

FIG. 1D

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

キーボードであって、該キーボードは：

タッチを検出するための複数のキーボードスイッチであって、各キーボードスイッチは：

キーベース；

キーベースに対して少なくとも部分的に動かせるキーカバー；

送信アンテナおよび受信アンテナであって、送信アンテナのいかなる部分も受信アンテナのいずれの部分にも接触しないように離間している、送信アンテナおよび受信アンテナ；を含み、

10

複数のキーボードスイッチであって、複数のキーボードスイッチのそれぞれが 1 つの論理行および 1 つの論理列に関連付けられ、および少なくとも 1 つの行 / 列のペアによって一意に識別されるように、N 個の論理行および M 個の論理列に編成される、複数のキーボードスイッチと；

N 個の論理行のそれぞれに関連付けられた複数のキーボードスイッチのそれぞれについて、送信アンテナに導電接続されている N 個の信号エミッタであって、そのそれぞれが、それに関連付けられる送信アンテナのそれぞれに、1 つ以上のソース信号を送信させるのに適した、N 個の信号エミッタと；

M 個の論理列のそれぞれに関連付けられた複数のキーボードスイッチのそれぞれについて、受信アンテナに接続されている M 個の受信機であって、そのそれぞれが、接続された受信アンテナ上に存在する信号のフレームを捕捉するのに適した M 個の受信機と；信号プロセッサと、を含み、

20

該信号プロセッサは；

(i) 各フレームから測定値を判定するように適しており、各測定値は、対応するフレームが受信された時間中に受信アンテナ上に存在する 1 つ以上のソース信号の量に対応し；および、

(i i) 複数のキーボードスイッチのそれぞれについて、一連のタッチ状態からキーボードスイッチのタッチ状態を判定するように適しており、キーボードスイッチのタッチ状態は、対応する測定値に少なくとも部分的に基づいており、一連のタッチ状態のうちの少なくとも 1 つは、完全に押下されたキーに対応する、キーボード。

30

【請求項 2】

1 つ以上のソース信号のそれぞれは、1 つ以上のソース信号と互いに周波数直交している、請求項 1 に記載のキーボード。

【請求項 3】

一連のタッチ状態は一連の少なくとも 4 つの状態である、請求項 1 に記載のキーボード。

【請求項 4】

一連のタッチ状態のうちの少なくとも 1 つがホバー状態に対応する、請求項 3 に記載のキーボード。

【請求項 5】

40

一連のタッチ状態のうちの少なくとも 1 つがホバーではない状態に対応する、請求項 4 に記載のキーボード。

【請求項 6】

完全に押下されたキーの状態と一連のタッチ状態のうちの少なくとも 1 つの追加の状態とが、キー接触状態に対応する、請求項 5 に記載のキーボード。

【請求項 7】

一連のタッチ状態は一連の少なくとも 2 5 6 の異なる状態である、請求項 6 に記載のキーボード。

【請求項 8】

一連のタッチ状態のうちの複数のホバー状態に対応する、請求項 7 に記載のキーボード

50

。

【請求項 9】

一連のタッチ状態のうちの複数が接触状態に対応する、請求項 7 に記載のキーボード。

【請求項 10】

該キーボードが：

複数のキーボードスイッチのうちの少なくとも 1 つに関連付けられるさらなる送信アンテナであって、そのいかなる部分も、複数のキーボードスイッチのうちの少なくとも 1 つの送信アンテナまたは受信アンテナのいずれの部分にも接触しないように配置される、さらなる送信アンテナと；

さらなる送信アンテナに導電接続されたさらなる信号エミッタであって、さらなる送信アンテナに 1 つ以上の追加の信号を送信させるのに適しており、1 つ以上の追加の信号は、1 つ以上のソース信号と互いに周波数直交している、さらなる信号エミッタと；

信号プロセッサと、をさらに含み、

該信号プロセッサはさらに；

(i) 各フレームから追加の測定値を判定するのに適しており、各追加の測定値は、対応するフレームが受信された時間中に受信アンテナ上に存在する 1 つ以上の追加の信号の量に対応し；および、

(i i) 複数のキーボードスイッチのそれぞれについて、少なくとも部分的に、対応する各追加の測定値にも基づいてキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのに適している、請求項 1 に記載のキーボード。

【請求項 11】

該キーボードは：

複数のキーボードスイッチのうちの 1 つに関連付けられるさらなる受信アンテナと；さらなる受信アンテナに導電接続されたさらなる受信機であって、接続されたさらなる受信アンテナ上に存在するさらなる信号のフレームを捕捉するのに適している、さらなる受信機と；

さらなる受信アンテナのいかなる部分も複数のキーボードスイッチのうちの 1 つに関連付けられる送信アンテナまたは受信アンテナのいずれの部分にも接触しないように配置される、さらなる受信アンテナと；

信号プロセッサと、をさらに含み、

該信号プロセッサはさらに；

(i) さらなるフレームからさらなる測定値を判定するのに適しており、さらなる測定値は、さらなるフレームが受信された時間中にさらなる受信アンテナ上に存在する 1 つ以上のソース信号の量に対応し；および、

(i i) 少なくとも部分的に、さらなる測定値にも基づいて複数のキーボードスイッチのうちの一つについてのキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのに適している、請求項 1 に記載のキーボード。

【請求項 12】

N は 1 であり、M は 1 より大きい、請求項 1 に記載のキーボード。

【請求項 13】

M は 1 であり、N は 1 より大きい、請求項 1 に記載のキーボード。

【請求項 14】

M および N が両方とも 1 より大きい、請求項 1 に記載のキーボード。

【請求項 15】

タッチを検出するためのキーボードスイッチであって、該キーボードスイッチは：

キーベースと；

キーベースに対して動かせるキーカバーと；

送信アンテナおよび受信アンテナであって、送信アンテナのいかなる部分も受信アンテナのいずれの部分にも接触しないように離間している、送信アンテナおよび受信アンテナと；

送信アンテナに導電接続され、送信アンテナにソース信号を送信させるのに適している信号エミッタと；

受信アンテナに接続され、受信アンテナ上に存在する信号のフレームを捕捉するのに適している信号受信機と；

信号プロセッサと、を含み、

該信号プロセッサは；

(i) フレームから測定値を判定するのに適しており、測定値は、対応するフレームが受信された時間中に受信アンテナ上に存在するソース信号の量に対応し；および、

(i i) 一連のタッチ状態からキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのに適しており、キーボードスイッチのタッチ状態は少なくとも部分的に測定値に基づいており、一連のタッチ状態のうちの少なくとも1つは、完全に押下されたキーに対応する、キーボードスイッチ。

10

【請求項 16】

信号エミッタはさらに、送信アンテナにソース信号と同時に追加の信号を送信させるのに適しており、追加のソース信号およびソース信号は互いに直交しており、および、

信号プロセッサはさらに；

(i) フレームから追加の測定値を判定するのに適しており、追加の測定値は、対応するフレームが受信された時間中に受信アンテナ上に存在する追加のソース信号の量に対応し；および、

(i i) 少なくとも部分的に追加の測定値にも基づくキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのに適している、請求項 15 に記載のキーボードスイッチ。

20

【請求項 17】

直交信号のそれぞれは他の直交信号のそれぞれに対し周波数直交である、請求項 16 に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 18】

キーカバーがキーベースに対して動かされる時、送信アンテナおよび受信アンテナは静止したままである、請求項 15 に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 19】

キーカバーがキーベースに対して動かされる時、送信アンテナおよび受信アンテナの少なくとも1つは互いに対して動く、請求項 15 に記載のキーボードスイッチ。

30

【請求項 20】

該キーボードスイッチはさらに；

キーボードスイッチに関連付けられる第2の送信アンテナであって、第2の送信アンテナのいかなる部分も、送信アンテナまたは受信アンテナのいずれの部分にも接触しないように、送信アンテナおよび受信アンテナから離間している、第2の送信アンテナと；

第2の送信アンテナに導電接続された第2の信号エミッタであって、第2の送信アンテナに追加のソース信号を送信させるのに適しており、追加のソース信号はソース信号と直交している、第2の信号エミッタと；

信号プロセッサと、をさらに含み、

該信号プロセッサはさらに；

(i) フレームから追加の測定値を判定するのに適しており、追加の測定値は、対応するフレームが受信された時間中に受信アンテナ上に存在する追加のソース信号の量に対応し；および、

(i i) 少なくとも部分的に追加の測定値に基づいてキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのに適している、請求項 15 に記載のキーボードスイッチ。

40

【請求項 21】

キーカバーは可撓性があり、キーカバーの一部のみがキーベースに対して動かせる、請求項 15 に記載のキーボード。

【請求項 22】

該キーボードスイッチはさらに、

50

キーボードスイッチに関連付けられる第２の受信アンテナであって、第２の受信アンテナのいかなる部分も、送信アンテナまたは受信アンテナのいずれの部分にも接触しないように、送信アンテナおよび受信アンテナから離間している、第２の受信アンテナと；および、

第２の受信アンテナに接続された第２の信号受信機であって、第２の受信アンテナ上に存在する信号の第２のフレームを捕捉するのに適した第２の信号受信機と；

信号プロセッサと、をさらに含み、

該信号プロセッサはさらに；

(i) 第２のフレームから追加の測定値を判定するのに適しており、追加の測定値は、対応する第２のフレームが受信された時間中に第２の受信アンテナ上に存在するソース信号の量に対応し；および、

(i i) 少なくとも部分的に追加の測定値に基づいてキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのに適している、請求項 １５に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 ２３】

信号受信機および第２の信号受信機は同じコンポーネントの一部である、請求項 ２２に記載のキーボード。

【請求項 ２４】

信号受信機、第２の信号受信機、および、信号プロセッサは同じコンポーネントの一部である、請求項 ２３に記載のキーボード。

【請求項 ２５】

静電容量性のタッチ検出に使用するためのキーボードスイッチであって、該キーボードスイッチは：

キーベースと；

キーベースに支持される第１のアンテナであって、第１の信号コンポーネントに導電接続されるのに適している第１のアンテナと；

キーベースに支持される第２のアンテナであって、第２の信号コンポーネントに導電接続されるのに適しており、第２のアンテナのいかなる部分も第１のアンテナのいずれの部分にも接触しないように配置される、第２のアンテナと；

キーベースによって動作可能に支持されるキーカバーであって、第１および第２のアンテナに対して動かすことができ、キーベースから離れた伸長位置に向かって付勢されている、キーカバーと；を含み、

第１の信号コンポーネントおよび第２の信号コンポーネントのそれぞれは、信号エミッタおよび信号受信機からなる群から選択され；

タッチは、第１のアンテナおよび第２のアンテナに近接している静電容量性のオブジェクトの影響から検出される、キーボードスイッチ。

【請求項 ２６】

第１の信号コンポーネントは信号エミッタであり、第２の信号コンポーネントは信号受信機である、請求項 ２５に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 ２７】

第１の信号コンポーネントは信号受信機であり、第２の信号コンポーネントは信号エミッタである、請求項 ２５に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 ２８】

第２の信号アンテナは、第２のアンテナが第１のアンテナを少なくとも部分的に囲むように配置される、請求項 ２５に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 ２９】

キーカバーの下面に貼り付けられた導電性基板をさらに含む、請求項 ２５に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 ３０】

第１のアンテナを導電性基板と導電接続させる導電性スプリングをさらに含む、請求項 ３５に記載のキーボードスイッチ。

10

20

30

40

50

【請求項 3 1】

導電性基板は、第 3 の信号コンポーネントに導電接続され、第 3 の信号コンポーネントは、信号エミッタおよび信号受信機からなる群から選択される、請求項 2 9 に記載のキーボードスイッチ。

【請求項 3 2】

静電容量性のタッチ検出キーボードであって、該キーボードは：

キーベースと；

第 1 のアンテナ層に導電接続され、キーベースに支持される複数の第 1 のアンテナであって、複数の第 1 のアンテナのそれぞれが N 個の論理行のうちの 1 つに関連付けられ；

N 個の論理行のそれぞれ 1 つに関連付けられた複数の第 1 のアンテナのそれぞれは、第 1 のアンテナ層上で、N 個の論理行のうちの同じ 1 つに関連付けられた複数の第 1 のアンテナと互いに導電接続され、N 個の論理行のそれぞれは、N 個の第 1 の信号コンポーネントのうちの 1 つに導電接続されるのに適している、複数の第 1 のアンテナと；

第 2 のアンテナ層に導電接続され、キーベースに支持される複数の第 2 のアンテナであって、複数の第 2 のアンテナのそれぞれが、M 個の論理列のうちの 1 つに関連付けられ、第 2 のアンテナのいかなる部分も任意の第 1 のアンテナのいずれの部分にも接触しないように配置され；

M 個の論理列のそれぞれ 1 つに関連付けられた複数の第 2 のアンテナのそれぞれは、第 2 のアンテナ層上で、M 個の論理列のうちの同じ 1 つに関連付けられた複数の第 2 のアンテナと互いに導電接続され、M 個の論理列のそれぞれは、M 個の第 1 の信号コンポーネントのうちの 1 つに導電接続されるのに適している、複数の第 2 のアンテナと；

キーベースに動作可能に支持される複数のキーカバーであって、そのそれぞれが、第 1 のアンテナ層に対して動かすことができ、キーベースから離れた伸長位置に向かって付勢されている、複数のキーカバーと；を含み、

第 1 の信号コンポーネントおよび第 2 の信号コンポーネントのそれぞれは、信号エミッタおよび信号受信機からなる群から選択され；

タッチは、複数の第 1 のアンテナおよび第 2 のアンテナに近接している静電容量性のオブジェクトの影響から検出される、

キーボード。

【請求項 3 3】

第 1 の信号コンポーネントは信号エミッタであり、第 2 の信号コンポーネントは信号受信機である、請求項 3 2 に記載のキーボード。

【請求項 3 4】

第 1 の信号コンポーネントは信号受信機であり、第 2 の信号コンポーネントは信号エミッタである、請求項 3 2 に記載のキーボード。

【請求項 3 5】

複数のキーカバーのそれぞれの下面に貼り付けられた導電性基板をさらに含む、請求項 3 2 に記載のキーボード。

【請求項 3 6】

複数の導電性スプリングであって、そのそれぞれが複数の第 1 のアンテナのそれぞれ 1 つと複数の導電性基板のそれぞれ 1 つとを導電接続させる、複数の導電性スプリングをさらに含む、請求項 3 5 に記載のキーボード。

【請求項 3 7】

複数の信号受信機のそれぞれは、接続されたアンテナ上に存在する信号のフレームを同時に捕捉するのに適しており、

キーボードはさらに、信号プロセッサを含み、

該信号プロセッサは；

(i) 各フレームから測定値を判定するのに適しており、各測定値は、フレームが受信された時間中に接続されたアンテナ上に存在する信号の量に対応し；および、

(i i) 各信号受信機に接続されたアンテナのそれぞれについて、一連のタッチ値から

10

20

30

40

50

タッチ値を判定するのに適しており、タッチ値は少なくとも部分的に、対応する測定値に基づいている、請求項 29 に記載のキーボード。

【請求項 38】

一連のタッチ値の複数のタッチ値は、ホバーである静電容量性のオブジェクトの近接に対応し、複数のタッチ値のそれぞれは、キーカバーと静電容量性のオブジェクトとの間の距離に対応する、請求項 37 に記載のキーボード。

【請求項 39】

一連のタッチ値の別の複数のタッチ値は、キーカバーと接触している静電容量性のオブジェクトの近接に対応し、および、複数のタッチ値のそれぞれはキーカバーがその伸長位置から動かされる距離に対応する、請求項 38 に記載のキーボード。

10

【請求項 40】

一連のタッチ値のタッチ値のうちの少なくとも 1 つが、完全に押下されたキーカバーに対応する、請求項 39 に記載のキーボード。

【請求項 41】

一連のタッチ値の複数のタッチ値は、静電容量性のオブジェクトによって加えられるキーカバー上の圧力に対応し、複数のタッチ値のそれぞれは、キーカバー上の異なる圧力に対応する、請求項 37 に記載のキーボード。

【請求項 42】

各信号受信機に接続されたアンテナのそれぞれに対するタッチ値を受信するのに適し、受信したタッチ値に基づいて複数の第 1 および第 2 のアンテナに近接している静電容量性のオブジェクトをモデル化するのに適しているモジュールをさらに含む、請求項 37 に記載のキーボード。

20

【請求項 43】

タッチは、各信号受信機に接続されたアンテナのそれぞれについてのタッチ値に対応するヒートマップを提供することによってモデル化される、請求項 42 に記載のキーボード。

【請求項 44】

タッチは、検出された静電容量性のタッチを作成するオブジェクトのモデルを提供することによってモデル化される、請求項 43 に記載のキーボード。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本開示のシステムは、概してユーザ入力の分野に関し、特に、ホバーおよび圧力を含むタッチにセンシティブなキーボードとキーボードスイッチに関する。

【背景技術】

【0002】

既知の方法には、概して、キーが押下された時を判定するのにキー内の接触のみに依存しているという欠点がある。本明細書に開示されるように、ホバー、接触およびキー押下情報を感知し、そしてユーザのジェスチャーおよびインタラクションを理解するために利用可能な情報を有する能力は、タッチデバイスとインタラクトするための無数の可能性を導入する。

40

【図面の簡単な説明】

【0003】

本開示の前述および他の目的、特徴、および利点は、添付の図面で例証されるような実施形態の以下の特定の記載から明白になるであろう。図中、参照文字は図面全体にわたって同一の部品を指す。図面は必ずしも同一縮尺である必要はなく、その代わりに開示された実施形態の例証原則に重点が置かれている。

