

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6873124号
(P6873124)

(45) 発行日 令和3年5月19日 (2021.5.19)

(24) 登録日 令和3年4月22日 (2021.4.22)

(51) Int. Cl.	F I
G06F 3/041 (2006.01)	G06F 3/041 522
G06F 3/044 (2006.01)	G06F 3/041 510
	G06F 3/044 120

請求項の数 14 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2018-524392 (P2018-524392)	(73) 特許権者	516247225
(86) (22) 出願日	平成28年11月8日 (2016.11.8)		ケンブリッジ タッチ テクノロジーズ
(65) 公表番号	特表2018-537769 (P2018-537769A)		リミテッド
(43) 公表日	平成30年12月20日 (2018.12.20)		Cambridge Touch Tec
(86) 国際出願番号	PCT/GB2016/053489		hnologies Limited
(87) 国際公開番号	W02017/081453		イギリス CB4 OGN ケンブリッジ
(87) 国際公開日	平成29年5月18日 (2017.5.18)		シャー、 ケンブリッジ、 ミルトン ロ
審査請求日	令和1年6月17日 (2019.6.17)		ード、 ケンブリッジ サイエンス パー
(31) 優先権主張番号	1519948.2		ク 154
(32) 優先日	平成27年11月12日 (2015.11.12)	(74) 代理人	100091904
(33) 優先権主張国・地域又は機関	英国 (GB)		弁理士 成瀬 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タッチスクリーンパネルからの信号の処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タッチパネルセンサ領域の配列を測定することから得られた第一の値の配列を受け取るステップと、

前記第一の値の配列から値の参照配列を差し引くことに基づいて第二の値の配列を生成するステップと、ここで前記第二の配列を生成するステップは、

前記第一の配列から前記参照配列を差し引くことによって第三の配列を生成するステップと、

参照帯域幅値に等しい帯域幅を有する空間低域通過フィルタを用いて前記第三の配列をフィルタリングすることによって前記第二の配列を生成するステップとを備えており、

前記第二の値の配列に従って、少なくとも一つのタッチイベントの存在を判定するステップと、

を備えた方法であって、

否定的な判定の場合には：

重み係数を使用した前記参照配列及び前記第一の配列の指数平滑化法に基づいて新たな参照配列を生成する、又は、前記第一の配列と同じ新たな参照配列を生成するステップと、

、

前記新たな参照配列を記憶するステップとをさらに備え、

肯定的な判定の場合には：

前記第二の配列を出力するステップと、

10

20

前記第二の配列と前記第三の配列との差に基づいて、少なくとも一つのタッチイベントに対応する値を減衰させる第一の量と、いかなるタッチイベントにも対応しない値を減衰させる第二の量とを決定するステップと、

前記第一の量と前記第二の量とに基づいて新たな参照帯域幅値を生成するステップと、
前記新たな参照帯域幅値を記憶するステップと

をさらに備える方法。

【請求項 2】

新たな参照帯域幅値を決定するステップは、
前記第一の量を所定の閾値と比較するステップと、
前記閾値を超える前記第一の量に従って、前記参照帯域幅値から帯域幅の増分を差し引くことによって前記新たな参照帯域幅値を生成するステップと、
を備える請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 3】

新たな基準帯域幅値を決定するステップは、
前記第一の量を前記帯域幅値に関連付ける第一のモデルと、前記第二の量を前記帯域幅値に関連付ける第二のモデルとに基づいて、前記第一の量が所定の閾値を超えることなく前記第二の量が最大化されるような最適な帯域幅値を決定するステップと、
前記最適な帯域幅に基づいて前記新たな参照帯域幅を生成するステップと、
を備える、タッチスクリーンパネルからの信号を処理するための、請求項 2 に記載の方法。 20

【請求項 4】

前記空間低域通過フィルタは線形フィルタである
請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記空間低域通過フィルタは、ピークを備える関数に基づいており、前記ピークは、前記参照帯域幅値によって決定される相対幅を有している
請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記空間低域通過フィルタはガウシアンフィルタであり、前記空間低域通過フィルタの参照帯域幅値は前記ガウシアンフィルタの標準偏差である
請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。 30

【請求項 7】

空間低域通過フィルタを用いて前記第三の配列をフィルタリングすることによって前記第二の配列を生成するステップは、

第四の配列を生成するステップであって、当該第四の配列の各項目は、前記第三の配列の対応する項目を含めて前記第三の配列の少なくとも三つの隣接する行項目を加算することによって算出されることと、

前記第三の行列を生成するステップであって、前記第三の配列の各項目は、前記第四の配列の対応する項目を含めて第四の配列の少なくとも三つの隣接する列項目を加算し、それぞれの倍率係数で除算することによって算出されることと、 40

を備える請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記空間低域通過フィルタは非線形フィルタである
請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

第一の配列の各値は、それぞれのセンサ領域の静電容量に基づいている
請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

第一の配列の各値は、前記それぞれのセンサ領域に印加された力に基づいている
請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の方法。 50

【請求項 1 1】

前記第一の配列の各項目は、前記それぞれのセンサ領域の前記静電容量に基づく第一の値と、前記それぞれのセンサ領域に印加された前記力に基づく第二の値とを有するサブ配列であって、前記第一の配列上で実行される動作は、各サブ配列上において項目単位で実行される

請求項 1 ～ 1 0 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 2】

データ処理装置によって実行されると、当該データ処理装置に、請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の方法を実行させる

コンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータプログラム。

10

【請求項 1 3】

タッチパネルセンサ領域の配列を測定することから得られる第一の値の配列を受け取るように構成されたフレーム読み取りモジュールと、

前記第一の値の配列から値の参照配列を差し引くことに基づいて第二の値の配列を生成するように構成された相関二重サンプルと、ここで前記第二の配列を生成することは、

前記第一の配列から前記参照配列を差し引くことによって第三の配列を生成するステップと、

参照帯域幅値に等しい帯域幅を有する空間低域通過フィルタを用いて前記第三の配列をフィルタリングすることによって前記第二の配列を生成するステップとを備えており、

前記第二の値の配列に依存して少なくとも一つのタッチイベントの存在を判定するように構成されたタッチ決定モジュールと、
を備えており、

20

否定的な判定の場合には：

重み係数を用いて前記参照配列及び前記第一の配列の指数平滑化法に基づいて新たな参照配列を生成し、又は、前記第一の配列と同じ新たな参照配列を生成し、そして

前記新たな参照配列を記憶し、また

肯定的な判定の場合には：

前記第二の配列を出力するようになっており、

さらに、少なくとも一つのタッチイベントの存在の肯定的な判定に対応して、前記第二の配列と前記第三の配列との差に基づいて、少なくとも一つのタッチイベントに対応する値を減衰させる第一の量と、いかなるタッチイベントにも対応しない値を減衰させる第二の量とを決定し、

30

前記第一の量と前記第二の量とに基づいて新たな参照帯域幅値を生成し、

前記新たな参照帯域幅値を記憶するように構成された帯域幅決定モジュールを備える装置。

【請求項 1 4】

センサアレイ内に配置された複数のセンサ領域を備えるタッチパネルであって、各センサ領域がタッチイベントに応じて変化する出力信号を供給するように構成されているタッチパネルと、

請求項 1 3 に記載の装置と、

40

を備えるタッチパネルシステム。

【発明の詳細な説明】

【発明の分野】

【0 0 0 1】

本発明はタッチスクリーンパネルからの信号の処理に関する。

【背景】

【0 0 0 2】

タッチスクリーンパネル（T S P）は民生電子機器に広く使用されている。抵抗方式（resistive）及び静電容量方式（capacitive）のタッチスクリーンパネルは、データ処理機器、特にスマートフォンやタブレットコンピュータやノートパソコンのような携帯機器

50

に入力する手段として広く採用されている。例えばUS2014/0008203A1に記述されたような圧力感知式のタッチスクリーンパネルも関心を増している。

【0003】

使用者のタッチスクリーンパネルに対する入力を検出するためにいかなる機構が使用されているかを問わず、使用者の入力の誤登録は望ましくない。例えば、指先やスタイラスを用いた使用者のインタラクション（interaction）の存在や位置の誤登録である。携帯機器の電池寿命の短縮を避ける為に、タッチスクリーンパネルの電力消費量を低く保つ必要もある。タッチの登録と電力消費量に影響する二つの主要因は、タッチスクリーンパネルからの出力信号に含まれる雑音と多値のオフセットである。

【0004】

タッチスクリーンパネルは一般に、使用者のインタラクション又はタッチイベント（touch events）を、二次元の格子（grid）又は配列（array）の配置内に記録するように配置される。ここで用いられる「タッチイベント」という用語は、指先／指又は適切なスタイラスを用いてタッチスクリーンパネルを触るか又は押すことにより、使用者がタッチスクリーンとインタラクションを行うことを指す。二次元の格子又は配列の配置を持つタッチスクリーンパネルから出力された信号は、対応する配列又はフレームへと並び替えられる。このようなフレームは、タッチスクリーンパネルからの出力信号を全体として視覚化することを助けるための画像として提示されうる。

