

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6158298号  
(P6158298)

(45) 発行日 平成29年7月5日 (2017.7.5)

(24) 登録日 平成29年6月16日 (2017.6.16)

(51) Int. Cl.

F I

G O 6 F 3/041 (2006.01)

G O 6 F 3/044 (2006.01)

G O 6 F 3/041 5 1 2

G O 6 F 3/041 5 7 0

G O 6 F 3/044 1 2 6

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-503580 (P2015-503580)	(73) 特許権者	390020248
(86) (22) 出願日	平成25年3月28日 (2013.3.28)		日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
(65) 公表番号	特表2015-518208 (P2015-518208A)		東京都新宿区西新宿六丁目24番1号
(43) 公表日	平成27年6月25日 (2015.6.25)	(73) 特許権者	507107291
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/034387		テキサス インスツルメンツ インコーポ
(87) 国際公開番号	W02013/149024		レイテッド
(87) 国際公開日	平成25年10月3日 (2013.10.3)		アメリカ合衆国 テキサス州 75265
審査請求日	平成28年3月28日 (2016.3.28)		-5474 ダラス メール ステーショ
(31) 優先権主張番号	13/432,576		ン 3999 ピーオーボックス 655
(32) 優先日	平成24年3月28日 (2012.3.28)		474
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 上記1名の代理人	100098497
			弁理士 片寄 恭三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インタラクティブスクリーン上のスパース感知

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

容量性タッチインタラクティブスクリーン上のアクティブにされる静電容量センサが位置する場所を判定する非一時的 (non-transitory) マシン実装方法であって、

前記方法が、第1の工程と第2の工程と第3の工程とを含み、  
前記第1の工程が、  
N個の静電容量センサのグループ内の各静電容量センサを特有の電圧  $V_n$  にプリチャージすることと、

全てのN個の静電容量センサを電氣的に並列に接続することと、  
並列に接続される全てのN個の静電容量センサの電荷を参照キャパシタ  $C_{ref}$  に搬送することと、

前記参照キャパシタ  $C_{ref}$  に搬送された電荷を感知された電圧  $V_{sense}$  に変換することであって、前記感知された電圧  $V_{sense}$  が単一の状態に等しい、前記変換することと、

前記単一状態をストアすること、  
を含み、  
前記第2の工程が、前記第1の工程をK回反復することであって、Kの値がセンサの数Nより実質的に小さい、前記反復することを含み、  
前記第3の工程が、スパース・アクティベーション圧縮センシングを用いる式を分解す

10

20

ることにより、N個の静電容量センサのカラム内の各静電容量センサの静電容量  $C_n$  を判定することを含み、

前記式が、

$$v_n = \Phi_n C_n$$

により得られ、

$$\Phi_n = \begin{bmatrix} V_{0,n}^0 & \cdots & V_{M-1,n}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{0,n}^{K-1} & \cdots & V_{M-1,n}^{K-1} \end{bmatrix}$$

10

$$C_n = [C_{0,n} \cdots C_{M-1,n}]^T$$

$$v_n = [v_n^0 \cdots v_n^{K-1}]^T$$

であり、

$C_{m,n}$  が、行mと列nの交点における静電容量センサのノード静電容量であって、 $m = (0, 1, \dots, M-1)$  であり、

前記容量性タッチインターアクティブスクリーン上のアクティブにされた静電容量センサが、センサの前記静電容量  $C_{m,n}$  が前記容量性タッチインターアクティブスクリーン上のアクティブにされていない静電容量センサの静電容量と異なる場所に、位置する、方法

20

【請求項2】

請求項1に記載の前記容量性タッチインターアクティブスクリーン上に位置するアクティブにされた静電容量センサの場所を判定する非一時的マシン実装方法であって、

前記コラムにおけるN個の静電容量センサの寄生容量が、

$$\bar{C}_n = [\bar{C}_{0,n} \cdots \bar{C}_{M-1,n}]^T$$

により得られ、

静電容量センサにおける静電容量の変化が、

$$\Delta C_n = C_n - \bar{C}_n$$

30

により得られ、

$C_n$  に対する非ゼロ値の数がN個の静電容量センサの数より実質的に少なく、

キャリブレーションされた電圧

$$v_n^c$$

が、

$$v_n^c = \Phi_n \Delta C_n + e_n$$

に等しく、

40

$e_n$  がキャリブレーション誤差であり、

$C_n$  が下記数式、

$$\min \|\Delta C_n\|$$

を解くことによって決まり、

$$\|v_n^c - \Phi_n \Delta C_n\| \leq \varepsilon$$

となるようにし、

$C_n$  が  $K = 0$  ( $s \times \log(M/s)$ ) のスパース性  $s$  を有し、 $\varepsilon$  はキャリブレーション誤差の限界である、方法。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本願は、インタラクティブスクリーンに関し、特に、スクリーンとの接触を感知することに関連する。