【図 1 A】図 1 A は、従来のスタイルのキーボードでの使用のためのキーボードスイッチの典型的な実施形態の斜視図を示す。

【図 1 B】図 1 B は、キーカバーのない例示的なキーボードスイッチの斜視図を示す。

50

【図 1 C】図 1 C は、キーボードスイッチの左側面図を示す。

【図 1 D】図 1 D は、キーボードスイッチの断面の右側面図を示す。

【図 2 A】図 2 A および 2 B は、図 1 A - 1 D に示される例示的なキーボードスイッチを使用するキーボードの例示的な送信層を示す。

【図 2 B】図 2 B は、図 1 A - 1 D に示される例示的なキーボードスイッチを使用するキーボードの例示的な受信層を示す。

【図 3 A】図 3 A は、キーボードスイッチの別の例示的な実施形態を示す。

【図 3 B】図 3 B は、キーボードスイッチの別の例示的な実施形態を示す。

【図 4 A】図 4 A は、キーボードスイッチの別の例示的な実施形態をさらに示す。

【図 4 B】図 4 B は、キーボードスイッチの別の例示的な実施形態をさらに示す。

【図 5】図 5 は、キーボードスイッチのさらなる例示的な実施形態を示す。

【図 6】図 6 は、キーボードスイッチのなおさらなる例示的な実施形態を示す。

【図 7】図 7 は、キーボードと、それに接近して位置しているユーザの手を示し、および、例示的なキーボードでのユーザの手のポジショニングおよび近接に対応するように、例示されるキーボードにコンピュータで生成されたヒートマップを重ね合わせたそのキーボードの図を示す。

【図 8】図 8 は、例示的なキーボードとそれに接近して位置しているユーザの手の別の図を示し、および、コンピュータで生成されたヒートマップを上を重ね合わせたそのキーボードの図を示す。

【図 9】図 9 は、ユーザの視界と特徴があるキーボードの現実世界での見え方とのハイブリッドを示す図である。

【図 10】図 10 は、ユーザの視界と特徴が薄いキーボードの現実世界での見え方とのハイブリッドを示す図である。

【図 11】図 11 は、特徴があるキーボードの例示的な実施形態を示す。

【図 12 A】図 12 A は、特徴のあるキーボードの例示的なセンサ範囲を示す。

【図 12 B】図 12 B は、特徴のあるキーボードのセンサ範囲内のユーザの指および手のヒートマップの例を示す。

【図 12 C】図 12 C は、仮想現実または拡張現実においてキーボード上に再構築された、ユーザの指、手および手首の例および視覚的状况を示す。

【図 13】図 13 は、ユーザの視界と、ユーザの仮想現実または拡張現実の視界中に浮かぶツールチップを表示するキーボードの現実世界の見え方と、のハイブリッドを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0004】

本出願は、2016年2月29日に出願された米国特許出願第15/056,805号「Alterable Ground Plane for Touch Surfaces」、および、2014年9月18日に提出された米国特許出願第14/490,363号「Systems and Methods for Providing Response to User Input Using Information About State Changes and Predicting Future User Input」中で開示された高速マルチタッチセンサおよび他のインターフェースなどのユーザインターフェースに関する。これらの出願の全開示物は引用することによって本明細書に組み込まれる。

【0005】

様々な実施形態において、本開示は、ホバー、接触、圧力に対しセンシティブなキーボード、および、現実世界、仮想現実、拡張現実の環境におけるこれらの適用を対象とする。本明細書の技術は、概して、メンブレンキーボード、ドームスイッチキーボード、シザースwitchキーボード、静電容量キーボード、メカニカルスイッチキーボード、バックリングスプリングキーボード、ホール効果キーボード、レーザー投影キーボード、ロールアップキーボード、および光学キーボード技術を含むがこれに限定されない、全てのタイプ

10

20

30

40

50

のキーボードに適用されることが当業者に理解されよう。

【0006】

この開示全体にわたり、「ホバー」、「タッチ」、「タッチ（複数）」、「接触」、「接触（複数）」、「圧力」、「圧力（複数）」という用語または他の記述語は、ユーザの指、スタイラス、オブジェクトまたは体の一部がセンサによって検知される時のイベントまたは期間について記述するために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、概して単語「接触」によって表されるように、これらの検出は、ユーザがセンサまたはセンサが実装されているデバイスと物理的に接触しているときに行われる。他の実施形態では、概して用語「ホバー」に参照されるように、センサは、タッチ面より上で距離をおいてホバリングしているか、そうでなければタッチセンシティブデバイスから離れている、「タッチ」の検出を可能にするように調整され得る。本明細書に使用されるように、「タッチ面」はキーボードまたはキーを含む；しかしながら、容易に理解されるように、タッチ面は実際のキーまたは特徴がない場合があり、一般的に特徴の薄い面である可能性がある。検出された物理的接触への依存を意味するこの記載内での言葉の使用は、記載された技術がこれらの実施形態にのみ適用されることを意味すると解釈されるべきではない。実際に、本明細書に記載されていることは、概して「接触」および「ホバー」にも等しく当てはまり、これらはそれぞれ「タッチ」である。より一般的には、本明細書に使用されるように、「タッチ」という用語は、本明細書に開示されている種類のセンサによって検出されうる動作を指し、したがって、本明細書で使用される「ホバー」という用語は、「タッチ」が本明細書で意図されているという意味で「タッチ」の一種である。「圧力」は、「接触」、すなわちユーザがキーまたは他の面に自分の指または手を押しつける力、の圧力を指す。「圧力」の量は同様に「タッチ」の尺度（a measure）である。押下されたキーは「タッチ」さらなる一種であり、したがって、一般に、本明細書に記述されるように、「タッチ」は「ホバー」、「接触」、および完全に押下されたキーの状態を指し、一方、「タッチ」がないこと（lack of touch）は、一般に、センサによる正確な測定のための閾値を下回る信号によって識別される。

10

20

【0007】

本明細書において、特に請求項で使用されるように、第1や第2といった序数詞は、それ自体では順序、時間、または一意性を暗示することを意図したものではなく、特許請求されている構成を別の構成と区別するために使用される。文脈が指示するいくつかの用途では、これらの用語は第1および第2が一意であることを暗示し得る。例えば、あるイベントが第1の時間で生じ、別の出来事が第2の時間で生じる場合、第1回目が第2回目の前に発生するという意図的な意味はない。しかしながら、第2回目が第1回目の後にあるというさらなる制限が請求項で示されている場合、文脈上、第1回目と第2回目は一意の時間であると読む必要がある。同様に、文脈がそのように指示しまたは許可する場合、順序の用語は、2つの特定される請求項の構成が同じ特徴または異なる特徴であり得るように広く解釈されることを意図される。したがって、例えば、さらなる制限がない場合、第1の周波数および第2の周波数は同じ周波数であってもよく、例えば、第1の周波数は10 MHzであり、第2の周波数は10 MHzであり；または、異なる周波数であってもよく、例えば、第1の周波数は10 MHzであり、第2の周波数は11 MHzである。そうではないと文脈によって示すことができ、例えば、第1および第2の周波数が互いに直交するとさらに限定される場合、この場合には、これらが同じ周波数であることはできないだろう。

30

40

【0008】

本開示のシステムは、静電容量式タッチセンサ、特に、限定されないが周波数分割多重化（FDM）、符号分割多重化（CDM）、または、FDMとCDMの方法の両方を組み合わせるハイブリッド変調技術などの直交信号に基づく多重スキームを利用する静電容量式タッチセンサの設計、製造、使用を提供する。本明細書における周波数への言及はまた、他の直交信号ベースを指すこともあり得る。そのため、本出願は、2013年3月15日に出願された出願人の先の米国特許出願第13/841,436号「Low-Late

50

ncy Touch Sensitive Devic」、および、2013年11月1日に出願された米国特許出願第14/069,609号「Fast Multi-Touch Post Processing」を参照により組み込む。これらの出願は、本開示のセンサと組み合わせて使用されうる、静電容量式FDM、CDMまたはFDM/CDMハイブリッドのタッチセンサを企図する。そのようなセンサにおいて、行からの信号が列に結合(couple)(増加)または分離(decouple)(減少)され、その結果がその列で受信されると、タッチが検出される。

【0009】

本開示は、設計、製造および使用のための本システムおよび方法が適用され得る高速マルチタッチセンサの動作を最初に説明する。次いで、ホバー、接触、圧力にセンシティブなキーボードに関する本開示のシステムの詳細が、「キーボードの実施形態」という見出しの下でさらに記載される。

10

【0010】

本明細書に使用されるように、「タッチイベント」というフレーズおよび「タッチ」という単語は、名詞として使用された時、ニアタッチ、ニアタッチイベント、またはセンサを使用して識別される他のジェスチャー、を含む。実施形態によれば、タッチイベントは、例えば約10ミリ秒以下または約1ミリ秒未満の非常に低いレイテンシで、検出され、処理され、そして下流の計算プロセスに供給され得る。

【0011】

一実施形態では、開示された高速マルチタッチセンサは、タッチイベントの高い更新速度および低いレイテンシ測定値のために強化された投影型の静電容量式の方法(projected capacitive method)を利用する。この技術は、並列ハードウェアおよびより高い周波数の波形を使用して上記の利点を得ることができる。一実施形態では、開示される方法および装置はセンシティブでロバストな測定を行なうために使用することができ、その方法は透明な表示面上で使用されてもよく、および、この技術を利用する製品の経済的な生産を可能にしうる。一実施形態では、開示される方法および装置は、従来のキーボード、メンブレンキーボード、および、キーを有する他のキーボード、ならびに特徴の薄いまたはハプティクス(haptics)な打鍵面、および様々なキーボードスイッチ(即ちキー)上で使用されてもよく、および、この技術を利用する製品の経済的な生産を可能にしうる。この点では、本明細書に使用されるような「静電容量性のオブジェクト」は、指、人体の他の部分、スタイラス、または、センサがセンシティブな任意のオブジェクトでありえる。本明細書に開示されるセンサと方法は、静電容量に依存する必要はない。例えば光センサに対して、そのような実施形態はフォトントンネリングおよびリーキング(photon tunneling and leaking)を利用してタッチイベントを感知し、および、本明細書で使用される「静電容量性のオブジェクト」は、そのような感知が可能なスタイラスまたは指などの任意のオブジェクトを含む。同様に、本明細書に使用されるような「タッチ位置」および「タッチセンシティブデバイス」は、静電容量性のオブジェクトと本開示のセンサとの間の実際タッチ接触を必要としない。

20

30

【0012】

2014年3月17日に出願された米国特許出願第14/216,948号「Fast Multi-Touch Stylus and Sensor」に記載されているように、高速マルチタッチセンサはユニットの行の各々に異なる信号を送信する。この出願の開示全体が参照により本明細書に組み込まれる。信号は、概して「直交(orthogonal)」であるように設計され、即ち、互いに分離可能かつ区別可能である。受信機がユニットの任意に指定される列の各々に付けられる。受信機は、他の信号および/またはノイズの有無にかかわらず、任意の送信信号またはそれらの任意の組み合わせを受信し、尺度、例えばカラムの上に存在する直交送信信号のそれぞれに対する量、を個別に判定するように設計される。センサのタッチ面は、それに沿って直交信号が電波することができ一連の行および列を含む。一実施形態では、行と列は、それらがタッチイベントにさ

40

50

らされないときには、ある量の信号がそれらの間に結合されるのに対して、それらがタッチイベントにさらされるときには、別の量の信号がそれらの間に結合されるように設計される。一実施形態では、より少量の信号がタッチイベントを表わすこともあれば、より多量の信号がタッチが無いことを表わすこともある。タッチセンサは接続 (coupling) の変化によりタッチを最終的に検出するため、そうでなければ特定の実施形態に明らかでありうる理由を除き、タッチ関連の接続が、列に存在する行信号の量の増加または列に存在する行信号の量の減少を引き起こすかどうかは特に重要ではない。上に議論されるように、タッチまたはタッチイベントは物理的なタッチを必要とせず、結合された信号のレベルに影響を与えるイベントを必要とする。

【0013】

一実施形態では、一般的に、行と列の両方に近接しているタッチイベントの静電容量の結果は、列に結合されている行に存在する信号の量の無視できない変化を引き起こしうる。より一般的には、タッチイベントは列上に受信信号を引き起こし、したがってこれと対応している。行上の信号が直交しているので、複数の行信号が列に結合されることができ、受信機によって区別することができる。同様に、各行上の信号は複数の列に結合されることができる。所与の行に接続された各列について (そして接続が列上で行信号を増加または減少させるかどうかにかかわらず)、列上にある信号は、どの行がその列に近接してタッチされているかを示す情報を含む。受信される各信号の量は一般に、対応する信号を搬送する列と行との間の接続の量に関連し、したがって、タッチしているオブジェクトからタッチ面までの距離、タッチおよび / またはタッチの圧力によって覆われる面の面積を示す。

【0014】

行と列が同時にタッチされる場合、行上に存在する信号のうちのいくつかは、対応する列に結合される (結合が列上の行信号の増加または減少を引き起こしうる)。(上に議論されるように、タッチまたはタッチ (複数) という用語は、実際の物理的な接触というよりも、相対的な接近を必要とする) 確かに、タッチ装置の様々な実装では、行および / または列との物理的な接触は、行および / または列と指または他のタッチのオブジェクトとの間に保護用の障壁がある場合があるため、おこりそうにない。さらに、一般的に行および列自体は互いに接触せず、むしろ、ある量の信号がそれらの間で結合させるほど近くに配置され、その量はタッチにより (正または負に) 変化する。概して、行と列の接続の結果は、それらの間の実際の接触からもたらされるものではなく、指または他のタッチのオブジェクトからの実際の接触によってももたらされるものでもなく、むしろ、指 (または他のオブジェクト) の接近の静電容量の影響によってもたらされ、静電容量の影響をもたらすこの接近が本明細書でタッチと呼ばれる。

【0015】

2016年7月1日出願された米国特許出願第15/200,320号「Systems and Methods for Sensing Pressure in Touch Sensitive Devices」、この開示の全体が参照により本明細書に組み込まれるが、これに詳述されるように、実際の物理的な接触がある場合、指とタッチ面の間の接触領域のサイズおよび形と、表面に加えられた圧力の量と、の間に関係がある。人間の指は厳密なものではないので、一定の範囲で圧力に従って変形する。そのため、指の接触領域は、概して、高レベルの圧力がタッチ面に加えられる時はより大きく、低いレベルの圧力が加えられる時はより小さい。同様に、静電容量のタッチセンサ中の行および列の間の静電容量性結合に関して、加えられる圧力が大きいほど、静電容量性結合は高くなる。静電容量性結合の量は、タッチシステムの通常の操作方法によって推論することができる。一実施形態では、静電容量性結合の量の変化により行と列の間の測定された信号の強度が変わるだろう。より高いレベルの圧力により、より多くの皮膚、脂肪、筋肉、および組織がタッチ面に密着するようになり、人体のこれらの部分はコンダクタンスと誘電性を提供し、その結果、静電容量性結合が増加する。

【0016】

行と列の性質は任意であり、特定の配向は無関係である。実際、行と列という用語は、正方形のグリッドを指すことを意図しておらず、むしろ、信号が伝送される一組の導体（行）と、信号が接続されうる一組の導体（列）を指すことを意図している。（信号が行で送信され、列で受信されるという概念自体は任意であり、信号は、任意に列と名付けられた導体上で用意に送信され、任意に行と名付けられた導体上で受信することができ、または、両方を任意の名前にすることもできる。）さらに、行と列はグリッドにある必要がない。タッチイベントが「行」の一部と「列」の一部にタッチして、何らかの形の接続を引き起こす限り、他の形状も可能である。例えば、「行」は同心円にあってもよく、「列」は中心から外へと放射するスポークであってもよい。および、例えば、「行」と「列」のいずれも幾何学的や分布様式に従う必要はなく、従って、例えば、キーボード上のキーは、（相対的位置に関連している、または関連していない）行および列を形成するために任意に接続することができる。さらに、2つの信号伝搬チャネルしか存在しなくてもよく：行と列の代わりに、一実施形態では、チャネル「A」、「B」および「C」は提供されてもよく、ここにおいて「A」上で送信された信号は、「B」および「C」上で受信されることができ、またはある実施形態では、「A」および「B」上で送信された信号が「C」上で受信されうる。信号伝搬チャネルがかわるがわる機能して、時には送信をサポートし、時には受信をサポートすることも可能である。また、送信された信号が直交しており、したがって受信した信号から分離可能であるという条件で、信号伝搬チャネルは送信機および受信機を同時にサポートすることができると考えられる。単に「行」および「列」ではなく、3つ以上のタイプのアンテナ導体を使用することができる。多くの他の実施例が可能であり、本開示を考慮した後に当業者に明白になるであろう。

10

20

【0017】

上述のように、一実施形態では、タッチ面は、信号が伝搬する際に通ることができる一連の行および列から構成される。上記で議論されたように、行と列は、タッチされていない時には、ある量の信号がそれらの間に結合されるのに対して、タッチされている時には、別の量の信号がそれらの間に結合されるように設計される。それらの間で結合される信号の変化は、概して、タッチがイエス・ノー問題というよりもグラデーション的な問題であるように、タッチに比例または反比例し（必ずしも線形に比例しない）、より多くのタッチ（すなわち、より近いまたはより力強い）とより少ないタッチ（すなわち、より遠いまたはよりやさしい）との区別、およびさらにはタッチされていないことの区別さえも可能にする。さらに、異なる信号は行の各々へ送信される。一実施形態では、これらの異なる信号の各々は互いに直交している（すなわち、分離可能かつ区別可能である）。行と列が同時にタッチされる場合、行上で存在する信号は（正または負に）結合され、対応する列に多かれ少なかれ現れるようになる。列に結合される信号の量はタッチの接近、圧力または領域と関係しうる。

30

【0018】

受信機が各列に付けられている。受信機は、任意の直交信号、または直交信号の任意の組み合わせ、および存在する任意のノイズまたは他の信号を含む、列上に存在する信号を受信するように設計されている。概して、受信機は、列に存在する信号のフレーム（`a frame of signals`）を受信し、かつ信号を提供する列を識別するように設計される。実施形態では、受信機（または受信機データに関連付けられる信号プロセッサ）は、信号のフレームが捕捉された時間中にその列上に存在する直交送信信号のそれぞれの量に関連付けられる尺度を判定することができる。このようにして、各列に接する行の識別に加えて、受信機は、タッチに関する追加の（例えば質的な）情報を提供することができる。一般に、タッチイベントは列上で受信される信号に相当することがある（または、逆に相当することがある）。各列について、そこで受信された異なる信号は、対応する行のどれがその列に近接してタッチされているかを示す。一実施形態では、対応する行および列の間の接続の量は、例えばタッチ、タッチ圧力などによってカバーされた表面の領域を示しうる。一実施形態では、対応する行および列の間の経時的な接続の変化は、2つの交点でのタッチの変化を示す。