【0005】

図1はタッチスクリーンパネル内の雑音源を示した図である。灰色のプロットにより図示されているフレーム F_{single} 、 F_0 内において、「DB」とラベル付けされた領域は低信号強度に対応し、「LB」とラベル付けされた領域は中間信号強度に対応し、「R」とラベル付けされた領域は高信号強度に対応する。

【0006】

図1を参照すると、タッチスクリーンパネル内の雑音信号は、例えば、確率的（stochastic）又はランダムな雑音成分1や、確定的（deterministic）又はコモンモード雑音成分2や、オフセット3を含む多くのソースから由来しうる。確率的雑音成分1は、ランダム雑音、例えばタッチスクリーン回路からの熱雑音を表している。確定的雑音成分2は、システムのソース、例えば、50-60Hzの主電源から拾った雑音や、ディスプレイが発生する雑音や、携帯機器の充電器により誘導された電源のスパイクを含むコモンモード雑音を表している。確定的雑音成分2は、タッチスクリーンパネル内の、規則的であるが意図しない信号を包含する。確定的雑音2は、タッチスクリーンパネルを含む他の機器の部品により誘導される場合があり、又は周囲の環境からの結果である場合がある。確率的雑音成分1と確定的雑音成分2の合計は雑音信号4を生成する。実際のところ、雑音4を確率的1と確定的2との成分に厳密に分割することは、ほとんどの場合困難であるか不可能であり、異なる周波数帯域幅はより大きな、又はより小さな確率的1と確定的2の成分の寄与を含みうる。オフセット3は、タッチスクリーンパネルの格子や配列にわたって均一ではない場合がある。オフセット3は、一般的に、個々の電極、電極の交点、センサ等からの読み出しがわずかに異なるDCオフセットを持つ場合があるために生じうる。オフセット3はDCである必要は無く、いくつかのタッチスクリーンパネルでは、オフセット3は時間の経過に従いゆっくりと変化するか又は遷移する場合がある。オフセット3は、タッチスクリーンパネルを組み込んだ機器のハードウェアに起因する場合があり、又は、例えば周囲温度のような周囲環境の要因に起因する場合がある。雑音4はオフセット3と合成され、背景雑音フレーム F_0 を生成する。タッチスクリーンパネルにタッチされた際に得られる信号フレーム F_{single} は、所望のタッチ信号と背景雑音フレーム F_0 との重ね合わせである。

【0007】

図2A、2B及び2Cはタッチスクリーン信号フレーム F_{single} 、 F_{multi} 、 F_0 を示した図である。 F_{single} 、 F_{multi} 、 F_0 のタッチスクリーンパネルフレームを図解している灰色のプロット図において、「DB」とラベル付けされた領

10

20

30

40

50

域は低信号強度に対応し、「LB」とラベル付けされた領域は中間信号強度に対応し、「R」とラベル付けされた領域は高信号強度にそれぞれ対応する。

【0008】

図2A、2B及び2Cも参照すると、タッチスクリーン信号フレームは、単一タッチ信号フレーム F_{single} 、複数タッチ信号フレーム F_{multi} 、又は、背景雑音フレーム F_o のようなタッチのない信号フレームでありうる。用語「単一タッチ」(single-touch)は、使用者の単一の指先又は単一の適切なスタイラスがタッチスクリーンパネルをタッチする又は押すことによる使用者のインタラクションを指す。用語「複数タッチ」(multi-touch)は、使用者の二つあるいはそれ以上の指先、又は二つあるいはそれ以上の適切なスタイラス、又は使用者の指先とスタイラスとの組み合わせがタッチスクリーンパ

10

【0009】

理想的なタッチスクリーンパネルでは、信号フレーム F_o 、 F_{single} 、 F_{multi} は使用者のインタラクションの位置以外は全ての場所にゼロを登録する。しかしながら、一般に、タッチスクリーンの二次元の格子又は配列の配置のほとんど全ての位置はゼロではない値を持つため、タッチイベントに起因する信号は雑音4とオフセット3を十分に上回る必要がある。

【0010】

従って、タッチスクリーンパネルの信号対雑音比(SNR)が損なわれ、結果としてタッチイベントの登録失敗及び／又は実際には発生しなかったタッチイベントの誤登録になる場合がある。高いSNRを得るためには、アクティブタッチスクリーンパネルでは励起電力が増大させられる場合があり、パッシブタッチスクリーンパネルでは増幅利得が増大させられる場合がある。しかしながら、励起電力や増幅利得の増大は、タッチスクリーンパネルの消費電力を増大させ、タッチスクリーンパネルを組み込んだ機器の電池寿命を短くさせる場合がある。アナログ出力を供給するタッチスクリーンパネル、例えば圧力感知式タッチスクリーンパネルでは、SNRはアナログ出力信号、例えばタッチ強度信号の分解能を制限してしまう場合がある。

20

【0011】

タッチスクリーンパネル内の単一電極や電極交点やセンサ等のオフセット3は、固定値を差し引くか又はタッチイベントを登録する為に超えなければならない検出閾値を適用することにより打ち消されうる。しかしながら、タッチスクリーンパネルにまたがるオフセット3の非均一性は、単一の閾値の適用やオフセットの修正を困難にする場合があり、タッチ登録の誤りを避ける為に高い閾値を必要とする場合がある。

30

【0012】

図3はタッチスクリーンパネルの多数の電極から得られたタッチ信号を示した図である。

【0013】

図3を参照すると、タッチスクリーンパネルの1からN番目の電極は対応するオフセット値 Δ_1 、 Δ_2 、 $\dots$ 、 Δ_N を持つ。タッチイベントを登録する為の検出閾値は、少なくとも最大オフセット値 Δ_1 、 Δ_2 、 $\dots$ 、 Δ_N を超えるレベルに設定されるべきである。例えば、タッチスクリーンパネルの出力信号が各電極に対応する電圧信号である場合、電圧閾値 V_{TH} は少なくとも最大のオフセット値 ΔV_1 、 ΔV_2 、 $\dots$ 、 ΔV_N を超えるように設定されるべきである。検出閾値 V_{TH} を最大のオフセット値 ΔV_1 、 ΔV_2 、 $\dots$ 、 ΔV_N に従って設定することは、消費電力を増大させる場合があり、例えば圧力感知式タッチスクリーンパネルからのアナログ出力信号を用いるのに利用可能なダイナミックレンジを減少させる場合もある。

40

【発明の概要】

【0014】

本発明は、タッチパネルからの改善された出力信号処理を提供することを目的とする。

【0015】

50

本発明の第一の態様によれば、タッチパネルセンサ領域の配列を測定することにより得られる第一の値の配列を受け取ることを含む方法が提供される。この方法は、第一の値の配列から値の参照配列を差し引くことに基づいて第二の値の配列を生成することもまた含む。この方法は、第二の値の配列に基づいて、少なくとも一つのタッチイベントの存在を判定することと、否定的な判定の場合には、重み係数を用いて参照配列と第一の配列との指数平滑化法に基づいた新たな参照配列を生成すること（ここで重み係数はゼロ）及び新たな参照行列を記憶することと、肯定的な判定の場合には、第二の配列を出力することを含む。

【0016】

従って、タッチパネルセンサのアレイから計測された値は、センサ領域の雑音信号やオフセットを除去したり又は低減させたりするように修正されうる。従って、修正に使われる参照配列は、雑音環境の変化及び／又はセンサ領域オフセットの遷移に適応させるための修正を可能にする動的な更新がなされうる。

【0017】

タッチイベントは、指先／指又は適切なスタイラスを用いてタッチスクリーンパネルをタッチすること又は押すことによる、使用者がタッチスクリーンとやりとりする（interact）ことを含む。タッチイベントは、タッチスクリーンパネルの近傍に指先／指又は適切なスタイラスを置くことにより使用者がタッチスクリーンパネルとやりとりすることを含む。タッチイベントは、使用者がセンサ領域を直接タッチすること、又は使用者をセンサエリアと隔てる一つ又はそれ以上の層の外側表面をタッチすることを含む。

【0018】

第一の配列の各値は、それぞれのセンサ領域からの電圧か、電流か又は電荷信号を直接計測することにより得られる場合がある。第一の配列の各値は、それぞれのセンサ領域から直接計測された電圧か、電流か又は電荷信号の一つ又はそれ以上のパラメータに基づいて得られる場合がある。第一の配列の各値は、それぞれのセンサ領域と一つ又はそれ以上の他のセンサ領域から直接計測された二つ又はそれ以上の電圧か、電流か又は電荷信号に基づいて得られる場合がある。

【0019】

タッチスクリーンパネルは、第一の方向において延在する複数の第一の電極と、第一の方向とは異なる第二の方向において延在する複数の第二の電極を含む。第一と第二の電極は、格子を形成し、格子の各交点は、それぞれのセンサ領域を定義しうる。センサ配列の各センサ領域は、それぞれの個別のセンサに対応しうる。

【0020】

第二の配列の生成は、第一の配列から参照配列を差し引くことで第三の配列を生成することと、参照帯域幅と等しい帯域幅を持つ空間低域通過フィルタを用いて第三の配列をフィルタリングすることによって第二の配列を生成することを含む。