## 【背景技術】

## 【0002】

スマートフォン及びタブレットPC（パーソナルコンピュータ）が導入されて以来、インタラクティブスクリーンの人気が高まってきている。インタラクティブスクリーンは、寸法が大きくなってきており、これらのインタラクティブスクリーンの応答性、解像度、及びインテリジェンスに対する需要が増大している。概して、インタラクティブスクリーンは、スクリーン上のノードと呼ばれることもあるセンサがアクティブにされている位置を周期的に検知するために、各センサをスキャンすることにより機能する。センサは、物体（例えば、人の手又はスタイラス）による直接的な物理的接触により、又はセンサに近接する物体により、又は離れたところからセンサを刺激することにより、アクティブにされ得る。

## 【0003】

特定の時間にインタラクティブスクリーン上でアクティブにされるセンサの数は、そのインタラクティブスクリーン上のセンサの数と比較すると比較的少ない。図3は、インタラクティブスクリーンと成される接触のスパース（sparse）特性の一例を示す。図3に示した例では、インタラクティブスクリーンに指が近接しているときアクティブノード上の静電容量が変化する。インタラクティブスクリーン上の、指がインタラクティブスクリーンと近接していない位置では、静電容量は変化しない。

## 【発明の概要】

## 【0004】

インタラクティブスクリーン上のセンサがいつアクティブにされるかを判定する一つの方法は、どのセンサがアクティブにされ、どのセンサがアクティブにされていないかを監視するためにスクリーン上のセンサの全てを周期的にスキャンすることである。フルスキャン（即ち、スクリーン上のセンサの全てをスキャンすること）には時間がかかり得、必要以上に電力を消費し得る。ポータブル電子デバイスでは、電力の量が制限され得るため、電力消費は致命的である。インタラクティブスクリーンを駆動するために用いられる電力の量は、検出及びセンサがアクティブにされる位置特定の精度を保ちつつ、インタラクティブスクリーンの感知複雑性を低減することによって、低減され得る。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0005】

【図1】図1は、容量性タッチスクリーン上の静電容量と共に示す、容量性タッチスクリーン上のセンサの断面図である。

## 【0006】

【図2】図2は、電極の位置を示す容量性タッチスクリーンのレイアウトである。

## 【0007】

【図3】図3は、2本の指が容量性タッチスクリーンと接触した結果の一センサにおける静電容量の変化のグラフである。

## 【0008】

【図4A】図4Aはキャパシタをチャージする電源の概略図である。

## 【0009】

【図4B】図4Bは、チャージされたキャパシタ及びチャージされていないキャパシタの概略図である。

## 【0010】

【図4C】図4Cは、1つのキャパシタから別のキャパシタへ搬送されるチャージの概略図である。

【 0 0 1 1 】

【図 5】図 5 はチャージトランスファ回路の概略図である。

【 0 0 1 2 】

【図 6】図 6 は、容量性タッチスクリーンと接触する物体の位置を判定するための装置の概略図である。

【 0 0 1 3 】

【図 7】図 7 は、本発明の一実施例に従った大センサ間隔トポロジを图示する。

【 0 0 1 4 】

【図 8】図 8 は、本発明の一実施例に従った大センサ間隔トポロジを用いた静電容量の変化の回復を图示する。

10

【 0 0 1 5 】

【図 9】図 9 は、本発明の一実施例に従った小センサ間隔トポロジを用いた静電容量の変化の回復を图示する。

【 0 0 1 6 】

【図 10】図 10 は、本発明の一実施例に従って、静電容量タッチスクリーンと成される接触の位置を判定する方法を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

本明細書における図面及び記載は、概して、スパース・アクティベーション圧縮センシングを用いて、インタラクティブスクリーン上のセンサがアクティブにされる位置を検出するための方法及び装置を開示する。本発明の一実施例において、スパース・アクティベーション圧縮センシングは、同時にアクティブにされるセンサの数（例えば、1 人に対して 10 個又はそれより少ない）が、センサ（ノード）の数（例えば、100 個）より実質的に少ない状況を利用する。同時にアクティブにされるセンサの数がセンサの数より実質的に少ないため、どのセンサがアクティブにされるかを判定するために必要とされる測定の数も低減され得る。フルスキャン手法と比較して必要とされる測定が一層少ないため、インタラクティブスクリーン上のアクティブにされるセンサの位置を検出するために必要とされる回路要素及び電力がより少ない。

20

【 0 0 1 8 】

インタラクティブスクリーン上のアクティブにされるセンサが位置する場所を判定するための本発明の一実施例は、3 つの工程を含む。第 1 の工程の間、N 個のセンサのコラムにおけるセンサが、初期状態に駆動される。初期状態は、この実施例の一部として用いられるスパース・アクティベーション圧縮センシングアルゴリズムを簡易にするように選ばれる。N 個のセンサの状態は、初期状態とそれらが感知する相互作用との関数である。また第 1 の工程の間、N 個のセンサからの出力が、単一の状態に組み合わせられる。N 個のセンサが単一の状態にまとめられた後、この単一状態が電子的にストアされる。