40

50

【 0 0 1 9 】

単純なシヌソイドの実施形態

一実施形態において、行に送信される直交信号は、未変調のシヌソイドであってもよく、その各々が異なる周波数を有しており、該周波数は、受信機において互いに区別され得るように選択される。一実施形態では、周波数は、受信機において互いにより容易に区別され得るように、それらの間に十分な間隔を設けるように選択される。一実施形態では、周波数は、選択された周波数間に単純な調波関係が存在しないように選択される。単純な調波関係がないことにより、1つの信号に別の信号を模倣させることができる非線形のアーチファクト (non-linear artifacts) を緩和し得る。

【 0 0 2 0 】

通常、隣接する周波数の間の間隔が一定であり、かつ最も高い周波数が最も低い周波数の2倍未満である場合の周波数の「コム (comb)」は、周波数間隔である f が、測定期間の少なくとも逆数である場合に、これらの基準を満たすであろう。例えば、どの行の信号が1ミリ秒 () につき1回存在するかを判定するために、(例えば、列からの) 信号の組み合わせを測定することが好ましい場合、周波数間隔 (f) は1キロヘルツより高くなければならない (即ち、 $f > 1 / \text{ }$)。この計算によれば、10列のみを有する例示的なケースにおいて、次の周波数を使用することができる：

【 0 0 2 1 】

【数1】

行 1: 5.000 MHz	行 6: 5.005 MHz
行 2: 5.001 MHz	行 7: 5.006 MHz
行 3: 5.002 MHz	行 8: 5.007 MHz
行 4: 5.003 MHz	行 9: 5.008 MHz
行 5: 5.004 MHz	行 10: 5.009 MHz

【 0 0 2 2 】

ロバストな設計を可能にするために、周波数間隔はこの最小値より実質的に大きくてもよいことは当業者には明白であるだろう。一例として、0.5 cm の行 / 列の間隔を持つ 20 cm × 20 cm のタッチ面は、40 の行と40 の列を必要とし、40 の異なる周波数のシヌソイドを必要とする。1ミリ秒当たり1回の分析速度は1 kHz の間隔しか必要としないが、任意のより大きな間隔がよりロバストな実施のために利用される。一実施形態では、任意のより大きな間隔は、最高周波数が最低周波数の2倍より大きくなるべきではない (すなわち、 $f_{\text{max}} < 2 (f_{\text{min}})$) という制約にさらされる。したがって、この例示的な実施形態では、5 MHz に設定された最低周波数を有する 100 kHz の周波数間隔が使用されてもよく、これにより、5.0 MHz、5.1 MHz、5.2 MHz などの、最大 8.9 MHz までの周波数リストが得られる。

【 0 0 2 3 】

一実施形態では、リスト上のシヌソイドの各々は、信号エミッタによって生成され、信号エミッタまたは信号送信機によって別々の行に送信されてもよい。一実施形態では、シヌソイドは事前に生成されてもよい。同時にタッチさせられる行と列を識別するために、受信機は、列上に存在する任意の信号を受信し、信号プロセッサは、もしあれば、リスト上のどの周波数が現れるかを判定するために信号を分析する。一実施形態では、識別は、周波数分析技術 (例えば、フーリエ変換) により、またはフィルタバンクの使用によりサポートされ得る。一実施形態では、受信機は、列信号のフレームを受信し、そのフレームはFFTを介して処理され、したがって、尺度が各周波数に対して判定される。一実施形態では、FFTは、各フレームについて、各周波数に対する同相および直角位相の尺度を

提供する。

【0024】

一実施形態では、各列の信号から、受信機/信号プロセッサは、その列上の信号において見られた周波数のリストの各周波数についての値（および一実施形態では同相および直角位相の値）を判定することができる。一実施形態では、周波数に対応する値が、いくらかの閾値より大きい又は小さい場合、または先の値から変化する場合、その周波数に対応する列と行の間のタッチイベントを識別するために、その情報が使用される。一実施形態では、行/列の交点からのタッチの距離、タッチオブジェクトのサイズ、オブジェクトによる押す圧力、タッチされている行/列の交点等を含む、様々な物理現象に対応し得る信号強度の情報が、タッチイベントの領域を局在化する助けとして使用されてもよい。一実施形態では、判定された値は、タッチの自己限定要因ではなく、むしろタッチイベントを判定するために他の値と共にさらに処理される。

10

【0025】

一旦、直交周波数の各々に対する値が、（行に対応する）少なくとも2つの周波数または少なくとも2つの行に対して判定されると、二次元マップを作成することができ、その値は、その行/列の交点でのマップの値として、またはそれに比例/反比例するものとして使用される。一実施形態では、タッチ面またはタッチ領域に対するマップを作り出すために、タッチ面上の複数の行/列の交点で値が判定される。一実施形態では、タッチ面またはタッチ領域に対するマップを作り出すために、タッチ面上の、またはタッチ面の領域におけるあらゆる行/列の交点に対して値が判定される。一実施形態では、信号の値は、各列の上にある各周波数に対して計算される。一旦、信号値が計算されると、二次元マップが作成され得る。一実施形態では、信号値は、その行/列の交点でのマップの値である。一実施形態では、信号値は、その行/列の交点でのマップの値として使用される前に、ノイズを減少させるように処理される。一実施形態では、（ノイズを減少させるように処理された後に）信号値に比例するか、反比例するか、またはそうでなければ関連する別の値が、その行/列の交点でのマップの値として利用される。一実施形態では、異なる周波数でのタッチ面における物理的相違により、信号値は、所与のタッチに関して正規化されるか、または較正される。同様に、一実施形態では、タッチ面に渡る又は交点間にある物理的相違により、信号値は、所与のタッチに関して正規化されるか、または較正される。

20

30

【0026】

一実施形態では、タッチイベントは値情報から作成された地図を使用して識別されるため、隣接する行/列の交点の値の変更を考慮に入れる。一実施形態では、二次元マップのデータは、タッチイベントをより良く識別、判定、又は分離するために閾値処理（threshold）されてもよい。一実施形態では、二次元マップのデータは、表面をタッチするオブジェクトの形状や向きなどに関する情報を推測するために使用されてもよい。

【0027】

一実施形態では、本明細書に記載されるこのような分析およびタッチ処理は、タッチセンサの個別のタッチコントローラ上で実行されてもよい。別の実施形態では、このような分析およびタッチ処理は、限定されないが、1つ以上のASIC、MCU、FPGA、CPU、GPU、SoC、DSPまたは専用回線などの、他のコンピュータシステムコンポーネント上で実行され得る。本明細書で使用されるような「ハードウェアプロセッサ」という用語は、上記のデバイスのいずれか、または計算機能を実行する他のデバイス（現在知られているかまたは今後開発される）を意味する。

40

【0028】

行上に送信される信号の議論に戻って、シヌソイドは、上述の構成において使用され得る唯一の直交信号ではない。実際、上で議論されるように、互いに区別され得る信号の任意のセットが機能するであろう。しかしながら、シヌソイドは、より単純な工学技術、及びこの技術を使用する装置のよりコスト効率の良い製造を可能にし得る、いくつかの有利

50

な特性を有する場合がある。例えば、シヌソイドは、(定義により)非常に狭い周波数プロファイルを有しており、DCの付近で低周波数に下がる(*extend down*)必要はない。更に、シヌソイドは、より低い周波数にまで広がるより広域な信号に影響を及ぼし得る $1/f$ のノイズによる影響を比較的受けない。

【0029】

一実施形態では、シヌソイドはフィルタバンクにより検出されてもよい。一実施形態において、シヌソイドは周波数分析技術(例えばフーリエ変換/高速フーリエ変換)により検出され得る。周波数分析技術は、比較的効率的な方法で実施されてもよく、そして優れたダイナミックレンジの特徴を持つ傾向があり、これにより周波数分析技術が多数の同時のシヌソイド間で検出及び区別を行うことが可能となる。広範囲の信号処理期間において、受信機による複数のシヌソイドの復号化(*decoding*)は、周波数分割多重化の形態として考えられ得る。一実施形態では、時分割多重化および符号分割多重化などの他の変調技術も使用され得る。時分割多重化は、優れたダイナミックレンジの特徴を有するが、典型的には、タッチ面への送信(又は、そこからの受信信号の分析)に限られた時間を費やすことを要求する。符号分割多重化は、周波数分割多重化と同様の同時的な性質を有するが、ダイナミックレンジの問題に会う可能性があり、および、複数の同時信号の間で容易に区別されない可能性がある。

10

【0030】

変調されたシヌソイドの実施形態

一実施形態では、変調されたシヌソイドは、上述のシヌソイドの実施形態の代わりに、および/またはそれと組み合わせて、および/またはそれを改良したものとして(*as an enhancement of*)、使用され得る。未変調のシヌソイドを使用することにより、タッチ面付近での他の装置に対する無線周波干渉が引き起こされ、従ってそれらを利用するデバイスは、規制当局による試験(例えばFCC、CE)の通過という問題に遭遇しかねない。加えて、未変調のシヌソイドの使用により、精密な(*deliberate*)送信機又は他の干渉デバイス(おそらくは別の同一のタッチ面であっても)のどちらから、環境内で他のシヌソイドからの干渉を受けやすくなることがある。一実施形態では、そのような干渉は、記載のデバイスにおいて、誤った又は劣化したタッチの測定値をもたらし得る。

20

【0031】

一実施形態では、干渉を回避するために、シヌソイドは、信号が受信機に達すると復調され得る(攪拌されない(*unstirred*))方法で、送信機によって送信される前に、変調または「攪拌(*stirred*)」され得る。一実施形態では、可逆的な変換(又は、ほぼ可逆的な変換)が使用されて、変換が補正され信号が受信機に到達すると実質的に復元され得るように、信号を変調しうる。当業者にも明らかなように、本明細書に記載されるようなタッチ装置に変調技術を使用して発せられたまたは受信される信号は、他のものとはあまり相関がなく、故に、環境中に存在する他の信号に類似し、および/または他の信号からの干渉にさらされると考えられるよりもむしろ、単なるノイズに近いものとして作用する。

30

【0032】

2013年3月15日に出願された米国特許出願第13/841,436号「*Low-Latency Touch Sensitive Device*」は、周波数変調、直接シーケンススペクトラム拡散変調および低価格な実装の実施形態を対象とする実施形態を開示する。この出願の開示全体が参照により本明細書に組み込まれる。

40

【0033】

シヌソイドの検出

一実施形態では、シヌソイドは、フーリエ変換検出スキームを備えた完全な無線受信機を使用して受信機で検出され得る。そのような検出は、高速RF波形をデジタル化し、その後デジタル信号処理を行なうことを必要とし得る。別々のデジタル化及び信号処理は、タッチ面の全ての列に対して実施されてもよく、これにより、信号プロセッサは、どの

50

行の信号がその列とタッチ状態にあるのかを発見することが可能となる。上述の例において、タッチ面に40の行と40の列があると、この信号チェーンの40のコピーが必要となるであろう。今日、デジタル化及びデジタル信号処理は、ハードウェア、コスト、および動力に関して、比較的高価な操作である。シヌソイドを検出するコスト効率がより良い方法、特に容易に複製可能であり、そして動力をほとんど必要としない方法を利用することが有用であろう。

【0034】

一実施形態では、シヌソイドはフィルタバンクを使用して検出されてもよい。フィルタバンクは、入力信号を取り、そしてそれを各フィルタに関連付けられる周波数成分へと分割できるバンドパスフィルタのアレイを含む。離散フーリエ変換(DFT、そのFFTは効率的な実施である)は、周波数分析に使用され得る、均一に間隔を置いたバンドパスフィルタを備えた、フィルタバンクの一形態である。DFTはデジタルで実施されてもよいが、デジタル化工程は高価な場合がある。パッシブLC(インダクタ及びキャパシタ)又はRCアクティブフィルタなどの個々のフィルタから、フィルタバンクを実装することが可能である。インダクタは、VLSIプロセス上で十分に実施するのが難しく、および離散インダクタは大きくそして高価なものであり、そのため、フィルタバンクでインダクタを使用することは、コスト効率が良くないこともある。

10

【0035】

より低い周波数(約10MHzおよびそれ未満)で、VLSI上でRCアクティブフィルタのバンクを作ることが可能である。そのようなアクティブフィルタは十分に実行されるが、多くのダイスペース(die space)を取り、所望される動力よりも多くの動力を必要とし得る。

20

【0036】

より高い周波数で、表面音響波(SAW)フィルタ技術によりフィルタバンクを作ることが可能である。これにより、ほぼ恣意的なFIRフィルタの形状が可能となる。SAWフィルタ技術は、直線の(straight)CMOS VLSIよりも高価な圧電材料を必要とする。さらに、SAWフィルタ技術は、十分な数のフィルタを単一のパッケージに統合するのに十分な同時タップを可能にしない可能性があり、それによって製造コストが上昇する。

【0037】

一実施形態では、シヌソイドは、FFTのような「バタフライ」トポロジー(“butterfly” topology)を利用する標準CMOS VLSIプロセス上で、スイッチドキャパシタ技術により実装されるアナログフィルタバンクを使用して、検出されてもよい。そのような実施に必要なダイ領域は、典型的には、チャンネルの数の二乗の関数であり、これは、同じ技術を使用する64-チャンネルフィルタバンクが、1024-チャンネルバージョンのダイ領域のうちの1/256しか必要としないであろうことを意味する。一実施形態では、低レイテンシタッチセンサのための完全な受信システムは、フィルタバンク及び適切な増幅器、スイッチ、エネルギー検出器などの適切なセットを含む、複数のVLSIのダイ上に実装される。一実施形態では、低レイテンシタッチセンサのための完全な受信システムは、フィルタバンク及び適切な増幅器、スイッチ、エネルギー検出器などの適切なセットを含む、単一のVLSIのダイ上に実装される。一実施形態では、低レイテンシタッチセンサのための完全な受信システムは、n-チャンネルのフィルタバンクのn個のインスタンスを含み、および、適切な増幅器、スイッチ、エネルギー検出器などのための空間を残す、単一のVLSIのダイ上に実装される。

30

40

【0038】

シヌソイドの生成

低レイテンシタッチセンサにおける送信信号(例えばシヌソイド)の生成は、通常、検出よりもあまり複雑ではなく、これは主に、各行は単一の信号(または少数の信号)の生成を必要とし、列受信機は多数の信号を検出し区別しなければならないからである。一実施形態では、シヌソイドは、一連の位相ロックスループ(PLL)により生成されることが

50

でき、その各々は共通の基準周波数に異なる倍数を掛け合わせる。

【0039】

一実施形態では、低レイテンシタッチセンサの設計は、送信されたシナソイドが非常に高品質であることを要求せず、むしろ、より多くの位相ノイズ、(時間や温度等にわたる)周波数変動、高調波ひずみ、及びラジオ回路において通常は可能であるまたは望ましい場合がある他の欠陥を有する、送信されたシナソイドを調整(accommodate)する。一実施形態において、大多数の周波数はデジタル手段によって生成され、その後、比較的粗いデジタル/アナログ変換プロセスを使用してもよい。上で議論されるように、一実施形態では、生成された行の周波数は、互いとの単純な調波関係を有するべきでなく、生成プロセスにおける非線形性は、そのセットにおける1つの信号に「エイリアスを生じさせ(alias)」ないか、または別のものを模倣させない。

10

【0040】

一実施形態では、周波数コムは、フィルタバンクによってフィルタ処理される連続した狭いパルスを持つことにより生成され、フィルタバンク中の各フィルタは行での送信のために信号を出力する。周波数「コム」は、受信機によって使用され得るフィルタバンクと同一である場合があるフィルタバンクによって作り出される。一例として、一実施形態では、100kHzのレートで反復される10ナノ秒のパルスは、5MHzで始まる周波数成分のコムを分離するように設計されるフィルタバンクに移され、そして100kHzに分離される。定義されるようなパルス列は、100kHzから数十MHzまでの周波数成分を有し、故に、送信機において全ての行に対して信号を有する。故に、受信した列信号内のシナソイドを検出するためにパルス列が上述したものと同一のフィルタバンクを通過した場合、フィルタバンク出力はそれぞれ、行に送信できる単一のシナソイドを含むことになる。

20

【0041】

高速マルチタッチの後処理

例えば、上述の手順を使用して各列の各行からの信号強度を計算した後、結果として生じる2-Dの「ヒートマップ」(以下「マトリックス」という)を、使用できるタッチイベントに変換するために、後処理が行われる。一実施形態において、そのような後処理は、以下の4つの手順の内の少なくとも幾つかを含む: フィールド平坦化、タッチ点検出、補間、及び、フレーム間でのタッチ点マッチング。フィールド平坦化の手順は、行と列の間のクロストークを取り除くためにオフセットレベルを減算し、減衰による特定の行/列の組み合わせの間の振幅の差を補償する。タッチ点の検出手順は、平坦化された信号の極大値を見出すことにより、粗いタッチ点を計算する。補間の手順は、粗いタッチ点に関連付けられるデータを放物面にフィットさせることにより、細かいタッチ点を計算する。フレームマッチングの手順は、フレームにわたり互いに計算されたタッチ点を一致させる。以下、4つの手順の各々を順に説明する。また、各処理工程について、実装、起こりうる不良モード、及び結果の例も開示される。非常に低いレイテンシを必要とするため、処理工程は最適化され且つ平行処理されねばならない。

30

【0042】

フィールド平坦化手順を最初に記載する。タッチ面及びセンサ電子機器の設計による系統的な問題は、各列の受信された信号強度においてアーチファクトを引き起こす場合がある。一実施形態では、これらのアーチファクトは、以下のように補われ得る。最初に、行と列の間のクロストークのために、各行/列の組み合わせの受信された信号強度は、オフセットレベルを経験することになる。良好な近似値になるまで、このオフセットレベルは一定であり、減算(または加算)され得る。

40

【0043】

次に、所与の行と列の交点において較正されたタッチにより列で受信された信号の振幅は、大抵は行と列に沿って伝搬するにつれて信号が減衰するため、特定の行と列に依存することになる。信号がより遠くに移動するにつれ、更に減衰されるので、送信機から遠くにある列と受信機から遠くにある行は、それらの相当物よりも、「ヒートマップ」にお