【0021】

従って、参照配列とは相関付けられていない雑音信号は、空間低域通過フィルタリングの平滑化効果により低減されうる。

【0022】

この方法はさらに、第二の配列と第三の配列との差に基づいて、少なくとも一つのタッチイベントに対応する値が減衰する第一の量と、いかなるタッチイベントにも対応しない値が減衰する第二の量とを決定することと、第一の量と第二の量とに基づいて新たな参照帯域幅値を生成することと、新たな参照帯域幅値を記憶することを含む。

【0023】

従って、第三の配列の空間低域通過フィルタリングの帯域幅は、雑音信号とタッチ信号の相対的な減衰を最適化するように動的に変更されうる。このことによって、周囲環境や、タッチパネルセンサアレイの使用者や、例えば指先の使用からスタイラスの使用へのような使用者の入力方法の一つ又はそれ以上において変更が発生した際に、雑音信号の低減を向上させることができる。

【0024】

新たな参照帯域幅値を決定することは、あらかじめ決められた閾値と第一の量とを比較することと、閾値を超える第一の量に基づいて、参照帯域幅値から帯域幅の増分を差し引くことにより新たな参照帯域幅値を生成することを含みうる。

【0025】

新たな参照帯域幅は、閾値を超えない第一の量に基づいて、参照帯域幅値に帯域幅の増分を加算することにより生成されうる。帯域幅の増分は、あらかじめ決めうる。帯域幅の増分は、第三の行列に基づいて動的に決定されうる。

【0026】

新たな参照帯域幅値を決定することは、第一の量を帯域幅の値に関連付ける第一のモデルと第二の量を帯域幅の値に関連付ける第二のモデルとに基づき、第一の量があらかじめ決められた閾値を超えることがないように第二の量が最大化される方法で最適な帯域幅の値を決定することと、その最適な帯域幅に基づいて新たな参照帯域幅を生成することを含みうる。

10

【0027】

空間低域通過フィルタは線形フィルタでありうる。空間低域通過フィルタはガウシアンフィルタである場合があり、空間低域通過フィルタの参照帯域幅値はガウシアンフィルタの標準偏差でありうる。

【0028】

空間低域通過フィルタを用いて第三の配列をフィルタリングすることで第二の配列を生成することは、第四の配列を生成することを含んでおり、ここで第四の配列の各項目は、第三の配列の対応する項目を含めて第三の配列の少なくとも三つの隣接する行の項目を加算することによって算出され、また、第三の配列を生成することを含んでおり、ここで第三の配列の各項目は、第四の配列の対応する項目を含めて第四の配列の少なくとも三つの隣接する列の項目を加算し、それぞれの倍率係数により除算をすることによって算出される。

20

【0029】

空間低域通過フィルタは非線形フィルタでありうる。

【0030】

第一の配列の各値はそれぞれのセンサ領域の静電容量に基づいていてよい。第一の配列の各値はそれぞれのセンサ領域に印加された力に基づいていてよい。第一の配列の各項目は、それぞれのセンサ領域の静電容量に基づく第一の値と、それぞれのセンサ領域に印加された力に基づく第二の値とを持つサブ配列であってよく、第一の配列上で実行される処理は、各サブ配列上で項目ごとに実行される。

30

【0031】

この方法は、1から5 dB、5から10 dB、10から15 dB、又は15 dBより多い分だけ、タッチイベントに対応する出力信号の成分の信号対雑音比を高めうる。この方法は、1から5 dB、5から10 dB、10から15 dB、15から20 dB、又は20 dBより多い分だけ、雑音信号に対応する出力信号の成分を減衰させうる。

【0032】

40

本発明の第二の態様によれば、データ処理装置により実行されるとデータ処理装置にタッチスクリーンパネルからの出力信号の処理方法を実行させる、コンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータプログラムが提供される。

【0033】

本発明の第三の態様によれば、データ処理装置により実行されるとデータ処理装置にタッチスクリーンパネルからの出力信号の処理方法を実行させる、非一時的なコンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータプログラム製品が提供される。

【0034】

本発明の第四の態様によれば、タッチパネルセンサ領域の配列を計測することで得られる第一の値の配列を受け取るように構成されたフレーム読み取りモジュールを含む装置が

50

提供される。この装置はまた、第一の値の配列から値の参照配列を差し引くことに基づいて第二の値の配列を生成するように構成された相関二重サンプリングを含む。この装置はまた、第二の値の配列に基づいて少なくとも一つのタッチイベントの存在を判定し、否定的な判定の場合には重み係数を用いた参照配列と第一の配列との指数平滑化法に基づいて新たな参照配列の生成を行うとともに、新たな参照行列を記憶し、肯定的な判定の場合には第二の配列を出力するように構成されたタッチ決定モジュールも含む。

【0035】

本発明の第五の態様によれば、センサアレイ内に配置された複数のセンサ領域を含むタッチパネルと、タッチイベントに応じて変化する出力信号を供給するように構成された各センサ領域と、前記装置とを含むタッチパネルシステムが提供される。

10

【0036】

タッチパネルの各所与のセンサ領域は、所与のセンサ領域の静電容量に基づいて出力信号を供給するように構成されうる。タッチパネルの各所与のセンサ領域は、所与のセンサ領域に印加された力に基づいて出力信号を提供するように構成されうる。タッチパネルの各所与のセンサ領域は、所与のセンサ領域の静電容量と所与のセンサ領域に印加された力とに基づいて単一の出力信号を供給するように構成されうる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

添付の図面を参照し、本発明の特定の実施形態を例として下記に記述する。

【図1】図1はタッチスクリーンパネル内の雑音源の図である。

20

【図2A】図2Aは単一タッチイベントからの信号フレームの図である。

【図2B】図2Bは複数タッチイベントからの信号フレームの図である。

【図2C】図2Cはいかなるタッチイベントも存在しない信号フレームの図である。

【図3】図3はタッチスクリーンパネルの多数の電極から得られたタッチ信号の図である。

。

【図4】図4はタッチスクリーンパネルとタッチコントローラとを含むタッチスクリーンシステムの概略図である。

【図5A】図5Aは第一の投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの電極配置の概略図である。

【図5B】図5Bは第二の投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの電極配置の概略図である。

30

【図5C】図5Cは第三の投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの電極配置の概略図である。

【図6A】図6Aは投影型静電容量式タッチスクリーンパネルを横から見た概略図である。

。

【図6B】図6Bはタッチイベント中の投影型静電容量式タッチスクリーンパネルを横から見た図である。

【図7A】図7Aは投影型静電容量式タッチスクリーンパネルからの電圧出力信号の概略図である。

【図7B】図7Bは投影型静電容量式タッチスクリーンパネルからの相関二重サンプリングされた電圧信号の概略図である。

40

【図8】図8は信号雑音比の改善と相関二重サンプリングのサンプル周波数との間の関係の概略的な描写図である。

【図9】図9はタッチスクリーンパネルからの出力信号処理の第一の方法のプロセスフロー図である。

【図10A】図10Aは単一タッチイベントからの信号を示した図である。

【図10B】図10Bは相関二重サンプリングに従った単一タッチイベントからの信号を示した図である。

【図10C】図10Cは複数タッチイベントからの信号を示した図である。

【図10D】図10Dは相関二重サンプリングに従った複数タッチイベントからの信号を

50

示した図である。

【図 1 1 A】図 1 1 A は、第一の方法とスキャン周波数 60Hz の投影型静電容量式タッチスクリーンパネルとを用いて行われた実験から得られた、正規化された雑音出力の電力スペクトル密度プロットを示した図である。

【図 1 1 B】図 1 1 B は、第一の方法とスキャン周波数 30Hz の投影型静電容量式タッチスクリーンパネルとを用いて行われた実験から得られた、正規化された雑音出力の電力スペクトル密度プロットを示した図である。

【図 1 2】図 1 2 は雑音スパイクの大きさを低減する空間フィルタリングを示した図である。

【図 1 3】図 1 3 は、タッチスクリーンパネルを組み込んだバックライト付き液晶ディスプレイの積み上げ構造の例を横から見た概略図である。

【図 1 4】図 1 4 は液晶ディスプレイの上方に設置された銅片により検出された、液晶ディスプレイの雑音のオシロスコープトレースを示した図である。

【図 1 5】図 1 5 は信号値の配列に対する線形空間低域通過フィルタのマスク適用の概略図である。

【図 1 6 A - 1 6 B】図 1 6 A と 1 6 B とは信号値の格子の概略図である。

【図 1 7 A - 1 7 D】図 1 7 A から 1 7 D は、それぞれ標準偏差 0.5、1、2、及び 4 のガウシアンフィルタマスクの係数の投影表面プロットを示した図である。

【図 1 8】図 1 8 はタッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法の処理フロー図である。

【図 1 9】図 1 9 は生の出力信号の正規化電力スペクトル密度プロットと、相関二重サンプリングされた信号と、相関二重サンプリングされかつフィルタリングされた信号とを比較した図である。

【図 2 0 A - 2 0 B】図 2 0 A と 2 0 B とはガウシアンフィルタマスクの標準偏差に対する雑音スパイクの減衰とタッチ信号の減衰とをプロットした図である。