30

【 0 0 1 9 】

本発明のこの実施例の第 2 の工程の間、第 1 の工程が K 回反復される。第 1 の工程が反復される回数 K は、センサの数 N より実質的に少ない。この実施例第 3 の工程の間、インタラクティブスクリーン上のセンサがアクティブにされる位置が、K 個の電子的にストアされた単一状態とスパース・アクティベーション圧縮センシングとを用いて判定される。

40

【 0 0 2 0 】

本発明の別の実施例において、電圧ドライバが、コラムにおけるプリチャージセンサ（ノード）を特有の電圧にプリチャージする。コラムにおけるセンサが特有の電圧  $V_n$  にプリチャージされた後、これらのセンサは並列に電氣的に接続され、これらのセンサからのチャージが参照キャパシタ  $C_{ref}$  に搬送される。参照キャパシタ  $C_{ref}$  上のチャージは、静電容量・電圧コンバータによって、感知された電圧  $V_{sense}$  に変換される。感知された電圧  $V_{sense}$  はタッチスクリーンコントローラにストアされる。1) コラムにおけるセンサを電圧  $V_n$  までプリチャージし、2) センサを並列に接続し、3) センサからのチャージを参照キャパシタ  $C_{ref}$  に搬送し、4) 参照キャパシタ  $C_{ref}$  上のチ

50

ャージを感知された電圧  $V_{sense}$  に変換し、5) 感知された電圧  $V_{sense}$  をタッチスクリーンコントローラにストアするプロセスは、センサのうちの任意のものの静電容量の変化がスパース・アクティベーション圧縮センシングを用いて判定され得る一次方程式を作るため、K 回反復される（ここで、K の値はセンサの数より著しく小さい  $N - 1$ ）。

#### 【0021】

この一次方程式及びスパース・アクティベーション圧縮センシングは、本発明の他の実施例と共に本明細書において後に更に詳細に説明する。

#### 【0022】

図1は、容量性タッチスクリーン100上の静電容量と共に、容量性タッチスクリーン100上のセンサ112を図示する。インジウム錫酸化物（ITO）電極102及び104の二つの層が、LCDスクリーン108の上に置かれる。誘電性材料（例えばプラスチック又はパイレックスガラス）106の層が電極102及び104の二層間に位置する。

#### 【0023】

図2に示すような、M個のロー電極  $RE[0] \sim RE[M-1]$  及びN個のコラム電極  $CE[0] \sim CE[N-1]$  を備えた容量性タッチスクリーンを考える。図2に示す容量性タッチスクリーンは、 $M \times N$  個の静電容量センサ  $S_{0,0} \sim S_{[M-1],[N-1]}$ （ノード）を有し、各センサは、各コラム及びロー電極の交差において寄生容量

$\bar{C}$

を有する。各コラム及びロー電極の交差は、図2において破線の矩形で示されている。コラム及びロー電極の交差において、電極は直接的に接続されない（即ち、それらは互いに短絡されない）。センサ近くの指110（スタイラスなど、指以外の他の物体も用いられ得る）が、電界の一部を接地にシャントし、これは、

$\bar{C}$

と並列に静電容量  $C$  を付加することと同等である。従って、ノード上の感知された静電容量は下記ようになる。

#### 【数1】

$$\text{Equation 1): } C = \bar{C} + \Delta C$$

#### 【0024】

容量性タッチスクリーン200上の各センサ  $S_{0,0} \sim S_{[M-1],[N-1]}$  は、画像における画素として見ることができる。

$\bar{C}$

をCからキャリブレートした後、各ノード上の残りの  $C$  は、容量性タッチスクリーン200と成されるタッチ又は接触の二次元画像を効果的に構成する。タッチは、ピークの形状に反映されるような、指の大きさ、形状、向き、及び圧力などの特性を備えた、画像におけるピークとして検出され得る。容量性タッチスクリーン上のセンサの数に対して小数の指があるとき、画像はスパースであると考えられる。画像がスパースである結果、容量性タッチスクリーン上で指などの物体が位置する場所を判定するためにスパース・アクティベーション圧縮センシング手法が用いられ得る。

#### 【0025】

図3は、2本の指が容量性タッチスクリーンと接触した結果の一センサ上の静電容量の変化のグラフである。図3は、2本の指（即ち、アクティブノード）との接触が成される場所で一センサの静電容量が変化することを図示する。この例では、接触されていないセンサ（即ち、イナクティブノード）の数が、接触されたセンサ（即ち、アクティブノード）の数より著しく大きい。容量性タッチスクリーン上の同時接触がスパースであるため、