50

る信号強度が低くなる。行と列のRF減衰が少ない場合、信号強度差は無視できるものであり、補償はほとんど又は全く必要とされない。減衰が多い場合、補償が必要であり、又はタッチ検出の感度或いは質を改善する場合がある。通常、受信機で測定された信号強度は、列に送信された信号の量と一直線になると予測される。故に、一実施形態において、補償は、ヒートマップにおける各位置を、特定の行/列の組み合わせについての較正定数に掛けることを含む。一実施形態において、測定値 (measurements) 又は推定値 (estimates) は、ヒートマップの補償テーブルを測定するために使用されてもよく、その表は、乗算により補償を提供するために同様に使用され得る。一実施形態において、較正の動作は、ヒートマップの補償テーブルを作り出すために使用される。本明細書で使用されるように、用語「ヒートマップ」は、熱の実際のマップを必要とせず、むしろ、位置に対応するデータを含む少なくとも二次元の任意のアレイを意味し得る。

10

【0044】

実施形態において、全体的なフィールド平坦化手順は次のとおりである。表面に何もタッチすることなく、最初に各列の受信機における各行の信号に関する信号強度が測定される。タッチが無いので、受信された信号のほぼ全体がクロストークによるものである。測定された値 (例えば、各列で見出される各行の信号の量) は、ヒートマップにおいてその位置から減算する必要のあるオフセットレベルである。その後、一定のオフセットが減算され、行/列の交点に較正されたタッチオブジェクトが行と列の交点に配置され、その列の受信機でのその行の信号の信号強度が測定される。一実施形態では、行/列の交点はすべて較正に使用される。信号プロセッサは、タッチイベントをタッチ面上の1つの位置の値へ正規化するように構成されてもよい。最も強い信号を有する可能性が高い場所は、(最も減衰が少ないので) 任意に選択することができ、すなわち、送信機および受信機に最も近い行/列の交点である。この位置での較正済みタッチ信号強度がSNであり、各行と列の較正済みタッチ信号強度がSR、Cであり、ヒートマップ内の各位置に (SN/SR、C) を掛けた場合に、すべてのタッチ値が正規化される。一実施形態では、較正されたタッチは、ヒートマップにおける任意の行/列についての正規化された信号強度を1に等しくさせる。

20

【0045】

フィールド平坦化手順は十分に並列処理を行う。一旦、オフセットと正規化のパラメータが測定され且つ保存される場合 (1回しか行う必要が無い (または、メンテナンス区間 (maintenance interval) で可能なら再度行う))、各信号強度が測定されるとすぐに補正が適用され得る。

30

【0046】

一実施形態において、各行/列の交点の較正は、規則的な又は選択されたメンテナンス区間で要求される場合がある。一実施形態において、各行/列の交点の較正は、1ユニットにつき1回要求される場合がある。一実施形態において、各行/列の交点の較正は、1つの設計につき1回要求される場合がある。一実施形態において、及び特に、例えば行と列のRF減衰が少ない場合、各行/列の交点の較正が、全く必要とされない場合もある。さらに、行と列に沿った信号減衰がかなり予測できる実施形態において、ほんの少数の交点の測定値から全表面を較正することが出来る場合がある。

40

【0047】

タッチ面が多く減衰を経験すると、フィールド平坦化手順は、少なくともある程度まで、測定値を正規化するが、幾つかの副次的な影響がある場合がある。例えば、正規化の定数が大きくなるにつれ、各測定値に対するノイズが増加する。より低い強度及びより多くの減衰について、これは、タッチ点の検出及び補間のプロセスにおいて誤差及び不安定性を生じさせる場合があることは、当業者には明白であろう。従って、一実施形態において、最大の減衰を受ける信号 (例えば、最も遠い行/列の交点) に対して十分な信号強度が提供される。

【0048】

タッチ点の検出は、1つ以上の粗いタッチ点が識別される場合に対処される。一実施形

50

態では、ヒートマップが生成され、フィールド平坦化が行われると、1つ以上の粗いタッチ点が識別され得る。一実施形態では、1つ以上の粗いタッチ点の識別は、正規化された（即ち、平坦化された）信号強度における極大値を見出すことにより行われうる。一実施形態では、1つ以上のタッチ点を見出すための、高速かつ並列化可能な方法は、正規化されたヒートマップの各要素をその近傍点と比較し、要素がそれらすべてよりも厳密に大きい場合、要素を極大として分類する。一実施形態において、点は、その近傍点全てよりも厳密に大きく、且つ所与の閾値より上である場合に、極大であると識別される。

【0049】

様々な方法で近傍点のセットを定義することは、本開示の範囲内にある。一実施形態において、最近傍点は、フォン・ノイマン近傍（Von Neumann neighborhood）により定義される。一実施形態において、最近傍点は、ムーア近傍（Moore neighborhood）により定義される。フォン・ノイマン近傍は4つの要素からなり、それらは、中心の要素と垂直および水平に隣接している（即ち、その北、南、東、および西に隣接した要素）。これは、「4つの連結した」近傍（“four-connected” neighborhood）とも称される。より複雑な（即ち、より大きな）フォン・ノイマン近傍も適用でき、使用されてもよい。ムーア近傍は、中心の要素と垂直、水平、且つ対角線的に隣接している8つの要素からなる（即ち、その北、南、東、西、北東、北西、南東、及び南西に隣接した要素）。これは、「8つの連結した」近傍（“eight-connected” neighborhood）とも称される。

【0050】

選択された近傍は、細かいタッチ点を計算するために使用される補間のスキームに依存することがある。これは、以下で詳細に示される。

【0051】

所与の近傍点の比較において、要素の正規化された信号強度が、その近傍点の1つ以上に等しく、厳密には、ノイズレベルを考慮する許容範囲内にあるという、特殊なケースが存在する場合がある。一実施形態では、そのようなペアにおける点は何れも、閾値より上の値を有していたとしても、タッチ点では無いと見なされる。一実施形態では、そのようなペアにおける両方の点がタッチ点であると見なされる。一実施形態において、2つ以上の近傍点がほぼ同じ値を持つ領域は、1つのタッチイベントとして扱われる。一実施形態において、2つ以上の近傍点がほぼ同じ値を持つ領域は、単一の極大値が見出され得る領域からの、異なるタイプのタッチイベントとして扱われる（例えば、おそらく誰かの手首がタッチ面に接している）。

【0052】

ここで、補間の手順に移る。一旦、粗いタッチ点が判定（即ち、識別）されると、細かいタッチ点が補間を使用して計算され得る。一実施形態において、分散したタッチの静電容量式の接触は、最大値（a maximum）を持つモデル関数に適合される。一実施形態において、モデル関数は、2つ以上の次元における二次関数である。一実施形態において、二次関数は放物面である。一実施形態において、放物面モデルは、指又はスタイラスなどの、タッチ面にタッチするために使用される様々なオブジェクトに対して許容可能な近似である。さらに、以下に議論されるように、放物面モデルは比較的計算集約的ではない。一実施形態において、より複雑又はより計算集約的なモデルが、平坦化されたヒートマップからタッチのより正確な推定を提供するために使用されてもよい。

【0053】

下記の議論のために、放物面が実例として使用されるが、より複雑な又はより複雑ではないモデルを含む他のモデルが補間のために使用されてもよいことは、本開示に照らせば当業者には明白であろう。そのような4つの連結したフォン・ノイマン近傍について、例示的な極大値の周りのフォン・ノイマン近傍では、中心点が極大値であり、添字（subscripts）がそれに対する特定の要素の座標である関連点が見れる。5つの要素の位置及び信号強度は、放物面を画定する以下の方程式に適合させ：

【0054】

【数 2】

$$Ax^2 + Cy^2 + Dx + Ey + F = z$$

式中、 x と y が要素の位置である場合、 z は要素の信号強度であり、 A 、 C 、 D 、 E 、及び F は二次多項式の係数である。中心点に対して、要素 x 、 y の位置の全ては一定である。 z 値は、各要素において測定された信号強度であり、故に既知である。一実施形態において、5つの連立方程式が、5つの未知の多項式の係数を解くために使用され得る。各方程式は、中心点及びその4つの隣接値を含む、5つの点の1つを表わす。

【0055】

一実施形態において、ヴァンデルモンド様のマトリクス (Vandermonde-like matrix) が、以下のように、多項式の係数を解くために使用され得る： 10

【0056】

【数 3】

$$\begin{bmatrix} x_{0,1}^2 & y_{0,1}^2 & x_{0,1} & y_{0,1} & 1 \\ x_{-1,0}^2 & y_{-1,0}^2 & x_{-1,0} & y_{-1,0} & 1 \\ x_{0,0}^2 & y_{0,0}^2 & x_{0,0} & y_{0,0} & 1 \\ x_{1,0}^2 & y_{1,0}^2 & x_{1,0} & y_{1,0} & 1 \\ x_{0,-1}^2 & y_{0,-1}^2 & x_{0,-1} & y_{0,-1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{0,1} \\ z_{-1,0} \\ z_{0,0} \\ z_{1,0} \\ z_{0,-1} \end{bmatrix}$$

20

要素位置の値を代入すると、以下が提供され：

【0057】

【数 4】

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{0,1} \\ z_{-1,0} \\ z_{0,0} \\ z_{1,0} \\ z_{0,-1} \end{bmatrix}$$

そしてその後、一定のヴァンデルモンド様のマトリクスを反転することにより、多項式の係数を解き： 30

【0058】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -2 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

これにより、以下を得る：

40

【0059】

【数 6】

$$\begin{bmatrix} A \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -2 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{0,1} \\ z_{-1,0} \\ z_{0,0} \\ z_{1,0} \\ z_{0,-1} \end{bmatrix}$$

【0060】

一実施形態において、多項式の係数は、否及びシングルシフトを含む、信号強度及び単 50

に単純な乗算の線形的な組み合わせであり、それらを計算することが必要であり；従って、それらはFPGA又はASICにおいて効率的に計算され得る。

【0061】

放物面の極大 (the maximum of the paraboloid) において、両方の偏導関数は0であり：

【0062】

【数7】

$$\frac{\partial x}{\partial z} = 2Ax + D = 0 \quad \text{および} \quad \frac{\partial y}{\partial z} = 2Cy + E = 0$$

10

これは点 x_f 、 y_f で生じる。このとき：

【0063】

【数8】

$$x_f = -\frac{D}{2A} \quad \text{および} \quad y_f = -\frac{E}{2C}$$

故に、近傍データが放物面に適合される実施形態において、放物面が1つの最大値を持つので、その最大値は細かいタッチ点の位置として使用される。4つの連結した近傍を利用する実施形態において、値 x_f 及び y_f は互いに独立しており、 x_f は中心点の左及び右への要素の信号強度にのみ依存し、 y_f は中心点よりも上及び下にある要素の信号強度にのみ依存する。

20

【0064】

ムーア近傍または極大の周りの8つの連結した近傍について、中心要素が極大値であり、添字がそれに対する特定の要素の座標である関連点が現れる。9要素の位置及び信号強度は、放物面の方程式に適合され得る。この例では以前の例よりもより多くの入力データが利用できるため、放物面についての幾らかより複雑な方程式が利用されることができ：

【0065】

【数9】

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = z$$

30

この方程式は、追加の xy 交差項 (xy cross term) と、 x 又は y 以外の方向の伸長をモデルが補正できるようにする新規の B 係数と、を有する。再度、中心点に関して、要素 x 、 y の位置の全ては一定であり、 z の値は既知である。9つの連立方程式 (1つの要素につき1つ) を使用して、6つの未知の多項式係数を判定 (即ち、過剰に判定 (overdetermine)) し得る。最小二乗法を用いて、6つの未知の多項式係数を解くことができる。

【0066】

ヴァンデルモンド様のマトリクスを多項式に適合するために使用してもよい。上述の実施形態と異なり、マトリクスは正方行列ではなく、9つの行及び6つの列を有する。

【0067】

40

【数 1 0】

$$\begin{bmatrix} x_{-1,1}^2 & xy_{-1,1} & y_{-1,1}^2 & x_{-1,1} & y_{-1,1} & 1 \\ x_{0,1}^2 & xy_{0,1} & y_{0,1}^2 & x_{0,1} & y_{0,1} & 1 \\ x_{1,1}^2 & xy_{1,1} & y_{1,1}^2 & x_{1,1} & y_{1,1} & 1 \\ x_{-1,0}^2 & xy_{-1,0} & y_{-1,0}^2 & x_{-1,0} & y_{-1,0} & 1 \\ x_{0,0}^2 & xy_{0,0} & y_{0,0}^2 & x_{0,0} & y_{0,0} & 1 \\ x_{1,0}^2 & xy_{1,0} & y_{1,0}^2 & x_{1,0} & y_{1,0} & 1 \\ x_{-1,-1}^2 & xy_{-1,-1} & y_{-1,-1}^2 & x_{-1,-1} & y_{-1,-1} & 1 \\ x_{0,-1}^2 & xy_{0,-1} & y_{0,-1}^2 & x_{0,-1} & y_{0,-1} & 1 \\ x_{1,-1}^2 & xy_{1,-1} & y_{1,-1}^2 & x_{1,-1} & y_{1,-1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{-1,1} \\ z_{0,1} \\ z_{1,1} \\ z_{-1,0} \\ z_{0,0} \\ z_{1,0} \\ z_{-1,-1} \\ z_{0,-1} \\ z_{1,-1} \end{bmatrix} \quad 10$$

このヴァンデルモンド様のマトリクスのすべての入力 (e n t r i e s) は定数であり、
z 値は既知であるため、定数値に代入すると以下を与える。

【0 0 6 8】

【数 1 1】

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{-1,1} \\ z_{0,1} \\ z_{1,1} \\ z_{-1,0} \\ z_{0,0} \\ z_{1,0} \\ z_{-1,-1} \\ z_{0,-1} \\ z_{1,-1} \end{bmatrix} \quad 20$$

このヴァンデルモンドのような行列は正方行列ではないため、多項式係数を解くために逆
転することはできない。しかしながら、そのムーア＝ペンローズの疑似逆行列を使用して
、多項式係数にフィットした最小二乗を行うことで、解くことができる。一実施形態では
、疑似逆行列は以下のように定義される： 30

【0 0 6 9】

【数 1 2】

$$\text{pinv}(X) = (X^T X)^{-1} X^T$$

$$\text{pinv} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{36} \begin{bmatrix} 6 & -12 & 6 & 6 & -12 & 6 & 6 & -12 & 6 \\ -9 & 0 & 9 & 0 & 0 & 0 & 9 & 0 & -9 \\ 6 & 6 & 6 & -12 & -12 & -12 & 6 & 6 & 6 \\ -6 & 0 & 6 & -6 & 0 & 6 & -6 & 0 & 6 \\ 6 & 6 & 6 & 0 & 0 & 0 & -6 & -6 & -6 \\ -4 & 8 & -4 & 8 & 20 & 8 & -4 & 8 & -4 \end{bmatrix} \quad 40$$

これにより、以下が得られる。

【0 0 7 0】

【数 1 3】

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \frac{1}{36} \begin{bmatrix} 6 & -12 & 6 & 6 & -12 & 6 & 6 & -12 & 6 \\ -9 & 0 & 9 & 0 & 0 & 0 & 9 & 0 & -9 \\ 6 & 6 & 6 & -12 & -12 & -12 & 6 & 6 & 6 \\ -6 & 0 & 6 & -6 & 0 & 6 & -6 & 0 & 6 \\ 6 & 6 & 6 & 0 & 0 & 0 & -6 & -6 & -6 \\ -4 & 8 & -4 & 8 & 20 & 8 & -4 & 8 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{-1,1} \\ z_{0,1} \\ z_{1,1} \\ z_{-1,0} \\ z_{0,0} \\ z_{1,0} \\ z_{-1,-1} \\ z_{0,-1} \\ z_{1,-1} \end{bmatrix}$$

10

多項式係数は信号強度の一次結合である。その乗法はわずかながらより複雑であるが、被乗数の多くは因数分解され、計算の最後のほうで一度だけ利用されうる。この工程の目的は放物面の極大 (the maximum of the paraboloid) を見つけることである。ゆえに、スケール係数 (scale factors) 全体は無関係であり、関数を最大化する相対的な値と引数に焦点を合わせるだけでよく、一実施形態では、多くの操作が取り消され、実装の効率が向上する。

【0 0 7 1】

上記のように、細かいタッチ点は放物面の極大であると推定され、ここで両方の偏導関数はゼロであり：

20

【0 0 7 2】

【数 1 4】

$$\frac{\partial x}{\partial z} = 2Ax + By + D = 0 \quad \text{および} \quad \frac{\partial y}{\partial z} = Bx + 2Cy + E = 0$$

これは点 x_f 、 y_f で生じる。このとき：

【0 0 7 3】

【数 1 5】

$$x_f = (BE - 2CD)/(4AC - B^2) \quad \text{および} \quad y_f = (DB - 2AE)/(4AC - B^2)$$

30

【0 0 7 4】

8つの連結した近傍について、値 x_f と y_f は互いに独立してはいない。双方とも8つのすべての近傍の信号強度に依存する。したがって、この手法では、計算上の負担が増え、信号強度の特定の組み合わせが細かいタッチ点に対する特異値を生成する可能性が高まることもある。8つのムーア近傍で最小二乗アプローチを使用する一実施形態では、上記のように実行することはノイズが多い信号強度値に対してはよりロバストである。言い換えれば、一実施形態では、1つの信号強度における小さな誤差は、計算で使用されるデータ量の増加とそのデータの首尾一貫性によって補われる。

【0 0 7 5】

40

さらに、8つの連結した近傍は、ユーザインターフェースの一部として有用であると判明することもあるB係数 - 追加の情報 - を提供する。 x y 交差項のB係数を用いて、フィットした放物面において、および、AとCの係数に固有な縦横比情報と共に、非対称性を特徴づけることができ、これによりソフトウェアはタッチが生じている角度を決定することができる。

【0 0 7 6】

例として、楕円の断面を備えたタッチ点は、特定の z 値での放物面を切りとることにより得ることが可能である。 a と b の値は多項式のAとCの係数から得ることができ、こうした値は表面に触れるオブジェクトの縦横比に関する情報を提供する。例えば、指またはスタイラスは必ずしも環状に対称である必要はなくなり、 b に対する a の比はその形状に