【図 2 1】図 2 1 は高調波単一周波数信号に対して相関二重サンプリングを適用した異なるケースを示した表である。

【図 2 2】図 2 2 はタッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一と第二の方法を試験する為に用いられる実験的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの具体例を示した図である。

【詳細な説明】

【0038】

以下の記述においては、同様の部分には同様の参照符号を付した。

【0039】

図 4 はタッチスクリーンパネル 6 とタッチコントローラ 7 とを含むタッチスクリーンシステム 5 の概略図である。

【0040】

図 4 を参照すると、タッチスクリーンパネルは、センサ領域 $I_{n, m}$ の二次元 $N \times M$ 格子 8 を含んでいる。 $I_{n, m}$ は、第一の方向 d_1 に離間した N 個のセンサ領域の n 番目と、第二の方向 d_2 に離間した M 個のセンサ領域の m 番目を示す。第一と第二の方向 d_1 、 d_2 は、例えば、直角な x と y 方向でありうる。センサ領域 $I_{n, m}$ は、特徴的な寸法 l を有し、第一及び第二の方向 d_1 、 d_2 において量 s だけ離間している。センサ領域 $I_{n, m}$ は活性領域 A_s を有しており、第一及び第二の方向 d_1 、 d_2 において同じ形状を有していても有していなくてもよい。センサ領域 $I_{n, m}$ は、第一及び第二の方向において同じ量 s 、例えば $l_1 \neq l_2$ だけ離間していても、そうでなくてもよい。各センサ領域 $I_{n, m}$ は、典型的には、第一の方向 d_1 に延びる電極 X_n と第二の方向 d_2 に延びる電極 Y_m との重なり、又は交差によって定義され、第一の電極 $X_1, \dots, X_n, \dots, X_N$ と第二の電極 $Y_1, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ は格子 8 を定義している。しかし、各センサ領域 $I_{n, m}$ は代わりに、別個のセンサでありうる。センサ領域 $I_{n, m}$ は、タッチスクリーンパネル 6 の種類に応じて、静電容量や抵抗や圧力のうちの 1 つ又はそれ以上を示す信号を生

10

20

30

40

50

成しうる。

【0041】

タッチコントローラ7は、フレーム読み取りモジュール9と、相関二重サンブラ10と、参照フレーム記憶部11と、タッチ決定モジュール12とを含む。このタッチコントローラ7は、オプションとして、空間低域通過フィルタ13や、フィルタマスク記憶部14や、帯域幅決定モジュール15や、信号減衰モデル記憶部16や、雑音減衰モデル記憶部17を含む。フレーム読み取りモジュール9と、相関二重サンブラ10と、タッチ決定モジュール12と、オプションとしての空間低域通過フィルタ13や帯域幅決定モジュール15は、一つあるいはそれ以上のハードウェアモジュールによって提供されてよく、又は一つあるいはそれ以上のデータプロセッサによって実行されるモジュールとして提供されう

10

【0042】

フレーム読み取りモジュール9は、センサ領域 $I_{n, m}$ からの出力信号を読み取り、それらを信号フレーム行列又は配列として並び替える。センサ領域 $I_{n, m}$ からの出力信号は、 $F(n, m)$ で表され、整数の添え字 n と m とは、センサ領域 $I_{n, m}$ からの出力信号を記憶するフレーム配列内の項目の行及び列を表す。このようにして、センサ領域 $I_{n, m}$ からの出力信号は、格子8内のそれぞれのセンサ領域 $I_{n, m}$ の相対位置に対応するフレーム $F(n, m)$ 内の相対位置に記憶される。フレーム読み取りモジュール9は、走査周波数 f_s でフレーム $F(n, m)$ を読み出す。読み出された第一フレームの信号値を $F(n, m, 1)$ 、そして読み出された第 k フレームの信号値を $F(n, m, k)$ とする。タッチスクリーンシステム5が最初に電源投入されると、読み出された第一のフレーム $F(n, m, k)$ は参照フレーム $F_0(n, m)$ として参照フレーム記憶部11に記憶される。フレーム $F(n, m, k)$ は、画像と同様に扱うことができ、これによりタッチイベントに対応するタッチスクリーン信号を画像として視覚化することができ、画像処理方法

20

30

【0043】

フレーム読み取りモジュール9は、センサ領域 $I_{n, m}$ 全体を走査し、例えばラスタ走査 (raster scan) を行いうる。あるいは、フレーム読み取りモジュール9は、例えば、センサ領域 $I_{n, m}$ が電極 X_n 、 Y_m の交点ではなく個別のセンサである場合に、同時に各センサ領域 $I_{n, m}$ を読み出しうる。走査周波数 f_s は、典型的には約20Hzから約200Hzまでの間である。原理的には、より高速な又はより低速な走査周波数 f_s が可能であるが、走査周波数 f_s が遅いと、遅い応答時間、又は短いタッチイベントの登録を失敗する結果になる場合があり、また、高速な走査周波数 f_s は所与の典型的な使用者のインタラクション速度に対して冗長となりうる。フレーム読み取りモジュール9はアクティブでもパッシブでもよい。フレーム読み取りモジュール9がアクティブである場合、出力信号を読み取ることに加えて、読み取られるセンサ領域 $I_{n, m}$ に励振信号が指定される場合がある。例えば、投影型静電容量式タッチスクリーンパネルでは、フレーム読み取りモジュールは、駆動電極 D_n に励起信号を送り、感知電極 S_m から出力信号を読み出す。フレーム読み取りモジュール9がパッシブである場合、フレーム読み取りモジュールは、センサ領域 $I_{n, m}$ からの出力信号のみを受け取り、オプションとしてそれを増幅する。例えば、フレーム読み取りモジュール9は、圧力感知式タッチスクリーンパネル内の圧電センサから電荷を受け取って増幅しうる。フレーム読み取りモジュール9は、いくつかの量、例えば静電容量や圧力について、アクティブ及びパッシブの読み取りを同時に組み合わせる場合がある。

40

50

【0044】

相関二重サンブラ10は、フレーム読み出しモジュール9からの現在の信号フレーム $F(n, m, k)$ と参照フレーム記憶部11からの参照フレーム $F_0(n, m)$ とを受け取り、次のような相関二重サンプリングを用いて修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ を算出する。

$$F_{CDS}(n, m, k) = F(n, m, k) - F_0(n, m) \quad (1)$$

ここで $F_{CDS}(n, m, k)$ は修正された信号値であり、 $F(n, m, k)$ はセンサ領域 $I_{n, m}$ に対応する読み出し信号値である。添え字 k は、例えば、現在の読み出し信号フレーム $F(n, m, k)$ と次の信号フレーム $F(n, m, k+1)$ とを区別するために使用され、 k の上限はない。修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ は、 k の各値に対して、整数値 n, m が、ある項目の行及び列を表す配列又は行列として表されうる。相関二重サンブラ10は、オフセット3と雑音4のコモンモード成分とを除去又は低減し、このことにより、タッチ決定モジュール12がタッチイベントを誤登録する可能性を低減しうる。

【0045】

タッチ決定モジュール12は、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ を受け取り、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ の信号値に基づいてタッチイベントが発生したか否かを判定する。例えば、タッチ決定モジュール12は、閾値を適用して、単一つ又は複数タッチイベントに対応するような閾値を超える信号値 $F_{CDS}(n, m, k)$ を登録する場合がある。タッチイベントが発生したとタッチ決定モジュール12が判定した場合、タッチイベントを特徴付けるタッチ情報18が決定され、機器中央処理装置(CPU)19に送られる。このタッチ情報18は、例えば、タッチイベントの数及び各タッチイベントの位置などの情報を含みうる。タッチ情報18は、機器CPU19によって実行されているオペレーティングシステム又はアプリケーションへの入力を提供する。タッチスクリーンパネルが力又は圧力感知式タッチスクリーンパネルである場合、タッチ情報18は力又は圧力値を含みうる。もしタッチ決定モジュール12が修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ 内でタッチイベントを何も検出しない場合、タッチ決定モジュール12は、参照フレーム $F_0(n, m)$ を現在の修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ に置き換える。

【0046】

このようにして、記憶された参照フレーム F_0 は、タッチイベントが発生しない最も最近読み出されたフレームを反映するために動的に更新される。これにより、タッチスクリーンシステム5は、タッチスクリーンパネル6が経験する雑音4の変化に動的に合わせることができる。

【0047】

オプションの空間低域通過フィルタ13は、相関二重サンブラ10から修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ を受け取り、フィルタリングされたフレーム $F_{LPSF}(n, m, k)$ をタッチ決定モジュール12に提供しうる。フィルタリングされたフレーム $F_{LPSF}(n, m, k)$ は、 k の各値に対して、整数値 n, m が項目の行及び列を示す配列又は行列として表されうる。空間低域通過フィルタ13は、平均フィルタやガウシアンフィルタなどの線形フィルタの形をとってよく、マスク記憶部14から受け取る下記の寸法 $L \times W$ の係数 $C_{i, j}$ の行列又は配列の形式のマスクを使用して、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ をフィルタリングしうる。

$$F_{LPSF}(n, m, k) = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{W-1} C_{i, j} \times F_{CDS}\left(n+i-\frac{L-1}{2}, m+j-\frac{W-1}{2}\right) \quad (2)$$