検出及び位置特定の精度を保ちつつ、接触感知の複雑性が低減され得る。

【 0 0 2 6 】

図 4 A ~ 図 4 C はチャージトランスファ手法の概略図である。図 4 A ~ 図 4 C に示すように、チャージトランスファは、プリチャージステージとトランスファステージの 2 つのステージで実現される。図 4 A に示すようなプリチャージステージにおいて、キャパシタ C は既知の電源  $V_{drive}$  でチャージされて、定常状態において図 4 B に示すようにチャージ Q が  $Q = (V_{drive} \times C)$  に等しくなるようにされる。図 4 C のトランスファステージにおいて、C 上のチャージ C が  $C_{ref}$  上に搬送されるように、参照キャパシタ  $C_{ref}$  が C と並列に接続される。 $C_{ref}$  上の電圧は  $V_{sense}$  である。総チャージの保存則に従って下記となる。

$$\text{式 2) : } V_{drive} \times C = V_{sense} (C + C_{ref})$$

これは下記のように再配置され得る。

$$\text{式 3) : } V_{sense} = C / (C + C_{ref}) \times V_{drive}$$

この場合、 $C_{ref} \gg C$  であるため、下記となる。

$$\text{式 4) : } V_{sense} = (C / C_{ref}) \times V_{drive}$$

【 0 0 2 7 】

式 4 により、駆動電圧  $V_{drive}$ 、感知電圧  $V_{sense}$ 、及び参照静電容量  $C_{ref}$  の間の比例関係としてセンサ C の静電容量を推定することが可能となる。本発明のこの実施例において、この関係は、容量性タッチスクリーン上で接触が成される場所を判定するために、他のものと共に用いられる。

【 0 0 2 8 】

センサの静電容量を判定するためにチャージトランスファを用いるための代替の方法を図 5 に示す。演算増幅器 5 0 2 が用いられ、 $V_{sense}$  の極性が反転される。また、センサの静電容量を判定するためにチャージトランスファを用いるためのこの方法は、次のように、駆動電圧  $V_{drive}$ 、感知電圧  $V_{sense}$ 、及び静電容量 C の間の比例関係を提供する。

$$\text{式 5) : } V_{sense} = g C V_{drive}$$

ここで g は定数である。

【 0 0 2 9 】

図 6 は、容量性タッチスクリーン 6 0 2 と接触する物体の位置を判定するための装置の概略図である。この実施例において、電圧ドライバ  $VD[0] \sim VD[M-1]$  は、コラム  $C[0] \sim CE[N-1]$  から選択される個別のコラム n における各センサ S を、プリチャージステージの間、ロー電極  $RE[0] \sim RE[M-1]$  を介して特有の電圧まで駆動する。この実施例において、コラム n における各センサ S は、ロー電極  $RE[0] \sim RE[M-1]$  を正の電圧  $V_{drive}$  まで駆動することによりチャージされ、一方、コラム電極  $C[0] \sim CE[N-1]$  は接地される。しかし、他の実施例において、コラム電極  $C[0] \sim CE[N-1]$  は非ゼロ電圧まで駆動されてもよい。

【 0 0 3 0 】

トランスファステージにおいて、選択されたコラム n の全てのセンサが並列に接続され、選択されたコラム n における全てのセンサにわたって蓄積されたチャージが、感知された電圧  $V_{sense}$  を誘導するために参照キャパシタ  $C_{ref}$  上に搬送される。静電容量・電圧コンバータ 6 0 4 は、図 4 A ~ 図 4 C、図 5 に示す手法、又は静電容量を感知された電圧  $V_{sense}$  に変換するために当業界で既知の他の手法を用い得る。感知された電圧  $V_{sense}$  は、タッチスクリーンコントローラ 6 0 6 にストアされ、これは後に用いられる。

【 0 0 3 1 】

プリチャージステージ及びトランスファステージは K 回反復され、各回に電圧の特有のセットを有する。k 番目 ( $k = 0, 1, 2, \dots, K-1$ ) のプリチャージステージの間のコラム n に対するロー m における駆動電圧は、

10

20

30

40

$$V_{m,n}^k$$

である。感知された電圧は下記に等しい。

【数 2】

$$v_n^k = gQ = g \sum_{m=1}^M C_{m,n} V_{m,n}^k$$

Equation 6):

10

ここで、 $g$  は定数であり、 $Q$  は総チャージであり、 $C_{m,n}$  は、 $0 \leq m \leq M-1$  及びコラム  $n$  の交差におけるセンサ  $S$  のノード静電容量である。プリチャージステージ及びトランスファステージが  $K$  回反復された後、 $K$  個のストアされた電圧測定値は、下記の一次方程式に組み合わされ得る。

【数 3】

$$\begin{bmatrix} v_n^0 \\ \vdots \\ v_n^{K-1} \end{bmatrix} = g \begin{bmatrix} V_{0,n}^0 & \cdots & V_{M-1,n}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{0,n}^{K-1} & \cdots & V_{M-1,n}^{K-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{0,n} \\ \vdots \\ C_{M-1,n} \end{bmatrix}$$