50

関する情報を提供することができる。

【 0 0 7 7 】

角度 についての知識によって楕円の方向に関する情報が得られ、例えば、指またはスタイラスが指している方向を示すこともある。 は以下から与えられる 2×2 行列 M の固有値と固有ベクトル (*e i g n e v e c t o r s*) から計算することができる：

【 0 0 7 8 】

【 数 1 6 】

$$M = \begin{bmatrix} A & B/2 \\ B/2 & C \end{bmatrix}$$

この行列は 2 つの固有値と 2 つの固有ベクトルを有する。最大の固有値に関連する固有ベクトルは、楕円の長軸の方向を指すであろう。別の固有ベクトルは短軸の方向を指すであろう。固有値、 λ_1 と λ_2 は以下のように計算することができる：

【 0 0 7 9 】

【 数 1 7 】

$$\lambda_i = \frac{\text{tr}(M) \pm \sqrt{\text{tr}(M)^2 - 4 \det(M)}}{2}$$

ここで、 $\text{tr}(M)$ は行列 M のトレースであり、これは $A + C$ と等しく、 $\det(M)$ は行列 M の行列式であり、これは $AC - B^2 / 4$ と等しい。

【 0 0 8 0 】

いったん固有値が得られると、ケイリー・ハミルトンの定理を用いて固有ベクトルを計算することができる。 λ_1 に関連する固有ベクトルは、行列 $M - \lambda_1 I$ の列のいずれかであり、 λ_2 に関連する固有ベクトルは行列 $M - \lambda_2 I$ の列のいずれかである。固有値の添え字の反転に留意する。楕円の長軸が我々の座標系の x 軸に対して作る角度 θ は、固有ベクトルの傾斜のアーктanジェントである。固有ベクトルの傾斜は単に y / x である。

【 0 0 8 1 】

上に議論されるように、補間工程は、例えば、平坦化したヒートマップから獲得したデータを使用して、細かなタッチ点を決定することを要求するが、上に議論された例示的な放物面モデルに必ずしも限定されるわけではない。細かなタッチ点を決定する目的は、後処理装置がタッチ点のすぐれた粒度を与えることができるようにすること、とりわけ、センサの交点を越える粒度を与えることができるようにすることである。別の方法を記載すると、モデル化され補間された細かなタッチ点は直接、行 / 列の交差位置に、または交差位置の間の任意の場所にとまることがある。モデルの精度とその計算上の要件との間にはトレードオフがあることもある。同様に、モデルの精度と、実際のタッチに一致する補間された細かなタッチ点を提供するその能力との間にトレードオフがあることもある。したがって、一実施形態では、モデルは最小の計算負荷を要求しつつ、補間されたタッチ点と実際のタッチとの間で十分な一致を提供するように選択される。一実施形態では、モデルは、補間されたタッチ点と実際のタッチとの間に十分な一致を要求するように選択され、処理ハードウェアはモデルの計算負荷に対処するために選択される。一実施形態では、あらかじめ選択されたハードウェアおよび / またはタッチインタフェースを操作する他のソフトウェアの計算能力を超えないモデルが選択される。

【 0 0 8 2 】

フレーム整合手順に目を向けると、時間とともにタッチ面を移動するオブジェクトを適切に追跡するために、計算されたタッチ点をフレーム境界全体で互いに整合させることが、したがって、例えば、オブジェクトが移動している際にタッチ面を移動するオブジェクトを追跡することが重要である。ゆえに、一実施形態において、1 つのフレーム中の計算されたそれぞれのタッチ点は、次のフレーム中で識別されなければならない、あるいは次のフレームで別の性質を有して (例えば、除去される) なければならない。これは一般的な

場合では解決不可能なこともある基本的に難しい問題を表すが、一実施形態では、幾何学と物理的法則の双方を駆使して解決策を実施可能である。タッチ面に接するアイテムにはサイズに限りがあり、特定の物理的な原則に従って移動するため、一実施形態では、妥当な範囲外の特別なケースは無視することができる。さらに、一実施形態では、フレーム率は、合理的な確実性をもってオブジェクトの追跡（すなわち、フレームからフレームへのタッチ点の追跡）を可能にするほど十分に高くなるように選択されなければならない。したがって、例えば、追跡されるオブジェクトがタッチ面全体で最高速度で移動することが知られているか、あるいは、追跡が最高速度でオブジェクトのみを追跡するように設計されている場合、合理的な確実性で追跡を可能にするフレーム率を選択することができる。例えば、タッチ面の行または列を通る移動の最大速度が例えば、毎秒 1 0 0 0 の行または列である場合、1 0 0 0 Hz のフレーム率は、せいぜい 1 フレーム当たり 1 行または 1 列のオブジェクトの動きを「見る」ことになる。一実施形態では、（上に議論されるような）タッチ点の補間は、タッチ点位置のより正確な測定値を与えることができるため、行内および列内の位置は本明細書で十分に記載されるように容易に識別可能である。

10

20

30

40

50

【0083】

指やスタイラスは最小限の大きさであり、ほとんどの場合、曖昧なケースが生じるほど互いに近接して近づくことはない。これらは人間の腕やその一部（例えば、手首、肘、指など）の動作に特徴的な速度で動くが、このことが問題を制限する。一実施形態では、タッチ面が約 1 キロヘルツ以上の更新速度を有するため、表面に触れる指とスタイラスは、1 つのフレームから別のフレームまでの更新期間中に、あまり遠くにあるいは極端な角度では移動することができない。距離と角度が制限されるため、追跡は、1 つのフレームから 1 つ以上の過去のフレームのデータを比較することにより、本開示に従って行うことができる。

【0084】

一実施形態では、過去のフレーム（例えば、ヒートマップ）に関するデータは一時的なバッファ中で維持されることもある。一実施形態では、過去のフレーム（例えば、フィールド平坦化したヒートマップやフィットした多項式係数）に関する処理済みデータは、一時的なバッファ中で維持されることもある。一実施形態では、一時的なバッファで維持される過去のフレームに関するデータは、以前のフレーム中の個々の細かなタッチ点に関する補間された細かなタッチ点の座標と、こうした座標が存在する程度で上記のような細かなタッチ点の以前の動作に関するベクトルとを含むこともあれば、該座標や該ベクトルからなることもある。一時的なバッファは、1 つ以上の過去のフレームに関するデータを保持することもあり、データが後の計算にもはや関連しない場合にはデータを保持することをやめてもよい。

【0085】

一実施形態では、フレーム整合プロセスは当初、現在のフレーム i 中のオブジェクトのタッチ点がそれに幾何学的にもっとも近い以前のフレーム（つまり、 $i - 1$ ）中のタッチ点である可能性があるとして推定する。

【0086】

一実施形態では、タッチ点の動きに関するデータ（例えば、速度と方向）は、1 つ以上のフレームに関連して決定および保存される。一実施形態では、タッチ点の動きに関するデータは、次のフレーム中のそのタッチ点の可能性のある位置を予測するために使用される。タッチ点の動きに関するデータは、例えば、速度または位置の変化を含むこともあり、1 つ以上の以前のフレームからもたらされるものであってもよい。一実施形態では、あるフレーム中の可能性のある位置の予測は、2 つのフレーム間での動きを考慮することによってなされ、フレームごとの変位とその方向が得られる。一実施形態では、フレーム内での可能性のある位置の予測は 3 つ以上のフレーム内での移動を考慮することで行われる。フレームごとの変位と方向に加えて、加速と方向転換を考慮に入れることができるため、3 つ以上のフレームからの細かなタッチ点の位置情報を用いてより正確な予測がなされ得る。一実施形態では、古いフレームデータよりも最近のフレームデータの方により多く

の重みが置かれる。フレーム整合プロセスは当初、最新のフレーム i 中のオブジェクトのタッチ点が、最新のフレーム中のタッチ点にもっとも近い可能性のあると予測された位置に関連する以前のフレーム（つまり、 $i - 1$ ）中のタッチ点に一致する可能性が高いということを推定することもある。

【0087】

一実施形態では、タッチ点のサイズ（規模）に関するデータ（例えば、放物面の A と C の係数）は、1つ以上のフレームに関連して決定および保存される。フレーム整合プロセスは当初、最新のフレーム i 中の所定のオブジェクトのサイズが以前のフレーム（つまり、 $i - 1$ ）中のそのオブジェクトのサイズに一致する可能性が高いと推定することもある。

10

【0088】

一実施形態では、経時的なタッチ点のサイズ（規模）の変化に関するデータは、1つ以上のフレームに関連して決定および保存される。一実施形態では、フレーム中の（例えば、最後のフレーム以降の、あるいは複数のフレーム上の）タッチ点のサイズの変化に関するデータは、次のフレーム中のそのタッチ点の可能性のあるサイズを予測するために使用される。フレーム整合プロセスは当初、最新のフレーム i 中のオブジェクトが最新のフレーム中のタッチ点のサイズに最も近い予測された可能性のあるサイズに関連する以前のフレーム（つまり、 $i - 1$ ）中のオブジェクトに一致する可能性が高いと推定することもある。

【0089】

20

一実施形態では、経時的なタッチ点の回転方向の変化に関するデータ（例えば、放物面の B 係数）は、1つ以上のフレームに関連して決定され保存される。一実施形態では、フレーム中の（例えば、最後のフレーム以降の、あるいは複数のフレーム上の）タッチ点の回転方向に関するデータは、次のフレーム中のそのタッチ点の回転方向を予測するために使用される。フレーム整合プロセスは当初、最新のフレーム i 中のオブジェクトが最新のフレーム中のタッチ点の回転方向に最も近い予測された可能性のある回転方向に関連する以前のフレーム（つまり、 $i - 1$ ）中のオブジェクトに一致する可能性が高いと推定することもある。実施形態では、タッチ点の回転方向は、回転の単一タッチ点の制御（例えば、1本の指による制御）を可能とするものであり、ゆえに、例えば、スクリーン上での1つの指の回転は、例えば、視界を回転させる - 従来、タッチ面との2つの回転接触点を必要とする機能 - ための十分な情報を与えることができる。経時的な回転方向を記載するデータを使用して、回転速度を計算することができる。同様に、回転方向または回転速度に関するデータを用いて、回転加速度を計算することができる。したがって、回転速度と回転加速度は両方とも回転方向を利用する。タッチ点に関して回転方向、回転速度、および/または回転加速度を計算して、フレーム整合プロセスで出力または使用することもある。

30

【0090】

一実施形態では、フレーム整合のためのヒューリスティックスは、タッチ点の距離と速度ベクトルの変化を含んでいる。一実施形態では、フレーム整合のためのヒューリスティックスは以下の1つ以上を含んでいる：

40

フレーム $i + 1$ 中のオブジェクトのタッチ点は、それに幾何学的に最も近いフレーム i 中のタッチ点である可能性が高い；

フレーム $i + 1$ 中のオブジェクトのタッチ点は、オブジェクトの速度の変遷を考慮して予測されることになる点に最も近いフレーム i 中のタッチ点である可能性が高い；および、

フレーム $i + 1$ 中のオブジェクトのタッチ点は、フレーム i 中のそのタッチ点に似たサイズになる可能性が高い。

【0091】

過去のデータの他の組み合わせを、本開示の範囲から逸脱することなく使用してもよい。一実施形態では、以前の位置と速度のヒューリスティックスの両方を、ヒューリスティ

50

ックなフレーム整合プロセスで使用してもよい。一実施形態では、以前の位置、速度のヒューリスティックス、およびサイズのヒューリスティックスを、ヒューリスティックなフレーム整合プロセスで使用してもよい。一実施形態では、以前の位置と他の過去の情報を、ヒューリスティックなフレーム整合プロセスで使用してもよい。一実施形態では、複数のフレームに関する過去の情報をヒューリスティックなフレーム整合プロセスで使用する。他の組み合わせは前述の開示を考慮して当業者には明らかとなるであろう。

【0092】

2014年3月17日に出願された、「Fast Multi-Touch Noise Reduction」という表題の米国特許出願第14/216,791号において、ノイズが Fast Multi-Touch (FMT) センサとの干渉をもたらすか、Fast Multi-Touch (FMT) センサ内でファントムタッチを生成する特定の条件を克服するための方法およびシステムが提供される。この出願の開示が参照により本明細書に組み込まれる。一実施形態において、固有の信号は、全ての行および列に送信されてもよい。一実施形態において、固有の信号は、行の1以上の部分集合における各行に送信されてもよい。一実施形態において、固有の信号は、列の1以上の部分集合における各列に送信されてもよい。一実施形態において、行と列は全て、固有の信号を検出するように構成される。一実施形態において、行の1以上の部分集合における各行は、固有の信号を検出するように構成される。一実施形態において、列の1以上の部分集合における各列は、固有の信号を検出するように構成される。

10

20

【0093】

2015年1月22日に出願された「Dynamic Assignment of Possible Channels in a Touch Sensor」と題された米国特許出願第14/603,104号において、システムと方法は、たとえ、他のコンピュータシステムコンポーネントまたは望ましくない外部の信号からの干渉性の電磁ノイズに近似するものであっても、タッチセンサが、こうした誤った読み取りまたはノイズの読み取りを削減または除去したり、あるいは、高い信号対ノイズ比を維持したりすることを可能にする。この方法を用いて、センサの総電力消費を減らすべく所定の時点でタッチセンサの選択部分または全表面領域を統制する信号変調スキームを動的に再構成することができ、その一方で、並列性、レイテンシ、サンプルレート、ダイナミックレンジ、感知粒度などの点からセンサの全体的なパフォーマンスを最適化することができる。こうした出願の開示は参照により本明細書に組み込まれる。キーボードの実施形態

30

【0094】

仮想現実または拡張現実（以下、「VR/AR」、たとえば、2つの用語が相互に排他的なこともある）の設定下での物理的なキーボードの使用は、VR/AR設定内の場合、ユーザにキーボードが見えない、または完全には見えないという事実によって複雑化する。本明細書に開示されたキーボードとキーボードスイッチは、1以上のキー、タッチ面、あるいはキーボードを、従来のキーボードまたはキーイングアプリケーションに加えてキーまたは表面から利用可能な追加情報によって可能となる多くの新しいアプリケーションにも使用することができる、センシティブな、ダイナミックな、ホバーの、接触型の、および、感圧性の表面にする。一実施形態では、物理的なキーボードは、従来のキーボード入力を感じることができるだけでなく、指-キーの接触や指のホバーを識別することができる、ゆえに、キーボードが使用されているときに、ユーザの指、手、手首、および潜在的に前腕のそれぞれの位置を決定することが可能となる。一実施形態では、キーボードデータは、VR/AR設定下において、ユーザの指、手、手首、前腕、および潜在的にはキーボード（キートップまたは側面ラベル、あるいは、例えば、ツール先端の追加などのキーボードへの変化を含む）の位置と方向を再構築するために使用される。こうした再構成により、ユーザは、キーボードのVR/AR設定に関連して自分の指、手、手首、およびおそらくは前腕を「見る」ことができ、VR/AR設定下でキーボードを使用することができるようになる。

40

【0095】

50

図 1 A - 1 D にまず目を向けると、キーボードスイッチ (1 1 0) の例示的な実施形態が示される。一実施形態では、キーベース (1 0 0) は、キーボードスイッチ (1 1 0) の他の要素をサポートする。一実施形態では、キーカバー (1 0 1) はキーベース (1 0 0) との移動可能な関係で提供される。一実施形態では、キーカバー (1 0 1) は、キーベース (1 0 0) に対して部分的にのみ移動可能である。一実施形態では、付勢手段 (図示せず) は、静止時、その拡張位置までキーカバー (1 0 1) に追い立て、当業者に明白なように、キーカバー (1 0 1) はその上部表面におおよそ垂直な方向に動く。

【 0 0 9 6 】

一実施形態では、2つのアンテナ (1 0 2) と (1 0 3) は、キーボードスイッチ (1 1 0) に接続され、2つのアンテナの1つは受信アンテナ (1 0 3) であり、もう1つは送信アンテナ (1 0 2) である。送受信の指示は、ある実施形態において各々の少なくとも1つがキーボードスイッチに接続されることを除けば、任意である。送信アンテナ (1 0 2) のいずれの部分も受信アンテナ (1 0 3) の部分に触れないように、2つのアンテナ (1 0 2) と (1 0 3) は互いから間隔を開けて配される。一実施形態では、キーボードスイッチ (1 1 0) は、1つ以上の他のキーと、そのアンテナ (1 0 2) と (1 0 3) を共有する。一実施形態では、キーボードスイッチ (1 1 0) は1つの固有のアンテナを含み、1つ以上の他のキーとその他のアンテナを共有する。以下で十分に議論されるように、キーボードスイッチ (1 1 0) は単独のキーボードスイッチであってもよく、あるいは一般には、キーボード中の複数の他のキーボードスイッチと共に使用されてもよい。

【 0 0 9 7 】

一実施形態では、1本のアンテナは送信アンテナ (1 0 2) であり、もう1つのアンテナは受信アンテナ (1 0 3) である。一実施形態では、キーボードスイッチ (1 1 0) は1つ以上の追加の送信アンテナ (図示せず) を有することもある。一実施形態では、キーボードスイッチ (1 1 0) は1つ以上の追加の受信アンテナ (図示せず) を有することもある。任意のキーボードスイッチ (1 1 0) に接続されたアンテナの各々は、アンテナのいずれかのどの部分も他のアンテナのいかなる部分にも触れないように、互いにアンテナから間隔をおいて配される。

【 0 0 9 8 】

典型的な実施形態ではキーベース (1 0 0) の前面と背面で示されているが、意図した用途に最も適するようにアンテナを置いてよい。例えば、様々な実施形態において、

- 1) 送信アンテナはキーの1つの面に置かれ、受信アンテナは他の面に置かれる ;
- 2) 送信アンテナはキーベース内に置かれ、受信アンテナはキーベースの周りを囲む ;
- 3) 送信アンテナはキーベースの各側に置かれ、受信アンテナはキーベースの中心に置かれる ;
- 4) 受信アンテナはキーベースの各側に置かれ、送信アンテナはキーベースの中心に置かれる ; あるいは、
- 5) 送信アンテナはキーベースの各側に置かれ、受信アンテナはキーベースの前後に置かれる。