ここで、 L と W とは正の奇数であり、 i と j とはフィルタ係数 $C_{i, j}$ の添え字である。

エッジとコーナーの信号フレーム値、つまり $N = 1$ 又は $n = N$ 及び $m = 1$ 又は M の時の $F_{CDS}(n, m, k)$ には、異なるマスク係数 $C_{i, j}$ を使用しうる。空間低域通過フィルタは、相関二重サンプリングによって除去されない無相関の雑音スパイクを減衰させるため、タッチ決定モジュール 12 がタッチイベントを誤登録する可能性を低減させる。

【0048】

空間低域通過フィルタ 13 は線形フィルタとして記載されているが、空間低域通過フィルタ 13 は、例えば中央値フィルタのような非線形フィルタであってよい。

【0049】

帯域幅決定モジュール 15 は、フィルタリングされたフレーム $F_{LPSF}(n, m, k)$ とタッチ情報 18 とをタッチ決定モジュール 12 から受け取り、空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅が調整を必要とするか否かを判定する。帯域幅決定モジュール 15 は、相関二重サンプリング後のタッチ信号と残留雑音とを区別するためにタッチ情報 18 を用いる。例えば、タッチ決定モジュールによってタッチイベントの一部と判定されたセンサ領域 $I_{n, m}$ に対応する信号値 $F_{CDS}(n, m, k)$ と $F_{LPSF}(n, m, k)$ とは信号値であり、それ以外のゼロでない信号値は残留雑音である。帯域幅決定モジュール 15 は、タッチ信号の減衰と残留雑音の減衰とを決定し、マスク記憶部 14 に記憶された係数 $C_{i, j}$ を置き換えることによって空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅を更新すべきかどうかを決定する。例えば、帯域幅決定モジュール 15 は、閾値量未満のタッチ信号の減衰を維持しながら残留雑音の減衰を最大にするために、空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅を調整しうる。

【0050】

帯域幅決定モジュール 15 は、空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅を増分量で更新しうる。あるいは、帯域幅決定モジュール 15 は、信号減衰モデル記憶部 16 から受け取った信号減衰モデルと、雑音減衰モデル記憶部 17 から受け取った雑音減衰モデルとに基づいて、空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅を更新しうる。信号減衰モデルは、タッチ信号の減衰と空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅との間の関係を表現する。雑音減衰モデルは、雑音信号の減衰と空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅との関係を表現する。

【0051】

タッチコントローラ 7 の詳細は、タッチスクリーンパネル 6 からの出力信号を処理する第一と第二の方法に関連付けて説明する。

【0052】

タッチスクリーンパネル 6 からの出力信号を処理する第一と第二の方法は、二次元の格子又は配列の構成 8 に配置されたセンサ領域 $I_{n, m}$ に対応する信号を出力する、任意のタイプのタッチスクリーンパネル 6 と共に使用されうる。しかしながら、タッチスクリーンパネル 6 からの出力信号を処理する第一と第二の方法を記述する前に、適切な種類のタッチスクリーンパネル 6 の一例、すなわち投影型静電容量式タッチスクリーンについて簡単に論じることが有用であろう。

【0053】

静電容量式タッチスクリーンパネル

投影型静電容量式タッチスクリーンパネルは、タッチイベントを検出するために電極における静電容量の変化を測定する。投影型静電容量 (projected capacitance) という用語は、投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの電極がタッチイベントを検出するために導電性物体によって物理的に触れられる必要がないという事実を指している。一般に、投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの電極は、例えばガラス又は透明なポリマーで作られたスクリーンの背後に配置されうる。例えばユーザの指先 22 (図 6 B) 又は導電性スタイラスのような導電性の物体がスクリーンをタッチすると、電界線は乱され、したがって電荷分布、すなわち静電容量を変調する。

【0054】

投影型静電容量式タッチスクリーンパネルは、個々の電極の自己静電容量又は電極対間

10

20

30

40

50

の相互静電容量に応じて動作しうる。相互静電容量操作は複数タッチイベントをサポートし、電磁干渉（EMI）に対してあまり敏感ではない。

【0055】

図5Aと5Bと5Cとは、相互静電容量を使用する投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20、21、22の電極の例示的な配置の概略図である。

【0056】

図5Aを参照すると、第一の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20は、多数の駆動電極 $D_1, D_2, \dots, D_N$ の形態の第一電極 X_n と、誘電材料層23の上に配置された多数の感知電極 $S_1, S_2, \dots, S_M$ の形態の第二電極 Y_m とを含む。誘電材料層23は、第一及び第二の垂直方向 x, y によって定義される平面内に延在し、誘電材料層23のいかなる平面内次元と比べても格段に薄い、第一及び第二の方向 x, y に垂直な第3の方向における厚さを有する。感知電極 S_m は、誘電材料層23の第一の面、例えば上面に配置され、駆動電極 D_n は、誘電材料層23の第一の面とは第三の方向において反対側の第二の面に配置される。駆動電極 D_n は、第一の方向 x に伸びて互いに平行に配向された導電性材料の矩形片の形態をとる。駆動電極 D_n は、第一の方向 x に垂直な第二の方向 y において量 s だけ離間されている。感知電極 S_m は、第二の方向 y に伸びて互いに平行に配向された導電性材料の矩形片の形態をとる。感知電極 S_m は、第二の方向 y に垂直な第一の方向 x において量 s だけ離間されている。

【0057】

誘電材料層23は、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20が、例えば有機発光ダイオード（OLED）又は液晶（LC）ディスプレイであるディスプレイ上に重なるか、又は組み込まれているときは、一般に透明である。例えば、誘電材料層23はガラスの場合があり、又は例えばポリエチレンテレフタレート（PET）あるいは同様のプラスチックなどの透明ポリマーであってよい。投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20がディスプレイ上に重なるか、又はディスプレイに組み込まれたとき、駆動電極及び感知電極 D_n, S_m もまた透明であってよい。例えば、駆動電極及び第二電極 D_n, S_m は、酸化インジウム錫（ITO）又は酸化インジウム亜鉛（IZO）で形成されうる。

【0058】

図5Bも参照すると、第二の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル21は、駆動電極及び感知電極 D_n, S_m が異なる形状であることを除いて、第一の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20と同じである。第二の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル21において、駆動電極 D_n は、第一の方向 x において離間し、細長い導電材料25によって接続された多数のダイヤモンド形状の導電材料領域24の形態をとる。感知電極 S_m は、第二の方向 y において離間し、細長い導電材料27によって接続された多数のダイヤモンド形状の導電材料領域26の形態をとりうる。

【0059】

図5Cも参照すると、第三の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル22は、駆動電極及び感知電極 D_n, S_m が異なる形状であることを除いて、第一及び第二の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20、21と同じである。第三の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル22において、駆動電極 D_n は、第一の方向 x において伸びていて、第一の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20の駆動電極 D_n と比較して、第二の方向 y において比較的広い幅を有する矩形片の形状をとりうる。感知電極 S_m は、第二の方向 y において離間し、細長い導電性材料30によって接続された多数の比較的狭い「Z字形」の導電材料領域28の形態を取りうる。第三の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル22の駆動電極及び感知電極 D_n, S_m は、感知電極 S_m の各Z字形導電性領域28が対応する駆動電極 D_n の上に重なるように配置される。第三の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル22の駆動電極及び感知電極 D_n, S_m は、特に各駆動電極 D_n の幅において、Z字形導電性領域28のどの部分もそれぞれの駆動電極 D_n の上に重ならないようにサイズが決められている。これは、しばしば「フラディング」（flooded）構成と呼ばれる。感知電極 S_m は、必ずしもZ字形の導電性領域28を使用する必要はなく、例

えば、「H字形」又は「I字形」の導電材料領域のような、駆動電極 D_n の上に重なる他の細長い形状を用いてもよい。

【0060】

第一、第二及び第三の投影型静電容量式タッチスクリーンパネルにおいて駆動電極 D_n としてラベル付けされた電極は、代わりに感知電極 S_n として動作してよく、感知電極 S_m としてラベル付けされた電極は、代わりに駆動電極 D_m として動作してよい。いくつかの例では、電極は必ずしも固定された役割を有する必要はなく、駆動電極と感知電極との間で役割を入れ替えてよい。

【0061】

投影型静電容量式タッチスクリーンパネルは、第一、第二又は第三の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22に関連して記述した電極配置を必ずしも使用する必要はない。代わりに、一対の電極間の相互静電容量の測定に適した、任意の二次元の格子又は配列の電極が使用されうる。

10

【0062】

図6Aは、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22の概略断面図である。図6Bは、タッチイベント中の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22の概略断面図を示す。

【0063】

図4から図6Bを参照すると、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22の電極は、カバーレンズ30で覆われていてよい。カバーレンズ30は一般的に透明であり、例えばガラス又はPETのような透明な材料で形成されうる。