20

Equation 7):

【 0 0 3 2 】

上記の式 7) は、行列形式（比例定数  $g$  を無視して）に書くことができ、下記数式により下記が得られ、

$$\text{式 8) : } \mathbf{V}_n = \mathbf{C}_n \times \mathbf{C}_n$$

これは、下記ベクトルに対し下記定義を伴う。

【数 4】

$$\mathbf{V}_n = [v_n^0 \quad \cdots \quad v_n^{K-1}]^T,$$

30

$$\mathbf{C}_n = [C_{0,n} \quad \cdots \quad C_{M-1,n}]^T.$$

また、プリチャージ行列は下記となる。

【数 5】

$$\Phi_n = \begin{bmatrix} V_{0,n}^0 & \cdots & V_{M-1,n}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{0,n}^{K-1} & \cdots & V_{M-1,n}^{K-1} \end{bmatrix}$$

40

【 0 0 3 3 】

一般的に、劣決定である式の系に起因して  $K < M$  である場合、 $\mathbf{V}_n$  から  $\mathbf{C}_n$ （センサ上の静電容量）を固有に回復することは不可能である。しかし、解がスパースであるとき、 $\mathbf{C}_n$  はスパース・アクティベーション圧縮センシングを用いて固有に解くことができる。解をスパースとするために、スクリーン上の接触の数は、スクリーン上のセンサ（ノード

50

）の数より実質的に小さい必要がある。また、この仮定は、各コラム上の小数のセンサのみが同時に接触されるときセンサの各コラムまで拡張され得る。

【 0 0 3 4 】

容量性タッチスクリーンとの接触が成されるとき、静電容量  $C_n$  が変化する。上述のように、容量性タッチスクリーンとの接触は、センサ  $S$  の寄生容量

$$\bar{c}_n$$

と並列の静電容量  $C_n$  をつくる。従って、センサの静電容量の変化が下記により得られる。

【 数 6 】

10

$$\text{Equation 9): } \Delta c_n = c_n - \bar{c}_n$$

ここで、コラム  $n$  の寄生容量が下記により得られる。

【 数 7 】

$$\text{Equation 10): } \bar{c}_n = [\bar{C}_{0,n} \quad \cdots \quad \bar{C}_{M-1,n}]^T$$

$C_n$  に小数の非ゼロエントリしかない（即ち、非常に少ないセンサが接触され、そのため、容量性タッチスクリーン上のセンサの数に対してセンサにおける静電容量の変化が非常に少ない）ため、 $C_n$  はスパースである。式 8 ) を式 9 ) と組み合わせること、項を配置しなおすこと、コラム  $n$  に対するキャリブレートされた電圧測定値を

20

$$v_n^c$$

と定義することで、下記数式が得られる。完全なキャリブレーションの場合は、

【 数 8 】

$$v_n^c = v_n - \Phi_n \bar{c}_n = \Phi_n \Delta c_n$$

30

$$\text{Equation 11):}$$

であり、キャリブレーション誤差  $e_n$  の場合は、下記となる。

【 数 9 】

$$v_n^c = \Phi_n \Delta c_n + e_n$$

$$\text{Equation 12):}$$

【 0 0 3 5 】

40

コラムにおけるセンサの静電容量の変化  $C_n$  は、スパース・アクティベーション圧縮センシングを用いて式 1 2 から判定され得る。例えば、 $C_n$  がランダムガウス又はベルヌーイ行列であり、 $C_n$  が  $s$  のスパース性を有し、 $K = O(s \times \log(M/s))$  ( $O$  は「Order of」を意味し、複雑性の尺度である) であるとき、 $C_n$  の変化は、下記数式を解くことにより固有に回復され得る。

【 数 1 0 】

$$\text{Equation 13): } \min \|\Delta c_n\|_1 \quad \text{such that} \quad \|v_n^c - \Phi_n \Delta c_n\|_2 \leq \epsilon.$$

ここで、 $\epsilon$  はキャリブレーション誤差の限界である。

50



## 【 0 0 3 6 】

実際には、ランダムガウス又はベルヌーイ行列として  $\mathbf{c}_n$  を実装することは困難であるか又はコストがかかり得る。 $\mathbf{c}_n$  を実装するためにテプリッツ又は巡回行列を用いることもできる。また、テプリッツ及び巡回行列は、ハードウェア回路において一層容易に実現され得る（例えば、ランダムシーケンスで円形の畳み込みを実施することにより）。テプリッツ及び巡回行列はまた、一層速い復号を可能とし得る。