他の多くの構成は本開示を考慮すれば当業者には明白となるものであり、本明細書で主張される本発明の精神と範囲から逸脱することなく作ることが可能である。

【 0 0 9 9 】

一実施形態では、アンテナ (1 0 2) と (1 0 3) は固定されており、キーカバー (1 0 1) が動かされたり押し下げられたりする際には、互いに対して移動しない。一実施形態では、アンテナ (1 0 2) と (1 0 3) の少なくとも1つは他方に対して移動可能である。一実施形態では、アンテナ (1 0 2) と (1 0 3) の少なくとも1つは、キーカバー (1 0 1) が動かされるか、押し下げされる際には、互いに対して移動する。アンテナの動作 (あるいは動作の不足) により、アンテナが静止している場合とは、キー押下の反応が異なることもある。当業者によって評価されるように、キー押下の圧力またはレベルが実質的な粒度 - すなわち、キーカバー (1 0 1) は何度押されるかの非常に感度の高い尺度 - を必要とする場合、そのキーカバー (1 0 1) の押下の結果、アンテナ (1 0 2) と

(103)の少なくとも1つを動かすことが望ましいこともある。キーを押下しているオブジェクトに静電容量的な関わりが限られている場合(例えば、長い爪でのタイピング、手袋を着用したタイピング、ペンシルまたは他のオブジェクトでのタイピング、水中でのタイピングなど)には、キーカバー(101)の動作に応じて移動する1つ以上のアンテナも望ましい。

【0100】

一実施形態では、送信アンテナ(102)は信号エミッタ(図示せず)に接続される。一実施形態では、信号が送信アンテナ(102)に送信され、受信機(図示せず)が受信アンテナ(103)上に存在する信号を受信するとき、アンテナ(102)と(103)はタッチセンサを形成する。一実施形態では、信号プロセッサ(図示せず)は、受信アンテナ(103)の信号中に存在する、送信アンテナ(102)に送信された信号の量および/または量の変化を判定するために使用される。一実施形態において、送信アンテナ(102)と受信アンテナ(103)は、それらがタッチ事象に供されていないときに、ある量の信号がその間で結合され、その一方で、それらがタッチ事象に供されるとき、別の量の信号がその間で結合されるように、設計される。さらに、一実施形態では、送信アンテナ(102)と受信アンテナ(103)は、それらの間で結合された信号の量が、最も遠いホバーから、キー接触を介して、完全に押下されたキーまでの様々なタッチ事象に応じて変わるように、設計される。一実施形態では、最も遠いホバーから十分に押下したキーまでの信号の変化は、一連の検知可能なタッチ状態を含み、これは、タッチしていない状態に加えて、少なくとも3つのタッチ状態(つまり、ホバー、接触、および押下)を含み得る。一実施形態では、ホバーによるタッチ状態を表す信号の変化は、複数の関連のないレベルを含む。一実施形態では、接触タッチ状態を表す信号の変化は、複数の関連のないレベルを含む。一実施形態では、最も遠いホバーから完全に押下したキーまでの信号の変化は、一連の検知可能なタッチ状態を含み、これは、タッチしていない状態に加えて、少なくとも255以上のタッチ状態を含む。先に議論されたように、タッチセンサが結合の変化により最終的にタッチを検知するため、さもなければ特定の実施形態に明らかとなり得る理由を除けば、タッチに関連する結合が、受信アンテナ(103)に存在する信号の量の増加、または受信アンテナ(103)に存在する信号の量の減少を引き起こすかどうかは、とりわけ重要ではない。

【0101】

タッチを識別するために、受信機は受信アンテナ(103)に存在する信号を受信し、信号プロセッサは、結合した送信信号の量を決定するために受信信号を分析する。一実施形態では、識別は周波数分析技術(例えば、フーリエ変換)により、またはフィルタバンクを使用することにより、サポート可能である。一実施形態では、受信機は信号のフレームを受け取り、このフレームはFFTによって処理され、したがって、少なくとも送信された周波数について尺度が決定される。一実施形態では、FFTは、各フレームについて、少なくとも送信された周波数の同相と直角位相の尺度を提供する。

【0102】

一実施形態では、信号エミッタは、キーボードスイッチ(110)について送信アンテナ(102)に導電接続される。信号エミッタはソース信号を発して、接続された送信アンテナ(102)にソース信号を送信させる。ソース信号は、例えば、他の信号の組み合わせであってもよく、ゆえに、例えば、ソース信号が単純な正弦波(例えば5.01MHz)である一方で、ソース信号が2つ以上の正弦波の組み合わせであることは本開示の範囲内である。一実施形態では、1つを超える信号エミッタは、キーボードスイッチ(110)について送信アンテナ(102)に導電接続される。1つを超える信号エミッタが送信アンテナ(102)に導電接続される場合、1つを超える信号エミッタの出力は送信アンテナ(102)によって送信された信号を提供する。一実施形態では、複数のソース信号の送信は感度を増加させることもある。一実施形態では、高い周波数信号と低い周波数信号が組み合わせられると、複数のソース信号の送信は感度をさらに増加させることもある。一実施形態では、ソース信号は周波数-直交である。本明細書で上記のごとく使用された

ように、周波数 - 直交とは、ソース信号が互いから分離可能かつ識別可能であることを意味する。一実施形態では、受信機は受信アンテナ（１０３）に接続され、接続された受信アンテナ（１０３）に存在する信号のフレームを捕らえるのに適している。別の受信アンテナ（図示せず）がキーボードスイッチ（１１０）に接続される場合、追加の受信アンテナは同じ受信機を共有することもあれば（ゆえに、当業者に明白となるように、同じアンテナの異なる部品とみなされる可能性がある）、あるいは代替的に、別の受信機に導電接続されることもある。

【０１０３】

一実施形態では、複数の直交信号は送信アンテナ（１０２）を介して送信される。こうした実施形態においてタッチを識別するために、受信機は受信アンテナ（１０３）に存在する信号を受信し、信号プロセッサは、その間で結合された直行送信信号の各々に対応する量を決定するために受信信号を分析する。識別は周波数分析技術（例えば、フーリエ変換）により、またはフィルタバンクを使用することにより、サポート可能である。一実施形態では、受信機は信号のフレームを受け取り、このフレームはFFTによって処理され、したがって、各々の送信された周波数について尺度が決定される。一実施形態では、FFTは、各フレームについて、各々の送信された周波数の同相と直角位相の尺度を提供する。

10

【０１０４】

一実施形態では、受信された信号から、受信機 / 信号プロセッサは、その受信アンテナ（１０３）上で受信された信号で見られる、周波数のリストからの、各周波数に対する値（および、一実施形態では、同相と直角位相の値）を決定することができる。一実施形態において、周波数に対応する値がある閾値以下である場合、あるいは前の値から変化する（あるいは閾値より大きな量だけ先の値から変化する）場合、その情報はキーボードスイッチ（１１０）でタッチ事象を識別するために使用されてもよい。一実施形態において、キーボードスイッチ（１１０）からのタッチの距離、タッチオブジェクトのサイズ、オブジェクトがキーボードスイッチを押下している圧力、タッチされているキーカバー（１０１）の任意の部分などを含む様々な物理的な現象に一致することもある値の情報をを用いて、検知可能な一連のタッチ状態からのタッチ状態を識別してもよい。一実施形態では、値の情報の変化は検知可能な一連のタッチ状態からのタッチ状態を識別するために使用されてもよい。実施形態では、決定された値はタッチ状態の自己決定因ではないが、むしろ、タッチ状態を判定するために他の値と共にさらに処理される。一実施形態では、決定された値は、キーボードスイッチ（１１０）のタッチ状態を判定するために、キーボードスイッチ（１１０）に近接する他のキーボードスイッチからの値と共にさらに処理される。

20

30

【０１０５】

一実施形態では、キーボードスイッチ（１１０）に接続されるアンテナ（１０２）と（１０３）は、同じような形をしている。一実施形態では、キーボードスイッチ（１１０）に接続されるアンテナ（１０２）と（１０３）は、異なる形をしている。異なる形状のアンテナ（１０２）と（１０３）は、アンテナ（１０２）と（１０３）の形状に基づいて様々なアンテナパターンを生み出す。本開示を考慮すれば当業者に明白となるように、キーボードスイッチ（１１０）に接続されるアンテナ（１０２）と（１０３）は様々な空間的方向に適応して、異なるアンテナのパターンを生み出すこともある。一実施形態では、各々の送信アンテナと受信アンテナの（１０２）と（１０３）は、送信層または受信層に接続され、それにより、キーボードスイッチ（１１０）の複数層構造をもたらす。

40

【０１０６】

一実施形態では、信号プロセッサは受信アンテナ（１０３）に存在するソース信号の量に対応する個々のフレームからの測定値を決定するのに適している。一実施形態では、信号プロセッサは、対応する測定値に少なくとも部分的に基づいて、一連のタッチ状態からキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのにさらに適している。

【０１０７】

キーボードスイッチ（１１０）は単独のキーボードスイッチであってもよく、あるいは

50

、一般的には、キーボード（図示せず）で複数の他のキーボードスイッチと共に使用されることもある。一実施形態において、キーボードはキーボードスイッチ（１１０）の集合体から構成される。一実施形態において、キーボードスイッチ（１１０）は、複数のキーボードスイッチの各々が１つの行と１つの列に接続され、１つの行と１つの列によって一意的に識別されるように、論理的な行と論理的な列へと編成される。一実施形態において、キーボードスイッチ（１１０）は、複数のキーボードスイッチの各々が少なくとも１つの行と１つの列に接続され、少なくとも１つの行と１つの列によって一意的に識別されるように、論理的な行と論理的な列へと組織される。

【０１０８】

一実施形態では、キーボード内のいかなる２つのキーボードスイッチも共通の行／列の組み合わせを共有しないこともあり、ゆえに、キーボードは、それぞれのキーボードスイッチ（１１０）に特有の尺度を検知することができる。一実施形態では、各々のキーボードスイッチ（１１０）は、アンテナ（１０２）で信号を送信し、かつ、別のアンテナ（１０３）で結合した信号を受信することにより、近接センサとして作動する。上で議論されるように、各キーボードスイッチ（１１０）について、そのキーボードスイッチ（１１０）でのタッチに関連する値は、結合された信号で見られる送信信号の量あるいは量の変動に由来することもある。値は一連のタッチ状態の１つと相関することもある。一実施形態において、一連のタッチ状態は、ホバーのない状態、ホバー、接触、および押すこと、または押下を含む。一実施形態では、「ホバーのない状態」とは、キーボードスイッチ（１１０）の近くにユーザの指、手、または前腕が検出されないことを意味する。本明細書で 10
使用されるように、一般に、「ホバー」とは、限定されないが、キーボードスイッチまたはキーボードとの実際の接触等を介して、キーボードスイッチの検出限界から静電容量性オブジェクト（例えば、ユーザの指、手、前腕、またはスタイラス）の検出可能な位置に対応するタッチ状態を指す。本明細書で使用されるように、一般に、「接触」とは、押されている間初めから終わりまでキーボードスイッチまたはキーボードと静電容量性オブジェクトとの間の検出可能な接触に対応するタッチ状態を指す。押されるまたは押下される 20
ということは、例えば、対応するキャラクタがスクリーン上に置かれることになるときに、閉じられているキーの従来の概念に一致する。しかしながら、本明細書で使用されるように、「押下される」または「押される」ということは、十分に押し下げられたキーの検出に対応するタッチ状態を指し、十分に押下された後にキーに対する圧力に対応する様々な追加の状態も含むことがある。一実施形態において、タッチ状態は、順序尺度、例えば、 30
、０～２５５）を使用してもよく、０はいかなるタッチ状態もないことに相当し、第１の範囲（例えば、１～１２７）は様々なホバー状態に相当し、第２の範囲（例えば、１２８～１９７）は様々な接触状態に相当し、および、第３の範囲（例えば、１９８～２５５）は一連の押された状態に相当する。一実施形態では、一連のタッチ状態は少なくとも４つの状態を含む。一実施形態では、一連のタッチ状態は少なくとも６つの状態を含み、少なくとも２つのサブ状態はホバーと接触に対応する。一実施形態では、一連のタッチ状態は少なくとも２５６の状態を含み、少なくとも３つのサブ状態はホバー、接触、および押された状態に対応する。一実施形態では、一連のタッチ状態は少なくとも１０２４の状態を含む。本開示を考慮すれば当業者には明白となるように、タッチ状態の数、およびタッチ 40
状態と任意のサブ状態との間の接続は、設計上の選択であり、キーボードスイッチに所望の粒度を与えるために選択されなければならない。さらに、サブ状態は、他のサブ状態と等しい粒度を有する必要はない。例えば、一実施形態において、接触状態で、あるいはホバー状態と接触状態との間の区別時に、（図４Ａと４Ｂに関連してより詳細に議論されるように）より多くの粒度を有することが望ましいこともある。同様に、一実施形態において、ホバー状態あるいは押された状態でさらなる粒度を有する方が望ましいこともある。

【０１０９】

一実施形態では、これらの状態を使用して、キーボード上のキーボードスイッチ（１１０）は、それぞれのキーボードスイッチ（１１０）上の（場合によってはその間の）ユーザの指に関する、粒度の細かい多段階の情報を提供することができる。例えば、一実施形 50

態では、キーボードは、キーカバー（１０１）が低下するとともに、指に接するキーの表面積の変化を検出する。さらに、一実施形態では、キーが押下されるとキーカバー（１０１）は導体に接近し、したがって、表面積の変化と静電容量性のオブジェクトの導体への近接との両方が静電容量の変化をもたらす得、これはキーボードスイッチ上のユーザの指に関する情報を提供する。

【０１１０】

図２Ａおよび２Ｂは、例示的で典型的なキーボードの実施形態のためのアンテナ層を示す。図２Ａは複数の送信アンテナ（２２０）の（水平に示される）導電接続された列の例示的な図を示す。（行と列の指定は任意である。）送信トレース（２２５）は送信層（２１０）に沿ってトレースされ、送信アンテナ（２２０）のグループをまとめて繋げ、および、バンドル（２３５）でまとめて束ねる。図２Ｂは、（垂直に示される）導電接続された行に編成された複数の受信アンテナ（２００）の例示的な図を示す。受信トレース（２０５）は受信層（２３０）に沿ってバンドル（２１５）までトレースされる。アンテナ層（２５０）および（２６０）は複数のキーベース（図示せず）を有するキーボード（図示せず）中で離されて積み重ねられており、ベースのそれぞれがキーカバー（図示せず）を有する。一実施形態では、アンテナ（２２０）および（２００）は、各キーボードスイッチ（図示せず）の送信アンテナ（１０２）および受信アンテナ（１０３）（例えば図１Ｂを参照）を形成する。

【０１１１】

一実施形態では、信号エミッタ（図示せず）は、各送信トレース（２２５）と導電接続され、エミッタを介して、複数の信号がそれぞれ送信アンテナ（２２０）の行で送信される。一実施形態では、複数の信号のそれぞれは、他の複数の信号のそれぞれと直交している。一実施形態では、複数の信号が、送信アンテナ（１０２）のそれぞれで同時に送信される。

【０１１２】

受信機（図示せず）は、受信トレース（２０５）のそれぞれと導電接続している。受信機および／またはそれに接続する信号プロセッサ（図示せず）は、フレームから受信トレース（２０５）に存在する（すなわち、受信アンテナ（２００）から来る）信号のフレームを受信し、送信アンテナ（１０２）のそれぞれを介して送信された複数の信号のそれぞれに対する値を判定するのに適している。一実施形態では、それぞれの値は、一連のタッチ状態のうちの１つ、および値のすべてに共に相関しており、キーボードの状態を生成する。一実施形態では、キーボードのキーボードスイッチはそれぞれ、一連のタッチ状態のうちの１つに関連付けられ、その関連付けは、そのキーボードスイッチに関連付けられる値に少なくとも部分的に基づいて計算（compute）される。一実施形態では、関連付けは、少なくとも部分的には、そのキーボードスイッチに関連付けられる値と、少なくとも１つの隣接するキーボードスイッチに関連付けられる値とに基づいて計算される。

【０１１３】

送信アンテナ（１０２）の各々を通して送信される複数の信号のそれぞれについての値の判定は、周波数解析技術（例えばフーリエ変換）で、またはフィルタバンクの使用によりサポートされうる。一実施形態では、受信機は信号のフレームを受信し、このフレームはFFTを介して処理され、したがって、尺度がそれぞれの送信された周波数に対して判定される。一実施形態では、FFTは、各フレームについて、それぞれの送信された周波数に対する同相および直角位相の尺度を提供する。

【０１１４】

一実施形態では、送信機を介して送信された複数の信号の少なくとも１つは各送信アンテナ（１０２）を介して送信され、少なくとも１つの送信アンテナ（１０２）は複数の信号の第２のものを同時に送信する。一実施形態では、直交信号の少なくとも２つが各送信アンテナ（１０２）を通して同時に送信されるように、複数の直交信号が同時に送信される。一実施形態では、単一の送信アンテナ上の複数の信号の同時送信により感度が向上する。一実施形態では、周波数的に離れた直交信号（frequency-distinct）

t orthogonal signals)は、単一の送信アンテナ(102)を介して同時に送信される。

【0115】

図3A-6に目を向けると、キーボードスイッチのいくつかの追加の典型的な実施形態が示されている。図1A-1Dで示されるキーボードスイッチ(110)と同様に、図3A-6で示されるキーボードスイッチは、単独で、あるいは、キーパッドまたはキーボードの一部として、使用することができる。多くのタイプのキーボードで図3A-6に開示されたキーボードスイッチを使用することができるが、それらは、従来のものではないキーボード、例えば「チクレット(chiclet)」(あるいはアイランドスタイル(island style))キーボードおよびメンブレンキーボードなどのより薄いキーボード、の設計において特に有用である。図3A-5で開示されたキーボードスイッチは、単一の送信アンテナおよび単一の受信アンテナとともに示される。本開示の精神および範囲から逸脱することなく、これらのキーボードスイッチは、1つ以上の追加の送信アンテナおよび/または1つ以上の追加の受信アンテナを有することができる。例えば、より詳細に下に議論されるように、図6は2つの送信アンテナを有する実施形態を示す。