20

【0064】

駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m の各交点はセンサ領域 $I_{n,m}$ を定義し、各交点 $I_{n,m}$ は、駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m の適切な組み合わせを指定するタッチコントローラ7のフレーム読み取りモジュール9によって個別に測定されうる。例えば、交点 $I_{n,m}$ に対応する駆動電極 D_n は駆動信号31によって駆動され、指定された交点 $I_{n,m}$ の各感知電極 S_m からは出力信号32が読み出される。駆動信号31は、例えば、正弦波形、方形波形、他のAC／パルス波形又はDCバイアス電圧のような電圧信号の形態を取りうる。駆動電極と感知電極 D_n 、 S_m の各対は、センサ領域 $I_{n,m}$ を提供する交点を定義し、全ての交点 $I_{n,m}$ は完全な信号フレーム $F(n, m, k)$ を測定するために投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22から順次読み出される。このようにして、単一タッチイベント及び複数タッチイベントの両方が登録されうる。

30

【0065】

タッチイベントが存在しない場合、任意の所与の交点 $I_{n,m}$ に対応する駆動電極及び第二の電極 D_n 、 S_m は、基準相互静電容量 C_M を定義する。駆動電極と感知電極 D_n 、 S_m との間の相互静電容量は、駆動信号31と出力信号31とに基づいて、フレーム読み取りモジュール9によって判定される。フレーム読み取りモジュール9は、任意の既知の方法、例えば、駆動／出力信号31、32の振幅、位相又は周波数の参照信号に対する変化に基づく方法を使用して、駆動電極と感知電極 D_n 、 S_m との間の相互静電容量を判定しうる。あるいは、フレーム読み取りモジュール9は、駆動電極及び第二の電極 D_n 、 S_m の時定数及び／又は充放電時間に基づいて相互静電容量を判定しうる。

40

【0066】

タッチイベントの間、追加の静電容量 C_F は、電極と使用者の指先33又は適切な導電性スタイラス（図示せず）とを結合する。追加の静電容量 C_F は、プロセッサ又はタッチコントローラによって測定された相互静電容量を、基準相互静電容量 C_M から量 ΔC だけ変化させる。タッチイベント中の静電容量変化 ΔC の大きさは固定されておらず、例えば、使用者の指先33又は適切な導電性スタイラスの接触面積のような要因に応じて変化する。

【0067】

このようにして、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22から読み

50

出された信号フレーム値 $F(n, m, k)$ は、駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m の各交点 $I_{n, m}$ について測定された静電容量値の配列である。静電容量変化量 ΔC が閾値を超えるとタッチイベントが登録される。前述のように、雑音 4 とオフセット 3 とは測定された静電容量に影響する。

【0068】

相互静電容量を使用する投影型静電容量式タッチスクリーンパネル 20, 21, 22 の例は参考として記載されているが、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一及び第二の方法は、相互静電容量を使用する投影型静電容量式タッチスクリーンパネル 20, 21, 22 に限られたものではない。例えば、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一及び第二の方法は、代わりに自己静電容量を使用する投影型静電容量式タッチスクリーンパネル、又は例えば電気抵抗あるいは圧力などの異なる特性を測定することに基づくタッチスクリーンパネルと共に使用しうる。あるいは、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一及び第二の方法は、光学的又は音響的方法に基づくタッチスクリーンパネルと共に使用されうる。タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一及び第二の方法は、ユーザの指先 33 又はスタイラスの接触領域が 2 つ以上のセンサ領域 $I_{n, m}$ からの信号を生成する任意のタッチスクリーンパネル 6 と共に使用されうる。

【0069】

より一般的なケースでは、タッチスクリーンパネル 6 は、第一の方向 d_1 において延在する N 個の電極 $X_1, \dots, X_n, \dots, X_N$ と第二の方向 d_2 において延在する M 個の電極 $Y_1, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ との交点によって形成される格子 8 を含む。タッチスクリーンパネルが投影型静電容量タイプである場合、電極 X_n 、 Y_m は駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m であってよい。しかし、他のタイプのタッチスクリーンパネルでは、電極 X_n 、 Y_m は異なる役割を果たす場合がある。タッチスクリーンパネル 6 が投影型静電容量タイプである場合、信号フレーム値 $F(n, m, k)$ は、駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m 間の静電容量又は静電容量の変化を表し、それに比例する場合がある。あるいは、タッチスクリーンパネル 6 が抵抗タイプである場合、信号フレーム値 $F(n, m, k)$ は、各電極 X_n 、 Y_m 間の抵抗又は抵抗の変化を表し、それに比例する場合がある。あるいは、タッチスクリーンパネル 6 が力又は圧力感知タイプである場合、信号フレーム値 $F(n, m, k)$ は、各電極 X_n 、 Y_m 間に印加される圧力又は力を表し、それに比例する場合がある。

【0070】

信号フレーム値 $F(n, m, k)$ は、必ずしも電極 X_n 、 Y_m の交点によって定義されるセンサ領域 $I_{n, m}$ に対応する必要はない。例えば、タッチスクリーンパネル 6 が $N \times M$ 配列の個々にアドレス可能な個別センサ（図示せず）の形態をとる場合、センサ領域 $I_{n, m}$ は、各フレーム信号値 $F(n, m, k)$ がそれぞれのセンサから得られる信号に対応するように個別センサに対応してよい。

【0071】

このようにして、タッチスクリーンパネル 6 から測定された信号フレーム値 $F(n, m, k)$ によって表される特定の物理的パラメータは、タッチスクリーンパネル 6 のタイプによって異なる。フレーム信号値 $F(n, m, k)$ によって表される物理的パラメータにかかわらず、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一及び第二の方法は、雑音 4 及びオフセット 3 を低減又は除去し、SNR を改善し、タッチイベントの誤登録を低減する為に適用されうる。

【0072】

タッチスクリーンパネルの雑音源の理論的解析

理論に縛られることは望まないが、タッチスクリーンパネル 6 の SNR の理論的処理について簡単に論じることが、タッチスクリーンパネル 6 からの出力信号を処理する第一及び第二の方法の理解を助けるであろう。

【0073】

信号対雑音比（S N R）は、システムの検出精度と分解能を表すのに用いられるパラメータである。S N Rは次の比で定義される。

$$SNR = \frac{P_s}{P_n} \quad (3)$$

ここで、S N Rは信号対雑音比であり、 P_s は信号電力であり、 P_n は雑音電力である。このように、 $SNR > 1$ は、タッチ信号、例えば $F(n, m, k)$ が雑音4を超えることを意味する。オフセット3は、固定値を差し引くことによって除去できるので、雑音成分としては扱われない。これは、雑音4が典型的には急速に変化するのに対して、オフセット3は典型的には一定であるかゆっくり変化する場合である。タッチスクリーンパネル及びアプリケーションの種類に応じて、S N Rの許容値は、1より大きく、2より大きく、3より大きく又は5より大きい場合がある。より低いS N R、例えば $SNR > 1$ は、いくつかのアプリケーション、例えばタッチイベントの有無の登録のみが測定される場合などでは許容されうる。しかしながら他の用途、例えばアナログ圧力感知／タッチ強度では、使用者のインタラクションによって印加される異なるレベルの圧力を区別するのを可能にするため、より大きなS N Rが必要とされる場合がある。

【0074】

図7A及び図7Bは、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20、21、22からの電圧出力信号の概略図である。

【0075】

図7Aを参照すると、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20、21、22の交点 $I_{n, m}$ からの出力信号32は、電圧信号 $V(t)$ の形を取りうる。出力信号 $V(t)$ は一般に、所望のタッチ信号である V_s やオフセット3である V_{offset} や雑音信号4からの寄与を含む。雑音4は、確率的又はランダム雑音1と確定的又はコモンモード雑音2との重ね合わせである。出力信号 $V(t)$ は、修正された出力信号 $V_{CDS}(t)$ を判定するために、相関二重サンプリング（CDS）を使用して修正されうる。CDSを適用するための背景信号 V_0 を決定するために、タッチイベントが発生していない時に信号が記録される。

【0076】

図7Bも参照すると、背景信号 V_0 は減算されうる。修正された出力信号 $V_{CDS}(t)$ において、出力信号 $V(t)$ と背景信号 V_0 との間に相関されたオフセット3と雑音4との成分は、大幅に低減又はキャンセルされうる。例えば雑音4のより低い周波数成分である。修正された出力信号 $V_{CDS}(t)$ は、所望の信号 V_s と雑音4のより高い周波数の無相関成分とを大幅に含む。CDS後、S N Rは次のように表されうる。

$$SNR_{CDS} = \frac{P_s}{P'_n} = \frac{P_s}{P_n/\alpha} \quad (4)$$

ここで、 SNR_{CDS} はCDS後の信号対雑音比であり、 P_s は信号電力であり、 P_n はCDS前の雑音電力であり、 P'_n はCDS後の雑音電力であり、 α は P_n と P'_n の比として定義される特性化係数である。タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一及び第二の方法において、個々の背景参照値 $F_0(n, m)$ を使用して各交点 $I_{n, m}$ からのフレーム信号値 $F(n, m)$ にCDSが適用される。