## 【 0 0 3 7 】

各センサ（ノード）間の距離が、接触する物体（例えば指）のサイズよりずっと大きい場合、接触物体が、その接触に近接するセンサにおける静電容量変化のみを誘導し得る。この場合  $\mathbf{c}_n$  は、スパースであり、式 1 3 に従って回復され得る。図 7 は、本発明の一実施例に従った、大センサ間隔トポロジーを図示する。各センサ（ノード）が  $\{+V, -V\}$  電圧でランダムにチャージされるように、プリチャージ行列  $\mathbf{c}_n$  における各エントリにランダムベルヌーイ分布が続く。図 8 は、本発明の一実施例に従った、大センサ間隔トポロジーを用いた静電容量の変化  $\mathbf{c}_n$  の回復を図示する。この例では圧縮比（ $M/K$ ）は 8 : 1（即ち、 $M = 256$  及び  $K = 32$ ）である。

## 【 0 0 3 8 】

各ノード間の距離が、接触する物体のサイズに比べて小さい場合、多数のセンサが単一の接触により影響され、 $\mathbf{c}_n$  は、その現在の形式でスパースではない。この場合の解を求めるため、 $\mathbf{c}_n$  の下の  $\mathbf{c}_n$  の突出  $\mathbf{c}_n$  がスパースであるように、スパース化基底（sparsifying basis）が必要とされる。式 1 3 における回復アルゴリズムを、スパース化基底を含むように改変することにより、下記が得られる。

## 【 数 1 1 】

$$\begin{aligned} \min \|\alpha_n\|_1 \quad \text{such that} \quad & \|\mathbf{v}_n^c - \Phi_n \Psi \alpha_n\|_2 \leq \varepsilon \\ & \Delta \mathbf{c}_n = \Psi \alpha_n. \end{aligned}$$

Equation 14):

## 【 0 0 3 9 】

図 9 は、本発明の一実施例に従った、小センサ間隔トポロジーを用いた静電容量の変化の回復を図示する。図 9 に示される実施例はスパース化行列として DFT（離散フーリエ変換）行列を用いる。この例では圧縮比（ $M/K$ ）は 8 : 1（即ち、 $M = 256$  及び  $K = 32$ ）である。

## 【 0 0 4 0 】

他の本発明の実施例では、他のスパース化基底が用いられ得る。例えば、DFT、DCT（離散コサイン変換）、ウェーブレット（ウェーブレットは、ゼロから始まる振幅が増大し、その後減少してゼロに戻る、波状の発振である）、curvelet（curvelet は、マルチスケール物体表現のための非アダプティブ手法である）がスパース化基底として用いられ得る。スパース化基底が判定されるとき、プリチャージ行列  $\mathbf{c}_n$  は、 $\mathbf{c}_n$  と  $\mathbf{c}_n$  の間の相互コヒーレンスを最小化するように更に最適化され得る。その結果、最小限必要とされる測定の数に更に低減され得る。

## 【 0 0 4 1 】

概して、式 1 3 ) 及び 1 4 ) における制約された最適化問題を解決するために 2 つのクラスのアルゴリズムが用いられ得る。式 1 3 ) では、線形 / 凹状最適化が用いられ得る。式 1 4 ) ではグリーディアルゴリズムが用いられ得る。グリーディアルゴリズムはしばしば、それらの演算が簡素であるためハードウェア実現に用いられる。この特定の問題では、 $\mathbf{c}_n$  の 2 つの付加的な特性が利用され得る。第 1 に、 $\mathbf{c}_n$  の非ネガティブ仮定は、 $\mathbf{c}_n$  が適切に設計されるときスパース解を見つけることが保証されるマッチング追跡アルゴリズムの変形につながる。第 2 に、小から中センサ間隔トポロジーでは、 $\mathbf{c}_n$  の非ゼロエントリは、散発的にではなく接触ポイントに近接してまとまっている。このブロック状スパース性特性に従って回復アルゴリズムを高めるためにモデルベースの圧縮感知理論が適用され得る。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 2 】

図 6 に示すコラム方向 (column-wise) 圧縮スパース接触は、グリッド感知方式に拡張され得る。グリッド感知方式において、容量性タッチスクリーン 6 0 2 上の全てのセンサ (ノード)  $S_{[0,0]} \sim S_{[M-1],[N-1]}$  は、プリチャージステージの間、電圧ドライバ  $VD[0] \sim VD[M-1]$  により特有の電圧まで駆動される。トランスファステージの間、全てのセンサ  $S_{[0,0]} \sim S_{[M-1],[N-1]}$  は、並列に接続されて、各個別のセンサにわたって累積された変化が共に混合され、感知された電圧  $V_{sense}$  を導出するように参照キャパシタ  $C_{ref}$  上に搬送される。コラム方向圧縮スパース接触実施例と同様に、容量性タッチスクリーンと成される接触に起因するセンサ上の静電容量の変化  $C_n$  が判定されるように、プリチャージステージ及びトランスファステージが  $K$  回反復される。

10

## 【 0 0 4 3 】

グリッド感知方式は、センサ  $S_{[0,0]} \sim S_{[M-1],[N-1]}$  の総数と比較した、容量性タッチスクリーン 6 0 2 と成されるアクティブ接触の相対的なスパース性を更に利用し得る。従って、上述した同じ最大アクティブ接触ポイント仮定が与えられたとすると、測定の総数は最小化される。

