT).

26. A computer readable medium as recited in claim 24 wherein each of said frequency ranges is associated with a different haptic sensation.

WO 03/032289

PCT/US02/31979

27. A computer readable medium as recited in claim 21 wherein said at least one haptic effect commanded to said haptic feedback device was previously mapped to said at least one sound feature.

28. An apparatus for triggering haptic sensations from sound features detected
5 in sound output from a computer, said haptic sensations able to be delivered to a user of a haptic feedback device in communication with said computer, the apparatus comprising:

means for storing a portion of sound data that is output to a user as audio from
an application program running on said computer, wherein said portion of sound data is
10 stored in a memory buffer of said computer;

means for analyzing said portion of sound data using intelligent heuristics to
extract at least one sound feature from said portion of sound data; and

means for triggering the execution of at least one haptic effect based on said at
least one sound feature, wherein said at least one haptic effect is commanded to said
15 haptic feedback device approximately correlated to said output of said portion of sound
data to said user as audio, said haptic effect causing a haptic sensation to be output to
said user.

1/5

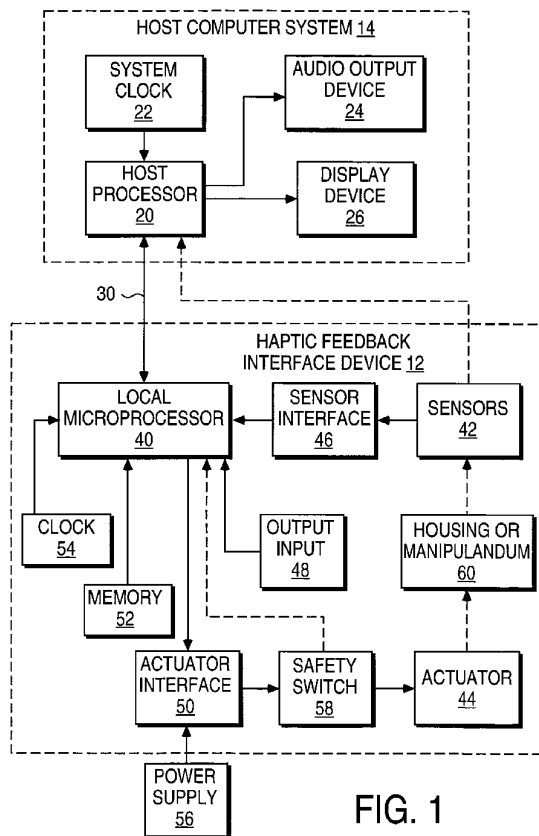
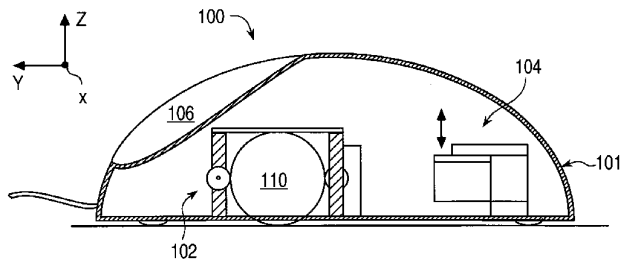


FIG. 1

WO 03/032289

PCT/US02/31979

2/5



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/032289

PCT/US02/31979

3/5

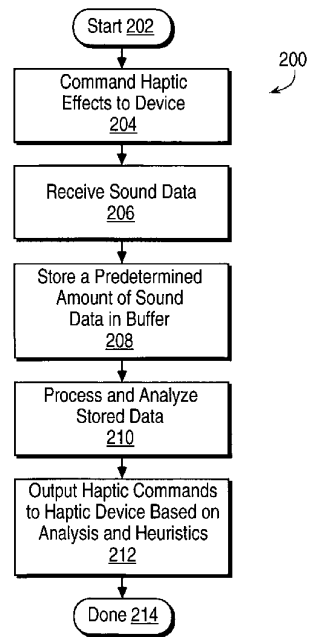


FIG. 3

4/5

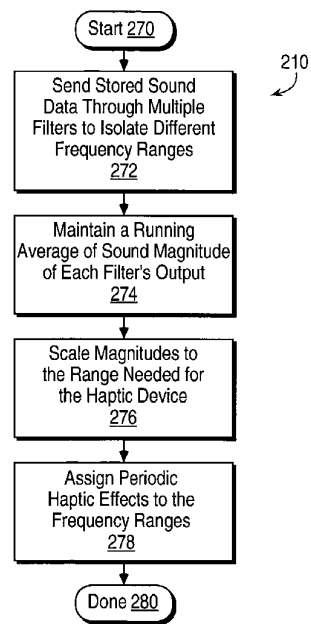


FIG. 4

5/5

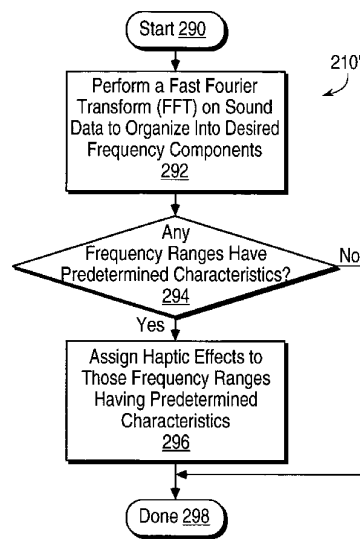


FIG. 5

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US02/31979
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) : G09G 5/00 US CL : 345/156 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) U.S. : Please See Continuation Sheet 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) Please See Continuation Sheet		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,651,070 A (BLUNT) 22 July 1997 (22.07.1997), figures 2, 4, and 5, column 1, lines 59 - column 2, lines 30.	1-28
A	US 6,139,324 A (ROY ET AL.) 31 October 2000 (31.10.2000), figures 1 and 3 item 30, column 1, lines 55- column 2 line 67.	1
Y	US 6,285,351 B1 (CHANG et al.) 04 September 2001 (04.09.2001), figures 1 and 8, column 2, lines 21-32, 54-60, column 13, line 65- column 16 line 20.	1-28
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step within the document is taken alone	
B earlier application or patent published on or after the international filing date	*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	
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)	*G* document member of the same patent family	
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		
Date of the actual completion of the international search 13 November 2002 (13.11.2002)	Date of mailing of the international search report 12 DEC 2002	
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703)305-3230	Authorized officer PAUL BELL <i>Rugenia Zagan</i> Telephone No. 703-305-3019	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US02/31979

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 1:

345/156, 701, 702, 978; 273/148B; 340/407.1, 407.2; 381/56, 58, 151, 301, 320; 434/112, 114, 307R; 463/30, 35; 704/271, 276;

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

EAST search terms: sound, audio, auditory, soundtrack, audiotrack, tactile, haptic, force feedback, vibrotactile, vibration, vibratory.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N O,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

マッキントッシュ

フロッピー