【0116】

図1A-1Dで例示された前述のキーボードスイッチ(110)と同様に、一実施形態では、図3A-5で開示されたキーボードスイッチは、それぞれ、その送信アンテナ上で単一の周波数を送信する。また、図1A-1Dで例示された前述のキーボードスイッチ(110)と同様に、一実施形態では、図3A-5で開示されたキーボードスイッチは、それぞれ、その送信アンテナ上で複数の直交信号を送信する。2つの送信アンテナを有する、図6で例示されたキーボードスイッチは、同様に、単一の送信周波数または複数の同時に直行する送信周波数とともに使用されてもよい。

【0117】

図3Aは、送信アンテナ(300)およびそれに導電接続された送信トレース(301)、ならびに受信アンテナ(302)およびそれに導電接続された受信トレース(303)を含むキーボードスイッチのアンテナコンポーネント(310)の実例となる配向を示す。当業者によって理解されるように、ここでの送信および受信の指定は任意であり、送信アンテナ(300)を受信のために使用しう一方、受信アンテナ(302)を送信のために使用することができるであろう；これらの任意の指定は単に例示を目的とする便宜的なものに過ぎない。一実施形態では、信号エミッタ(図示せず)は送信トレース(301)を介して送信アンテナ(300)での送信のための1つ以上の信号を発し、受信機(図示せず)は受信トレース(303)を介して受信アンテナ(302)上に存在する信号のフレームを受信する。信号プロセッサ(図示せず)は、送信アンテナ(300)で送信された1つ以上の信号の量に対応する値を判定するためにフレームを分析する。値(あるいは値の変化)は一連のタッチ状態のうちの1つと関連していてもよい。図3Bは、図3Aのアンテナコンポーネント(310)の例示的な配向を使用するキーボードスイッチ(311)についての概略図を示す。キーボードスイッチ(311)は、アンテナコンポーネント(310)を覆うキーカバー(305)を含む。一実施形態では、ユーザはキーボードのキーとしてキーカバー(305)とインタラクトすることができる。一実施形態では、キーカバー(305)は、キーカバーをアンテナコンポーネント(310)から遠ざけてホームポジションの方へ付勢するスプリングなどの付勢手段(図示せず)を有する。一実施形態では、キーカバー(305)は、それ自体がアンテナコンポーネント(310)から離れると元の形状に戻るであろう変形可能な記憶材料から作られる。

【0118】

上記に詳細に議論されたように、一実施形態では、例えばユーザの手、指、または、スタイラスを含む静電容量性のオブジェクトはアンテナ(300)、(302)を使用して形成されたタッチ検出器によって検出され、それによって一連のタッチ状態のうちの1つはキーボードスイッチ(311)に関連付けられうる。また、上で議論されるように、一実施形態では、キーボードスイッチ(311)はキーボードで使用するのに適している。

一実施形態では、行と列は、キーボードスイッチのマトリックスの各々に関連付けられている。一実施形態では、キーのタッチ状態は、アンテナ(300)、(302)を使用して形成されたタッチ検出器によって検知された情報またはその情報の変化に、少なくとも部分的に基づいて判定されうる。一実施形態では、キーボードスイッチのタッチ状態は、少なくとも部分的に、別の近接するキーボードスイッチのアンテナによって検出された情報(または検出された情報の変化)に基づいて判定することができる。

【0119】

図4Aは、送信アンテナ(300)およびそれに導電接続された送信トレース(301)ならびに受信アンテナ(302)、それに導電接続された受信トレース(303)を有する、キーボードスイッチのアンテナコンポーネント(410)の例示的な配向を示す。導電性基板(404)も示されている。上記のように、送信および受信の指定は任意である。実施形態では、信号エミッタ(図示せず)は、送信トレース(301)を介して送信アンテナ(300)上の送信についての1つ以上の信号を発し、受信機(図示せず)は、受信トレース(303)を介して受信アンテナ(302)上に存在する信号のフレームを受信する。プロセッサ信号(図示せず)は、送信アンテナ(300)上で送信された1つ以上の信号の量に対応する値を判定するためにフレームを分析する。値(あるいは値の変化)は一連のタッチ状態のうちの1つと関連しうる。

【0120】

ここで図4Bに目を向けると、これは図4Aのアンテナコンポーネント(410)の例示的な配向を使用するキーボードスイッチ(411)の概略図である。キーボードスイッチ(411)は、アンテナコンポーネント(410)を覆うキーカバー(405)を含む。一実施形態では、キーカバー(405)は、接触していない時にキーカバーをホームポジションの方へ付勢する付勢手段(図示せず)を有する。一実施形態では、付勢手段はスプリングであってもよい。一実施形態では、付勢手段は可撓性のある変形可能なキーカバーを含んでもよい。導電性基板(404)はキーカバー(405)の下側に位置する。一実施形態では、導電性基板(404)は、キーカバー(405)の上部表面の少なくとも一部と一致して動くのに適している。一実施形態では、導電性基板(404)は、接触している静電容量性のオブジェクトの静電容量の影響を拡大するために作用しうる。一実施形態では、導電性基板(404)は、ホバーと接触とのタッチ状態間の推移においてタッチ検出器からより測定可能な応答を引き起こす。一実施形態では、導電性基板(404)を使用して、静電容量性のオブジェクトがキーカバー(405)に接触している時にタッチ状態の測定可能範囲を向上させうる場合があり、したがってタッチセンサ内の測定可能状態の粒度を改善する。一実施形態では、導電性基板(404)は固体の導電性材料である。一実施形態では、導電性基板(404)は導電性のメッシュ材料である。一実施形態では、導電性基板(404)の導電性特性は、キーカバー(405)の導電性特性と異なる。一実施形態では、導電性基板(404)は、固着プロセスを使用してキーカバー(405)に貼り付けられる。一実施形態では、導電性基板(404)は、導電性基板(404)の導電性の部分がキーカバー(405)を通して突き出て静電容量性のオブジェクトと直接接触しうるようにキーカバー(405)に貼り付けられる。一実施形態では、導電性基板(404)およびキーカバー(405)は同じ材料から形成され、導電性基板(404)はキーカバー(405)の上部よりも厚みがある。一実施形態では、導電性基板(404)およびキーカバー(405)は単一のオブジェクトとして成型される。キーボードスイッチ(411)はキーボードスイッチ(311)と同じ方法で使用することができるが、静電容量性基板(404)を追加することにより、接触の検出が向上し、接触タッチ状態の間でよりよい測定可能粒度が提供されうる。

【0121】

ここで図5に目を向けると、キーボードスイッチ(511)の別の実施形態が概略的な断面図で示されている。キーボードスイッチ(511)は、送信アンテナ(300)、送信トレース(301)、受信アンテナ(302)、受信トレース(303)、ならびにキーカバー(405)および導電性基板(404)を含む、キーボードスイッチ(411)

(図4B)と共通する多くのコンポーネントを含んでいる。キーボードスイッチ(511)もキーボードスイッチ(411)と同様に、信号エミッタ(図示せず)および受信機(図示せず)を使用して操作される。キーボードスイッチ(511)はさらに、導電性基板(404)と送信アンテナ(300)との間の導電性接続(506)を含む。一実施形態では、導電性接続は、キーカバー(405)をホームポジションに付勢する、スプリング(例えばコイルばねまたは板ばね)などの付勢手段を形成してもよい。この導電性基板(404)と送信アンテナ(300)との間の導電性接続(506)により、導電性基板(404)は送信信号の送信のためのさらなるアンテナとして作動する。一実施形態では、送信アンテナ(300)、導電性基板(404)、および導電性接続(506)は、ともに、送信信号を送信する(または受信機に取り付けられている場合は信号を受信する)ために使用されうる単一の可動アンテナを形成する。

10

【0122】

図6は、別のキーボードスイッチ(611)の一実施形態の概略的な切断図を示し、これは2つの送信アンテナ(または2つの受信アンテナ)を有する。キーボードスイッチ(611)は、送信アンテナ(300)、送信トレース(301)、受信アンテナ(302)、受信トレース(303)、ならびにキーカバー(405)および導電性基板(404)を含む、キーボードスイッチ(411)(図4B)と共通する多くのコンポーネントを含んでいる。その共通のコンポーネントの範囲内で、キーボードスイッチ(611)はキーボードスイッチ(411)と同様に、信号エミッタ(図示せず)および受信機(図示せず)を使用して操作される。キーボードスイッチ(611)は、導電性基板(404)に導電接続された導電性リード(606)をさらに含む。さらなる信号エミッタ(図示せず)が導電性リード(606)に導電接続される。さらなる信号エミッタは、導電性基板(404)での送信のための1つ以上のさらなる信号を発する。一実施形態では、1つ以上のさらなる信号は、送信アンテナ(300)上で送信される1つ以上の信号に直交している。信号プロセッサ(図示せず)はまた、導電性基板(404)に送信された1つ以上のさらなる信号の量に対応するさらなる値を判定するために、受信機に受信された信号のフレームを分析する。一実施形態では、さらなる値(またはさらなる値の変化)は一連のタッチ状態のうちの1つと相関しうる。一実施形態では、(1つ以上の信号に対応する)値および(1つ以上のさらなる信号に対応する)さらなる値は両方とも、キーボードスイッチに関連付けられるタッチ状態の識別の基礎として使用される。他の実施形態でのように、近隣のまたは近接したキーからの値(およびさらなる値)は、キーボードスイッチに関連付けられるタッチ状態を特定する根拠の少なくとも一部として追加的に使用されてもよい。本開示の精神および範囲から逸脱することなく、キーボードスイッチ(611)は、2つの送信アンテナおよび1つの受信アンテナを有する代わりに、2つの受信アンテナおよび1つの送信アンテナを有することができる。

20

30

【0123】

一実施形態では、キーボード中の様々なキーボードスイッチによって提供される一連のタッチ状態を使用して、キーボードに対する静電容量性のオブジェクトおよびその位置および向きをモデル化することができる。一実施形態では、そのようなモデリングは、VR/AR環境で、静電容量性のオブジェクトの視覚的な3Dモデルを含む視覚的なフィードバックを提供するために使用することができる。例えば、VR/AR環境中の2Dおよび3Dの「ホログラフィーの」視覚的なフィードバックのオーバーレイは、タッチを検出するキーボードスイッチで作られた物理的なキーボードの上または近くにあるユーザの指、手、手首および前腕の現実世界の位置に基づきうる。さらに、キーボードは、キーボードに関する静電容量性のオブジェクトの位置の細かい測定を行なうことができるので、タッチ測定値を使用して、指、手、および場合によっては手首および/または前腕を含むその他の部分の位置と向きを再現でき、というのも、手および前腕が指に対して動くことができる方法の数は限られており、例えば範囲および自由度は有限だからである。

40

【0124】

ここで、本開示によるタッチセンシティブキーボードの描写の上に示されているコンピ

50

ユーザで生成したタッチ状態の情報の典型的な例を示す図7および図8に目を向ける。図7および8の中の挿入図(700)および(800)は、典型的な物理的キーボード(702)および(802)に対する手(701)および(801)の位置を示す。キーボードの図の上の高さおよび色(703)、(803)の両方がタッチ状態の例証を目的として使用される。示された高さおよび色は単なる例示的なものにすぎない。図7および図8に例示されるように、本明細書に開示される物理的なキーボード(702)および(802)の実施形態を使用して、各キーボードスイッチのタッチ状態に関する情報を提供してもよく、それは、例示されるように、ホバー、キー接触、キー押下の視覚的な表示(704)および(804)を提供することができる。具体的には、図7は、本開示による例示的なキーボード(702)とそれに近接して配置されたユーザの手(701)、および、コンピュータ生成ヒートマップ(703)を重ねたキーボード(705)の図、を示す。コンピュータ生成ヒートマップ(703)は、様々なキーボードスイッチのタッチ状態に対応し、従って、典型的なキーボード(702)とユーザの手のポジショニングおよび近接に対応するように意図されている。図8は、例示的なキーボード(802)と図7と別の場所に移されたユーザの手(801)の別の図、および、コンピュータ生成ヒートマップ(803)を有するキーボード(805)の図、を示す。

10

20

30

40

50

【0125】

一実施形態では、ホバー、接触および圧力の情報の再構築は、3Dモデルとして表示するように構成されてもよく、これによりユーザはVR/ARビューにおいてキーボードに対する自分の指および場合によっては手、手首および/または前腕を見ることが可能になる。一実施形態では、ホバーに対応するタッチ状態の範囲は、キーボードスイッチの表面から少なくとも5mm拡がっている。一実施形態では、ホバーに対応するタッチ状態の範囲は、キーボードスイッチの表面から少なくとも10mm拡がっている。一実施形態では、ホバーに対応するタッチ状態の範囲は、キーボードスイッチの表面から実質的に10mmを超えて拡がる。

【0126】

一実施形態では、オンザフライチューニング(on-the-fly tuning)が、接触にセンシティブなキーボードを維持しながら拡張ホバーを可能にするために行われてもよい。一実施形態では、異なる直交信号が、ホバーではない状態と、一連の接触状態で使用される信号からのホバー状態とで使用され；または遠ホバー状態対近ホバー状態で使用される。一実施形態では、異なる物理的なアンテナが、ホバーではない状態と、一連の接触状態で使用されるアンテナからのホバー状態における送信信号および受信信号に使用され；または遠ホバー状態対近ホバー状態で使用される。

【0127】

2016年5月23日に出願された米国特許出願第15/162,240号「Transmitting and Receiving System and Method for Bidirectional Orthogonal Signaling Sensors」は、その全開示が参照によって本明細書に組み入れられ、高速マルチタッチセンサでユーザ、手、オブジェクトの識別を提供する。一実施形態では、双方向的な直交信号が、該出願で説明されるような利点を提供するためにタッチセンシティブキーボードと組み合わせて使用される。双方向的な直交信号が使用される場合、アンテナの各々は受信アンテナおよび送信アンテナの両方として使用されてもよい。

【0128】

2014年8月22日に出願された米国特許出願第14/466,624号「Orthogonal Signaling Touch User, Hand and Object Discrimination Systems and Methods」の全開示が参照によって本明細書に組み込まれる。一実施形態では、本明細書に開示されるキーボードまたはキーボードスイッチは、複数のユーザの手および指、同じユーザの異なる手、同じユーザの異なる指、同じ手の異なる手、ならびに、手およびオブジェクト、を区別することができる。

【 0 1 2 9 】

図 9 は、ユーザの VR / AR の視界を部分的に表わし、特徴のあるキーボードについての現実世界での見え方を部分的に表わすハイブリッド図を示す。VR / AR 環境において、一実施形態では、キーボード上の各インタラクティブキーは、独立したインタラクティブタッチディスプレイになることができる。キーボードがより柔軟にソフトウェアの定義するまたは関連するタスクに対応できるようにし、キーボードを使用しながら動的で視覚的なフィードバックをユーザに提供する。一実施形態では、本開示のタッチセンシティブキーボードからのタッチ状態の情報を使用して 3D モデリングを利用し、VR / AR 環境において、ユーザに自分の指、手、手首、前腕、キーボードさえも見せることができる。

10

【 0 1 3 0 】

2014 年 9 月 18 日に出願された米国特許出願第 14 / 490 , 363 号「Systems and Methods for Providing Response to User Input Using Information about State Changes and Predicting Future User Input」の全開示が参照によって本明細書に組込まれる。一実施形態では、タッチ状態の情報はユーザの動作の予測と関連して使用されてもよく、そのような予測はレイテンシを軽減するか除去するために使用することができる。

【 0 1 3 1 】

図 10 は、ユーザの VR / AR の視界を部分的に表し、特徴が薄いキーボードの現実世界での見え方を部分的に表す、ハイブリッド図である。本明細書に使用されるように、特徴の薄いキーボードという用語は、概して固定のキーの間隔を有する特定の物理的なキーのない表面を含む。例えば、iPad または携帯電話のキーボードは特徴の薄いキーボードと考えることができる。しかしながら、特徴の薄いキーボードという用語はまた、いくつかの物理的な特徴を含むキーボードを含み、キーまたはキーボードの他の機能を提示するためのハプティクスフィードバック (haptic feedback) を含んでもよい。そのようなハプティクスは、限定されないが、可動機械部品、ロボットグラフィックス、静電気フィードバックおよび / または電気ショックフィードバックを含み得る。VR / AR 環境においては、一実施形態では、特徴の薄いキーボードおよび / またはハプティクスキーボードは、独立したインタラクティブタッチディスプレイになることができる。VR / AR 環境では、当分野で既知の技術を通じ、特徴の薄いハプティクスキーボードは、触覚的にはキーを有しているように見え、該環境中でキーボードを使用している間、動的な物理的フィードバックをユーザに提供することがある。VR / AR 環境では、当技術分野で知られている技術を通じて、特徴の薄いキーボードおよび / またはハプティクスキーボードは、視覚的にキーおよび / またはラベルを有しているように見え、該環境中でキーボードを使用している間、動的な物理的フィードバックをユーザに提供することがある。したがって、ユーザが現実世界の環境において限られた特徴しか見られない、またはまったく特徴が見られなくても、VR / AR 環境でキーの輪郭と標識を追加できる。

20

30

【 0 1 3 2 】

図 11 および 12A - 12C は、本明細書に開示される方法と装置と共に使用することができるいくつかの実施形態を描写する。図 11 は、現実世界の環境において物理的な特徴 (1101) を有するキーボード (1100) の典型的な実施形態を例示する。一実施形態では、および、上述されるように、キーボードは、VR / AR 環境の中で使用される特徴の薄いキーボードおよび / またはハプティクスキーボードであってもよい。図 12A は、使用されている特徴のあるキーボード (1200) の例示的なタッチセンサの範囲 (1201) を示す。センサの範囲 (1201) が描写されているが、この描写は単に例証を目的とするものである。一実施形態では、キーボード (1200) は、VR / AR 環境において使用される特徴の薄いキーボードおよび / またはハプティクスキーボードであってもよい。一実施形態では、タッチセンサのセンサ範囲 (1201) は、キーボード (1200) のキーボードスイッチのタッチ感度に対応する。図 12B は、ユーザの指および