## 【 0 0 4 4 】

図 1 0 は、本発明の一実施例に従って、静電容量タッチスクリーンと成される接触の位置を判定する方法を説明するフローチャートである。工程 1 0 0 2 の間、コラムにおける各センサが、電圧ドライバ  $VD[0] \sim VD[M-1]$  により特有の電圧  $V_{drive}$  までプリチャージされる。コラムにおけるセンサが特有の電圧  $V_{drive}$  までプリチャージされた後、工程 1 0 0 4 に示すように、センサは並列に電氣的に接続される。工程 1 0 0 6 の間、並列に接続された全てのセンサ (ノード) からのチャージが、参照キャパシタ  $C_{ref}$  に搬送される。工程 1 0 0 8 の間、参照キャパシタ  $C_{ref}$  上のチャージは、感知された電圧  $V_{sense}$  に変換される。工程 1 0 1 0 の間、感知された電圧  $V_{sense}$  はタッチスクリーンコントローラ 6 0 6 にストアされる。

20

## 【 0 0 4 5 】

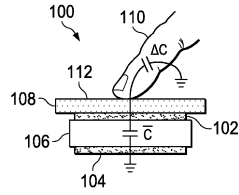
工程 1 0 0 2 ~ 1 0 1 0 が  $K$  回 ( $K$  の値は、コラム内のセンサの数より実質的に小さい) 反復されると、工程 1 0 1 2 は工程 1 0 1 4 に進む。工程 1 0 0 2 ~ 1 0 1 0 が  $K$  回反復されていないとき、工程 1 0 0 2 が再び開始する。工程 1 0 1 4 の間、静電容量の変化  $C_n$  に対する値が、圧縮センシングを用いて式 8 ) を解くことにより判定される。容量性タッチスクリーンとの接触が成される位置は、工程 1 0 1 6 の間、センサの静電容量の非ゼロ値変化  $C_n$  を用いて判定される。

30

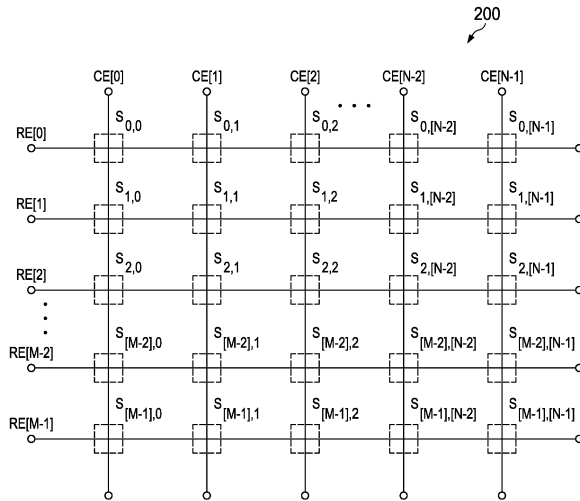
## 【 0 0 4 6 】

当業者であれば、本発明の特許請求の範囲内で、説明した例示の実施例に変形が成され得ること、及び多くの他の実施例が可能であることが分かるであろう。

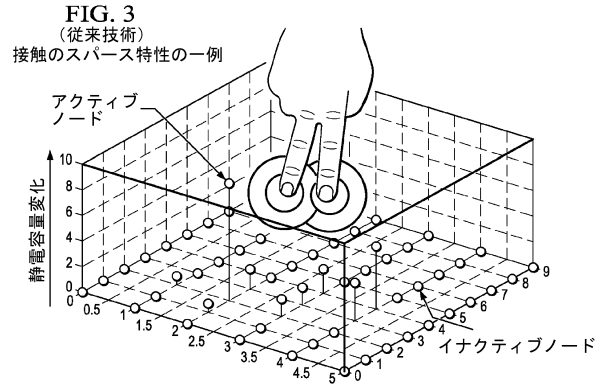
【図 1】

FIG. 1  
(従来技術)

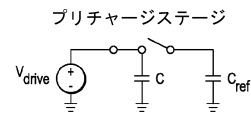
【図 2】

FIG. 2  
(従来技術)

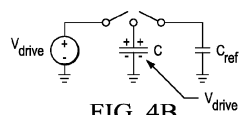
【図 3】



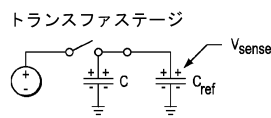
【図 4 A】

FIG. 4A  
(従来技術)

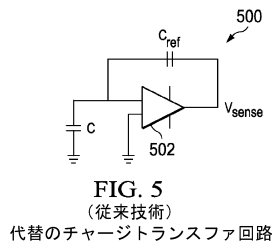
【図 4 B】

FIG. 4B  
(従来技術)