【0077】

図21は、高調波単一周波数共通モード雑音信号の場合に適用される特性化係数 α の異なる範囲を示した図である。

【0078】

図21も参照すると、理想的な場合には、2つのサンプルが同時に取得される場合、コモンモード雑音は完全にキャンセルされる可能性がある。従って、より高速なサンプリン

グは常にS N Rの向上をもたらすことが出来ると考えられる。しかしながら実際には、より高速なサンプリングが必ずしもS N Rを改善するとは限らない。例えば、コモンモード雑音が高調波単一周波数波形の形態をとる場合、より高速なサンプリングは、例えば $0 < \alpha < 1$ 又は $\alpha = 1$ の場合に、必ずしもS N Rの向上を意味するものではない。このようにして、C D Sの適用は、オフセット3と雑音4の低周波コモンモード成分とを低減又は除去しうる。しかしながら、C D Sは、雑音4のより高い周波数成分の振幅を増加させる場合がある。C D Sがより高い周波数の雑音を生じる場合、タッチ信号は典型的には比較的低い周波数であるため、これは低域通過フィルタを使用してある程度補償されうる。

【0079】

図8は、特徴付け係数 α とスキャン周波数 f_s との間の関係の概略図である。

10

【0080】

図8を参照すると、走査周波数 f_s が雑音4の主なコモンモード成分に比べて十分に高く、 $\alpha > 1$ である場合には、特性化係数 α は走査間隔 $1/f_s$ に逆比例していると考えられうる。

【0081】

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法

図9は、タッチスクリーンパネル6からの出力信号 $F(n, m, k)$ を処理する第一の方法のプロセスフロー図である。

【0082】

図4から6B及び図9を参照すると、タッチスクリーンシステム5の起動時に、第一のフレーム $F(n, m, 1)$ がフレーム読み取りモジュール9によって読み出される（ステップS1）。タッチスクリーンパネル6が投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22である場合、対応する駆動電極及び感知電極 D_n, S_m を指定することにより、各交点 $I_{n, m}$ を順次走査することによって第一のフレーム $F(n, m, 1)$ が読み出される。最初に、背景パターン又は参照フレーム $F_0(n, m)$ が第一のフレーム $F(m, n, 1)$ と等しく設定され、参照フレーム記憶部11内に記憶される（ステップS2）。

20

【0083】

タッチスクリーンシステム5が動作している間、フレーム読み取りモジュール9は信号フレーム $F(n, m, k)$ を読み出す（ステップS3）。タッチスクリーンパネル6が投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22である場合、対応する駆動電極及び感知電極 D_n, S_m を指定することにより、各交点 $I_{n, m}$ 全体を順次走査することによって信号フレーム $F(n, m, k)$ が読み出される。信号フレーム $F(n, m, k)$ の読み出しは、タッチスクリーンパネル6の下に置かれたか又はタッチスクリーンパネル6が埋め込まれたディスプレイ（図示せず）と同期されうる。例えば、表示静止／点滅期間中に信号フレーム $F(n, m, k)$ が読み出されうる。

30

【0084】

相関二重サンプリング10は、信号フレーム $F(n, m, k)$ を受け取り、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, i)$ を生成するために参照フレーム $F_0(n, m)$ を差し引くことによってCDS修正を行う（ステップS4）。CDS修正は、連続するフレーム $F(n, m, k)$ と $F(n, m, k+1)$ の読み出しの間にオフセットが一定であるか又はゆっくり変化するだけであるため、オフセット3を低減又は除去するのに有効な場合がある。CDS修正は、連続するフレーム $F(n, m, k)$ と $F(n, m, k+1)$ との間に相関する雑音4の低周波コモンモード成分を低減又は除去するのに有効な場合がある。

40

【0085】

タッチ決定モジュール12は、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ を受け取って分析し、タッチイベント、例えば単一タッチイベント又は複数タッチイベントが発生しているか否かを判断する（ステップS5）。タッチイベントが発生していなければ（ステップS5; No）、参照フレーム記憶部11に記憶された参照フレーム $F_0(n, m)$ を現在の信号フレーム $F(n, m, k)$ で上書きし（ステップS8）、次の信号フレーム

50

$F(n, m, k+1)$ がフレーム読み取りモジュール 9 によって読み出される (ステップ S 3)。

【0086】

タッチイベントが発生している場合 (ステップ S 5; Yes)、タッチ決定モジュールは、タッチ情報 18 を判定して機器 CPU 19 に出力する (ステップ S 6)。例えばタッチ情報は、機器 CPU 19 によって実行されているオペレーティングシステムのアプリケーションによって、オプションを選択したり、デスクトップ上のフォルダを開いたり、ウェブブラウザアプリケーションを閉じるために使用することができる。タッチスクリーンシステム 5 が動作を継続している間 (ステップ S 7)、次の信号フレーム $F(n, m, k+1)$ が読み出される (ステップ S 3)。

10

【0087】

信号フレーム $F(n, m, k)$ の読み出しとそれに続く信号フレーム $F(n, m, k+1)$ の読み出しとの間に生じるステップ (ステップ S 4 から S 8) は、スキャン間隔 $1/f_s$ より短い時間で実行されることが好ましい。例えば、表示静音/ブランキング期間中に信号フレームが読み出されるなら、信号フレーム $F(n, m, k)$ の読み出しとそれに続く信号フレーム $F(n, m, k+1)$ を読み出す間に発生するステップ (ステップ S 4 から S 8) は、表示静音/ブランキング期間の間隔よりも長くないことが好ましい。

【0088】

このようにして、オフセット 3 と雑音 4 の低周波コモンモード成分とを低減又はキャンセルするために、タッチスクリーンパネル 6 から読み出された信号フレームに CDS が適用されうる。これにより、タッチスクリーンシステム 5 の SNR が改善され、タッチスクリーンシステム 5 の励起パワー及び/又は検出閾値の低減が可能となる。このことは、電力消費を低減することによってタッチスクリーンシステムを組み込んだ装置の電池寿命を延ばしうる。タッチスクリーンシステム 5 の改善された SNR はまた、タッチイベントの誤登録の可能性を低減することによって、タッチスクリーンシステム 5 の精度を向上させうる。さらに、タッチイベントが検出されなかった場合に参照フレーム $F_0(m, n)$ を動的に更新することによって、参照フレーム $F_0(n, m)$ は、最も最近で、したがって最も正確な雑音とオフセットとの背景パターンによって最新の状態が保たれる。これにより、タッチスクリーンパネル 6 から読み出された信号フレーム $F(n, m, i)$ が、電子回路内の遷移又は周囲環境の変化に起因するオフセット 3 のゆっくりした変化を動的に補償することによって、CDS を用いて長時間修正することを可能にする。周囲環境の変化は、電磁雑音の発生源の数や種類や近接性の変化、温度の変化、又は充電ケーブルからタッチスクリーンシステム 5 を組み込んだ携帯機器を差し込む又は取り外すなどの変化を包含しうる。

20

30

【0089】

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法の使用例

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法の使用は、投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの例を用いて行われた実験を参照して説明されうる。

【0090】

図 22 は、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法を試験するために使用される投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの詳細を提供する表である。

40

【0091】

図 5A から 5C まで及び図 22 を参照すると、80 個の駆動電極 D_n (送信電極又は「 T_x 」電極とも呼ばれる) 及び 80 個の感知電極 S_m (受信電極又は「 R_x 」電極とも呼ばれる) を有する投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの一例を用いて実験が行われた。実験的なタッチスクリーンパネルは、比較的幅広の駆動電極 D_n と、同じ表面上に堆積されて駆動電極 D_n に対して垂直な比較的細い感知電極 S_m とを含む格子内に構成された駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m を使用した。各交点 $I_{n,m}$ において、駆動電極 D_n は腰に向かって先細りになっており、感知電極 S_m は、ジャンパ (jumpers) によって駆

50

動電極 D_n の腰を橋絡している。実験的なタッチスクリーンパネルは長方形であり、対角寸法は 10.1 インチ (25.7 cm) であり、アスペクト比は $16:9$ であった。駆動電極 D_n の励起電圧は 10 V であった。駆動電極 D_n の幅は 3 mm であった。感知電極 S_m の駆動電極 D_n と重なる部分の最大幅は $449 \mu\text{m}$ であった。駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m は、交点 $I_{n,m}$ が $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ の活性領域を有し、センサ領域 $I_{n,m}$ が $s = 2\text{mm}$ の間隔で離間した感知配列格子 8 を形成した。信号フレーム $F(n, m, i)$ は 30Hz 又は 60Hz の周波数で読み出された。例示的なタッチスクリーンパネルの下にあるディスプレイの画素は $56 \mu\text{m} \times 56 \mu\text{m}$ の寸法を有していた。

【0092】

図10Aと図10Bとは、単一タッチイベントフレーム34と、対応するCDSで修正された単一タッチイベントフレーム35のグレースケール図である。図10Cと図10Dとは、複数タッチイベントフレーム36と対応するCDSで修正された複数タッチイベントフレーム36のグレースケール図である。タッチスクリーンパネル信号フレームを示すグレースケールプロットにおいて、「DB」とラベル付けされた領域は低信号レベルに対応し、「LB」とラベル付けされた領域は中間信号レベルに対応し、「R」とラベル付けされた領域は高信号レベルに対応する。