40

50

手のタッチセンサ範囲内の情報のヒートマップ(1203)、および、ヒートマップ(1203)からのユーザの手首(1204)の外挿の例を示す。

【0133】

図12Cは、VR/AR設定においてキーボードと関連して使用するために再構成され得るような、同一のユーザの指、手および手首のVR/AR世界の図および視覚的状况(visual context)の実施形態を示す。一実施形態では、タッチ状態の情報を使用して、低レイテンシでVR/AR環境において3Dでユーザの指、手および手首を再構築することができる。低レイテンシにより、VR/ARシステムが3Dハプティクスを提供することが可能になり、従って、ソフトウェア定義のボタンおよびVR/ARキーボードの制御を反映する現実世界のキーボード上の物理的ボタンおよびコントローラをユーザに提供する。例えば、一実施形態では、3Dハプティクスは、所与のVR/ARアプリケーションのVR/ARデジタル制御と一致するように、物理的な制御を柔軟に変形させることができる物理的な入力面を作成してもよい。一実施形態では、ハプティクスは、所与のVR/ARアプリケーションのVR/ARデジタル制御と一致するように、ユーザに物理的な入力表面を知覚させることがある。一実施形態では、意図した使用にフィットさせることができ、VR/AR環境でのデジタルな同等な行為を反映することができる、物理的インターフェースまたはハプティクスインターフェースが提供される。

10

【0134】

接触を必要としないので、一実施形態では、タッチ状態の情報はジェスチャー解釈アルゴリズム(gesture interpretation algorithm)への入力として使用されてもよい。したがって、キーボードより上の少し離れた場所を、ユーザがジェスチャーできるゾーンに変えることができる。そのようなゾーンはモジュールであり得、それ自体がジェスチャー、接触、または、キープレス、あるいは、ジェスチャー、接触またはキープレスの組み合わせ、によって活性化され得る。一実施形態では、手をコンピュータのマウスとして使用して、キーボードから手を離すことなく慣れた動きをさせることができる。一実施形態では、マウスのような形へと手を「カップのような形にする」(cupping)と、その手からのさらなるジェスチャーが、例えばボタンのクリック、ホイールの回転および移動などを含むマウスのジェスチャーとして自動的に解釈される。一実施形態では、空気中でのタップモーションはジェスチャーとして解釈することができ、システムの応答をもたらす。一実施形態では、ユーザが自分の指または手で他の種類のジェスチャーを行う時、キーまたはキーの小集団の表面がトラックパッドとして機能してもよい。

20

30

【0135】

本明細書に提示された新規なキーボードスイッチおよびキーボードによって提供されたタッチ状態の情報により、アプリケーションおよびオペレーティングシステムソフトウェアが、物理キー(またはVR/ARキー)上での静止またはその上でのホバーを識別することができる情報を有することが可能になる。図13に目を向けると、ツールチップの典型的な実装が示されている。図13は、キーボードが、ユーザがキーの上で静止しているかまたはホバーしているかを感知でき、あるいは、ユーザがキーと接触する前にユーザの次のキー押下を予測することができるため、例えば、所与のアプリケーションまたはオペレーティングシステムのためのキーボードショートカットの習得を支援するためのフローティングツールチップをユーザに提供する、キーボードのユーザビューと現実世界ビューとのハイブリッド図の例示的な図を提供する。一実施形態では、タッチ状態の情報は、ツールチップまたは他のフィードバックが望ましい特定の位置または位置の組み合わせを判定するために使用され、そのようなツールチップまたは他のフィードバックはVR/AR表現中で提示することができる。同様に、例えば、ユーザがキーボードスイッチの上でホバーするかまたはそれに接触する(またはその組み合わせを行う)と、「次の(next)」キーが押された場合に再生され得る「次の曲」などの吹き出し(balloon)が表示され得るように、吹き出しの形の追加の表示スペースが望ましい場合がある。例示的な実施形態では、本開示のキーボードは、VR/ARユーザインターフェースを、キーボ

40

50

ードを含むがこれに限定されない物理的な入力面にマッピングすることを可能にする。そうする際、物理的なキーボードの各キーはVR / AR環境でのビジュアルスクリーンであってもよいので、キーボードの各キーはマルチタッチのジェスチャー表示にすることができる。例えば、VR / ARユーザインターフェース要素は、インタラクティブな2Dアイコン、画像およびテキスト（例えば、現在の音量レベルを示す音量ボタン制御など）として、さらには3Dアイコン、画像およびテキストとして物理的なキーボード入力制御にマッピングすることができる（例えば、ユーザが自分の指を関連する物理的なキーの上に置いたときに現れ、それにより、アルバムアート画像の表示を介してどのアルバムが再生されるかをユーザに示すz軸に沿った3Dツールチップを作成する再生ボタンなど）。

【0136】

本システムは、周波数分割変調タッチシステムにおけるホバー、接触および圧力にセンシティブなキーボードのためのデバイスに関して上述された。アナログまたはデジタルのハードウェアとコンピュータプログラム命令によって、それぞれの操作に関する例示が実行され得ることが理解される。コンピュータプログラム命令は、コンピュータあるいは他のプログラム可能なデータ処理装置のプロセッサによって実行されるコンピュータプログラム命令が、指定された機能／行為を実行するように、汎用コンピュータ、専用のコンピュータ、ASIC、あるいは他のプログラム可能なデータ処理装置のプロセッサに提供されてもよい。上記の議論によって明示的に制限されることを除けば、いくつかの交互の実施において、機能／行為は操作に関する例示に明記された順序以外で生じることもある。

【0137】

本発明はその好ましい実施形態に関連して具体的に示され記載されているが、形態および詳細の様々な変更が、本発明の精神および範囲から逸脱することなくここでなされてもよいことは当業者によって理解される。

【図1A】

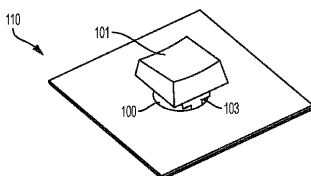


FIG. 1A

【図1B】

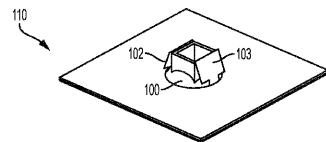


FIG. 1B

【図1C】

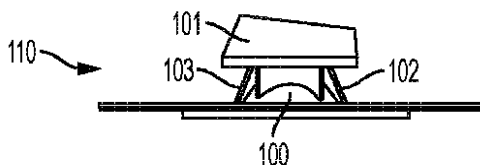


FIG. 1C

【図1D】

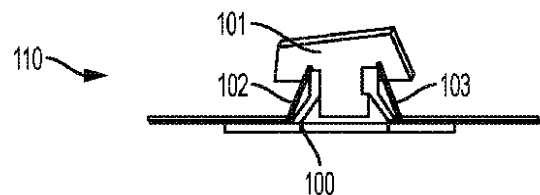


FIG. 1D

【図2A】

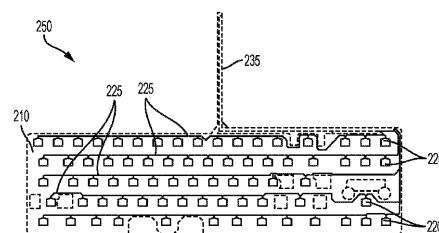


FIG. 2A

【 図 2 B 】

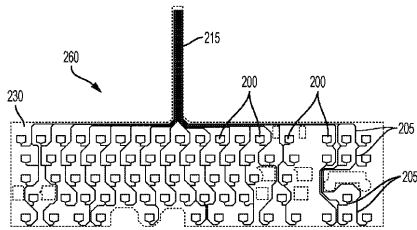


FIG. 2B

【 図 3 A 】

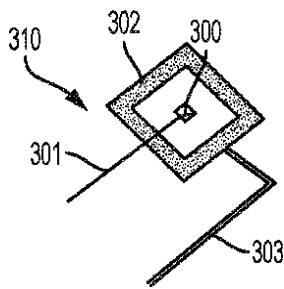


FIG. 3A

【 図 4 A 】

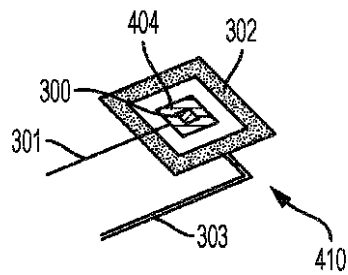


FIG. 4A

【 図 4 B 】

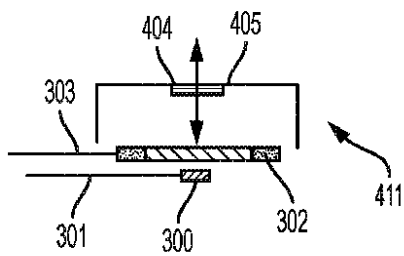


FIG. 4B

【 図 3 B 】

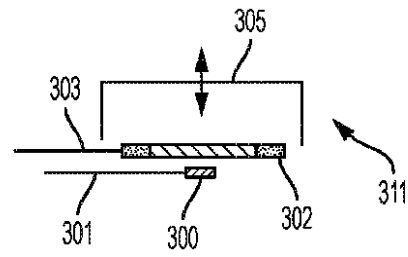


FIG. 3B

【 図 5 】

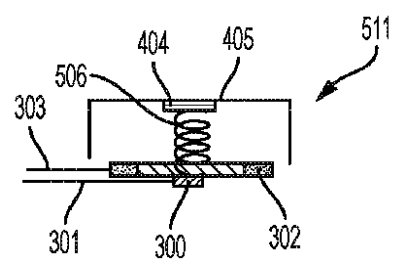


FIG. 5

【 図 6 】

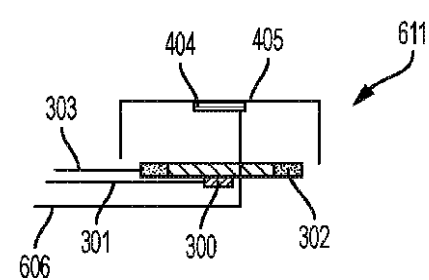


FIG. 6

【図 7】

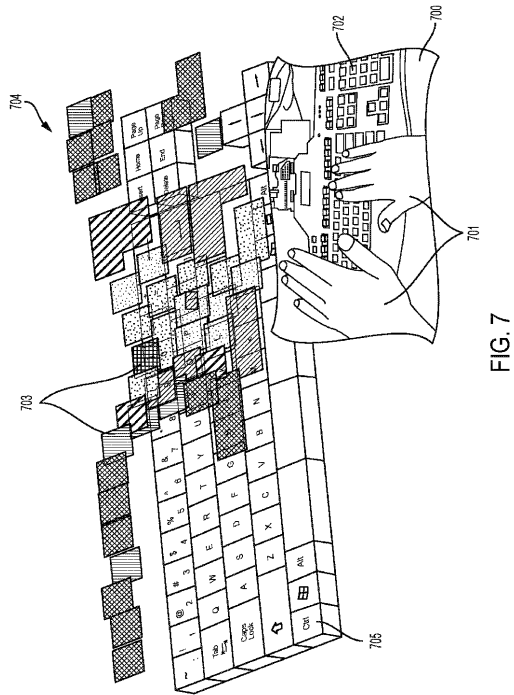


FIG. 7

【図 8】

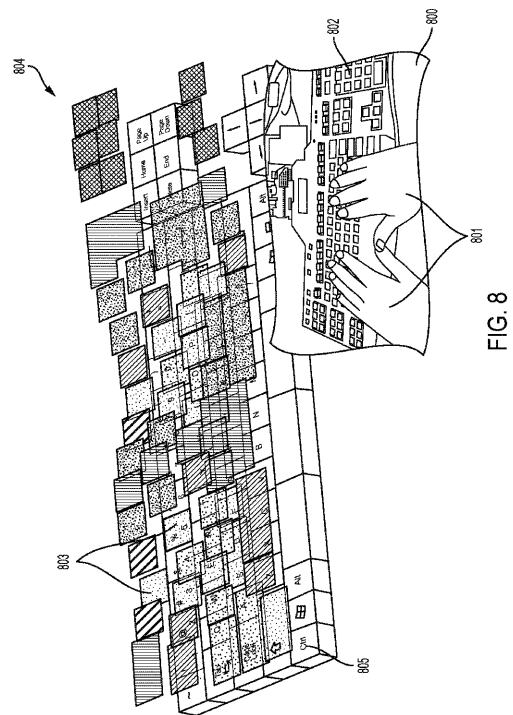


FIG. 8

【図 9】



FIG. 9

【図 11】

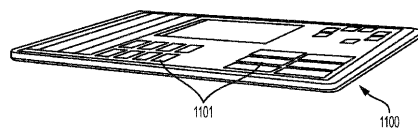


FIG. 11

【図 10】



FIG. 10

【図 12 A】

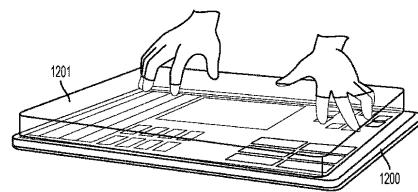


FIG. 12A

【図 12 B】

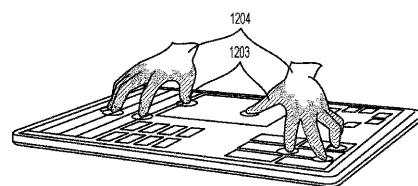


FIG. 12B

【図 12C】

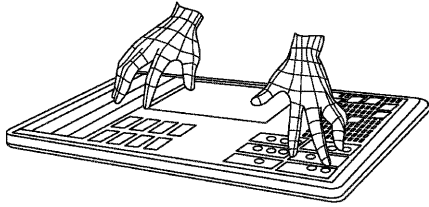


FIG. 12C

【図 13】

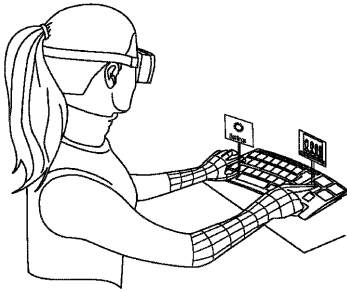


FIG. 13

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2017/036487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G06F3/02 G06F3/0338 H03K17/94
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F H03K H01H

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)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2014/354305 A1 (HANSEN INGAR [NO] ET AL) 4 December 2014 (2014-12-04) abstract; figures 4-6, 8 paragraphs [0042] - [0060], [0067] - [0075]	1-44
Y	US 2014/354577 A1 (HANSEN INGAR [NO] ET AL) 4 December 2014 (2014-12-04) abstract; figures 2, 4-6, 8 paragraphs [0019], [0020], [0046] - [0065], [0071] - [0078]	1-44
Y	US 2012/199459 A1 (REISE WULF [DE]) 9 August 2012 (2012-08-09) abstract; claims 1-9; figures 1, 2	1-44

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 September 2017

Date of mailing of the international search report

11/09/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schneider, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2017/036487

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2015/193008 A1 (BOLENDER ROBERT J [US]) 9 July 2015 (2015-07-09) abstract; claims 1-17; figures 1, 2, 5-7 -----	1-44
Y	US 2015/280707 A1 (HOVDEN TORBJORN [US]) 1 October 2015 (2015-10-01) abstract; claims 1-14; figures 1, 2, 6-8 -----	1-44
Y	WO 90/07786 A2 (SELBY HOWARD W III [US]) 12 July 1990 (1990-07-12) abstract; claims 1-7; figures 1-3 -----	1-44
A	US 4 659 879 A (HASEGAWA HIROSHI [JP]) 21 April 1987 (1987-04-21) abstract; figures 1-5 -----	1-44
A	US 2013/063286 A1 (ELIAS JOHN GREER [US] ET AL) 14 March 2013 (2013-03-14) abstract; figures 1, 2, 5-10 paragraphs [0041], [0045] -----	1-44
A	US 4 736 076 A (MOCHIZUKI ISAO [JP] ET AL) 5 April 1988 (1988-04-05) abstract; figures 6-12 column 6, line 26 - column 8, line 35 -----	1-44
A	CN 2 227 849 Y (XULI CO LTD [CN]) 22 May 1996 (1996-05-22) figures 1-5 -----	1-44

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2017/036487

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014354305 A1	04-12-2014	DE 102014210286 A1 US 2014354305 A1 US 2017201254 A1	04-12-2014 04-12-2014 13-07-2017
US 2014354577 A1	04-12-2014	DE 102014210267 A1 US 2014354577 A1	04-12-2014 04-12-2014
US 2012199459 A1	09-08-2012	CN 102549927 A DE 102009032634 A1 EP 2452435 A1 JP 5694311 B2 JP 2012532431 A KR 20120065323 A US 2012199459 A1 WO 2011003555 A1	04-07-2012 13-01-2011 16-05-2012 01-04-2015 13-12-2012 20-06-2012 09-08-2012 13-01-2011
US 2015193008 A1	09-07-2015	CN 104777913 A US 2015193008 A1 US 2017149433 A1	15-07-2015 09-07-2015 25-05-2017
US 2015280707 A1	01-10-2015	NONE	
WO 9007786 A2	12-07-1990	AU 4814390 A CA 2005098 A1 WO 9007786 A2	01-08-1990 12-06-1990 12-07-1990
US 4659879 A	21-04-1987	JP H0562408 B2 JP S61206120 A US 4659879 A	08-09-1993 12-09-1986 21-04-1987
US 2013063286 A1	14-03-2013	US 2013063286 A1 WO 2013039699 A1	14-03-2013 21-03-2013
US 4736076 A	05-04-1988	EP 0240791 A2 US 4736076 A	14-10-1987 05-04-1988
CN 2227849 Y	22-05-1996	NONE	

フロントページの続き

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

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1 . i P a d

(72)発明者 ウィルキンソン, デイビッド クラーク
アメリカ合衆国 7 8 7 3 5 テキサス州 オースティン ムーン・シャドー・コーブ 4 0 0 0

(72)発明者 コスタ, リカルド ジョージ ホタ
カナダ エム 5 ブイ 2 アール 6 オンタリオ州 トロント ウェリントン・ロード・ウェスト
5 8 9 - ビー

(72)発明者 デ アラウーホ, ブルーノ ロドリゲス
カナダ エム 6 ジー 3 ワイ 9 オンタリオ州 トロント クリントン・ストリート 2 - 3 5 4
F ターム(参考) 5B020 DD02 DD04 EE01
5G046 AA02 AB02 AC54 AD02

【要約の続き】

いて、一連のタッチ状態からキーボードスイッチのタッチ状態を判定するのに適している。

【選択図】図 1 D