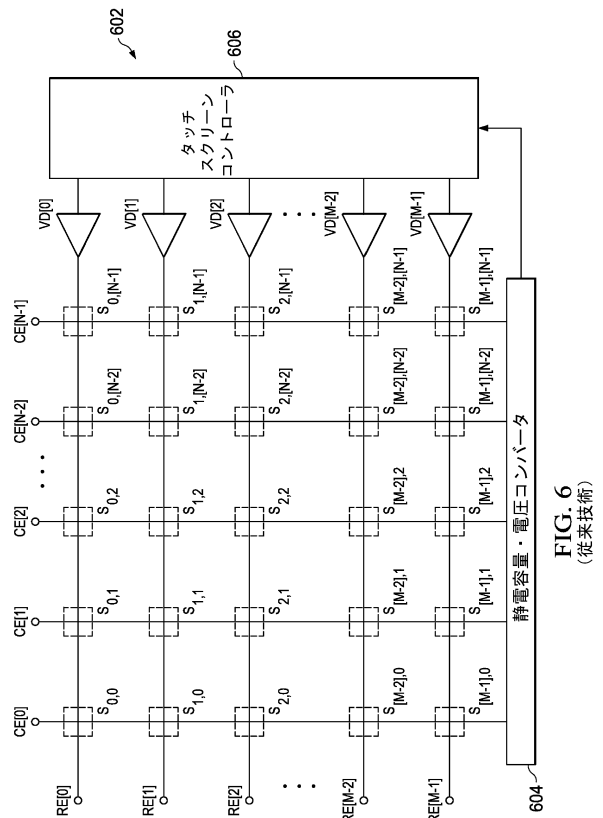
【図 4 C】

FIG. 4C  
(従来技術)

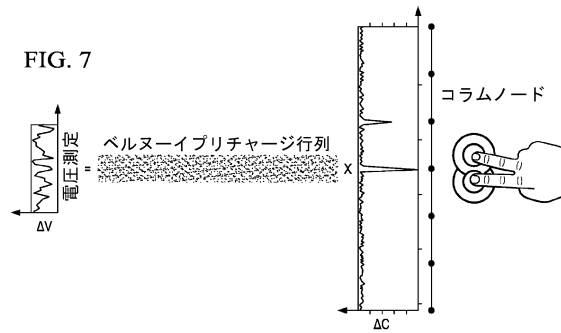
【図 5】

FIG. 5  
(従来技術)  
代替のチャージトランスファ回路

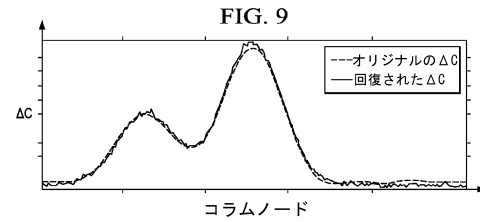
【図 6】

FIG. 6  
(従来技術)

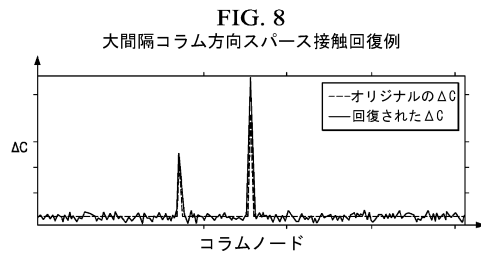
【図 7】



【図 9】



【図 8】



【図 10】

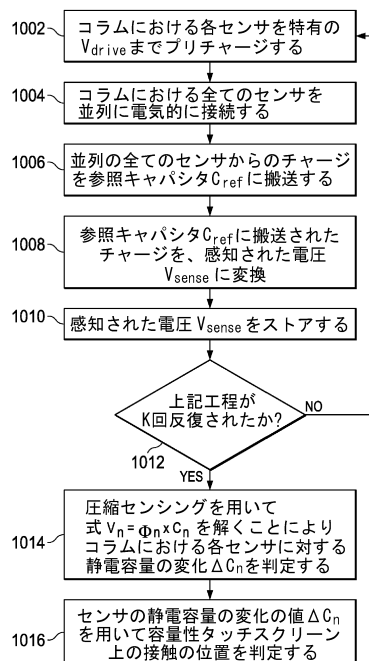


FIG. 10

---

フロントページの続き

- (72)発明者 チェンチ ルオ  
アメリカ合衆国 30339 ジョージア州 アトランタ, エイピーティー 3311, エー  
カーズ ミル ロード エスイー 6640
- (72)発明者 ミリンド アニル ボーカー  
アメリカ合衆国 75248 テキサス州 ダラス 2120, ケラー スプリングス ロード  
5353
- (72)発明者 アーサー ジョン レドファーン  
アメリカ合衆国 75025 テキサス州 プラノ, グランド メサ ドライブ 3448

審査官 星野 裕

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0158167(US, A1)  
米国特許出願公開第2008/0158198(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| G06F | 3/041 |
| G06F | 3/044 |