10

【0093】

図10Aと図10Bも参照すると、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法を単一タッチイベントフレーム34に適用すると、対応するCDSで修正された単一タッチイベントフレーム35のオフセット3と雑音4とが大幅に減少している。

20

【0094】

図10Cと図10Dも参照すると、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法を複数タッチイベントフレーム36に適用すると、対応するCDSで修正された複数タッチイベントフレーム37のオフセット3と雑音4とが大幅に減少している。

【0095】

特に、タッチ信号のコントラストは、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法に従って処理された、CDSで修正されたフレーム35、37において大幅に改善される。結果として、タッチイベントの数及び位置の判定の正確性が改善される。さらに、タッチイベントの誤登録につながる可能性がある著しいオフセット3信号、例えば修正されていない信号フレーム34、36の上部に向かって赤色に着色された領域は

30

第一の方法による処理によって除去される。

【0096】

図11Aと図11Bとは、それぞれ 60Hz 及び 30Hz における実験的タッチスクリーンパネルからの正規化雑音出力のパワースペクトル密度 (PSD) プロットを示す図である。正規化された雑音は、タッチイベントなしで記録された信号フレームを指す。

【0097】

図11Aを参照すると、実験的タッチスクリーンパネルの雑音特性に対する第一の方法の効果は、タッチイベントが存在しない信号フレーム $F(n, m, k)$ を読み出すことによって調べられた。タッチイベントがない場合、したがってタッチ信号がない場合、読み出しフレーム $F(n, m, k)$ は、実質的に雑音4とオフセット3とから成っている。第一の方法の効果は、タッチイベントが存在しない場合の信号フレーム $F(n, m, k)$ と修正されたフレーム $F_{\text{CDS}}(n, m, k)$ とのPSDを計算して比較することによって調べられる。

40

【0098】

第一の方法によるCDS修正がなければ、オフセット3により強いDC成分が観測される。約 8Hz 未満では、 $f_s = 60\text{Hz}$ の走査周波数で第一の方法を適用すると、雑音電力が大幅に低減される。約 9Hz と約 17Hz との間では、修正されたフレーム $F_{\text{CDS}}(n, m, k)$ の雑音電力は、修正されていないフレーム $F(n, m, k)$ の雑音電力に匹敵するように見える。約 18Hz を超えると、修正されたフレーム $F_{\text{CDS}}(n, m, k)$ の雑音電力は、修正されていないフレーム $F(n, m, k)$ の雑音電力を超えるよう

50

に見える。

【0099】

図11Bを参照すると、 $f_s = 30\text{Hz}$ の走査周波数について同じ比較が行われた場合、第一の方法を使用した修正後に改善が観察される周波数範囲は、約3Hz未満に低減される。低減された走査周波数 f_s における低減された周波数範囲の改善は、低減されたサンプリング周波数での隣接するフレーム間の低周波雑音の比較的弱い相関の結果として生じうる。隣接するフレーム間の雑音の相関は、より高いサンプリング周波数では相対的に増加する場合がある。オフセット3はDCとしてふるまうため、サンプリング周波数に関係なくキャンセルすることができる。

【0100】

前述したように、CDSは、ある帯域幅内ではより高い周波数の雑音を導入する効果を有する場合がある。この効果はサンプリング周波数に関連し、周波数 $f_s/2$ を持つ高調波単一周波数雑音波形 $H(t)$ がスキャン周波数 f_s でCDS修正の対象となる以下の例を参照して説明される。2つの隣接するサンプリング時間の間の間隔は、 π の位相に等しい。この例では、CDS後の出力は下記のように表現しうる。

$$\begin{aligned} H_{CDS} &= H_0 \sin\left(2\pi \frac{f_s}{2} t + \phi + \pi\right) - A \sin\left(2\pi \frac{f_s}{2} t + \phi\right) \\ H_{CDS} &= -H_0 \sin(\pi f_s t + \phi) \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 H_{CDS} はCDSを適用した後の雑音信号、 H_0 は雑音波形 $H(t)$ の振幅、 ϕ は雑音波形 $H(t)$ の初期位相、 t は時間である。式5は雑音波形、例えばCDSサンプリング周波数 f_s の半分の周波数 $f_s/2$ を有する $H(t)$ における、CDS後の雑音波形 H_{CDS} の振幅が2倍になることを示す。雑音波形とスキャン周波数 f_s とその他の比率についても同様の解析を行うことができる。

【0101】

第一の方法を適用した結果によるより高い周波数における少量の雑音成分は、より高い周波数成分をフィルタリングすることにより緩和されうる。これは、タッチイベントに対応する信号が典型的には低い周波数であること、例えば使用者のタッチスクリーンパネルとのインタラクションが典型的には数Hz又はそれ以下の周波数で生じることにより、可能となる。実験結果は、スキャン周波数 f_s がそれぞれ30Hz及び60Hzである場合、スキャン周波数 f_s の約10%まで、SNRが5.9dB及び7.6dBだけ増加しうることを示している。走査周波数 f_s の約10%を超えると、SNRは改善されず、劣化することさえある。

【0102】

このようにして、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法は、タッチ信号を含む周波数帯域内の雑音4のコモンモード成分とオフセット3とを大幅に低減する場合がある。

【0103】

第一の方法の時間見込み

タッチパネルからの出力信号を処理する第一の方法は、オフセット3と雑音4の低周波コモンモード成分とを除去又は低減しうる。第一の方法(図8、ステップS4～S8)の繰り返しステップに要する時間は、好ましくは、連続する信号フレーム $F(m, n, k)$ と $F(m, n, k+1)$ の読み出しの間で走査間隔 $1/f_s$ を超えるべきでない。例えば、スキャン周波数が60Hzの場合、第一の方法のCDS修正のための計算時間は16.7ms未満でなければならない。

【0104】

計算時間は、一般にアルゴリズムの複雑さに依存する。タッチスクリーンパネル6に対して走査される交点 $I_{n, m}$ の数は、 $N \times M$ である。第一の方法の計算時間は $O(N \times M)$ となる。前述の実験的なタッチスクリーンパネルでは、 $N = 80$ 、 $M = 80$ であり、 N

10

20

30

40

50

$\times M = 6400$ となる。現在利用可能な多くの携帯機器のプロセッサは、GHzの範囲の計算能力を有するプロセッサを含んでいる。例えば、 $N \times M = 6400$ の場合、1GHzプロセッサは、第一の方法の繰り返しステップの実行に $6.4 \mu s$ 以下しか要しない（図8、ステップS4～S8）。

【0105】

このようにして、第一の方法は、スキャン周波数 f_s を低減する必要なく、タッチスクリーンシステム5を組み込んだ機器に実装されうる。

【0106】

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第一の方法のためのエネルギー見込み

各センサ領域 $I_{n,m}$ についての信号フレーム値 $F(n, m, k)$ を測定するためのエネルギーは、およそ以下の式で与えられる。

$$E = \frac{P}{f_s} \quad (6)$$

ここで、 E は一つのセンサ領域 $I_{n,m}$ を測定するためのエネルギーであり、 P はフレーム読み取りモジュール9の電力使用量であり、 f_s は走査周波数である。例えば、フレーム読み取りモジュール9が $f_s = 75 \text{ kHz}$ の周波数で交点を走査し、電力消費が 2.5 mW である場合、各交点 $I_{n,m}$ を読み取るためには $E = 1/30 \mu J$ が必要となる。例えば、タッチスクリーンパネル6が $N \times M$ 格子8を含む場合、各交点 $I_{n,m}$ を走査するための合計パワー（ P_{TOTAL} ）は下記のように表される。

$$P_{total} = (ENM)f_s \quad (7)$$

ここで、 P はプロセッサ又はタッチコントローラの電力消費量であり、 E は一つの交点を測定するためのエネルギーであり、 N と M とは格子8の寸法であり、 f_s は走査周波数である。例えば、典型的な携帯機器、例えばスマートフォンのための投影型静電容量式タッチスクリーンパネルが第一の方向 x において9個の電極 X_n 、第二の方向 y において16個の電極 Y_n をそれぞれ含む場合、静電容量式タッチスクリーンパネルは144個の電極センサ領域／交点 $I_{n,m}$ を有する。このような例では、スマートフォンのタッチスクリーンパネルが周波数 $f_s = 60 \text{ Hz}$ で走査された場合、パネル全体を1回測定するための消費電力は 0.288 mW になり、各信号フレーム $F(n, m, k)$ を走査する為の消費エネルギーは $4.8 \mu J$ となる。

【0107】

第一の方法に関連する処理動作のための電力消費はおよそ以下の式で与えられる。

$$E_{CDS} = \frac{N \times M}{\eta} \quad (8)$$

ここで E_{CDS} はCDS動作の電力消費量であり、 N と M とは格子8の寸法であり、 η はプロセッサ又はタッチコントローラの電力効率である。ARM（登録商標）Cortex（登録商標）A5プロセッサなど、現在使用されている組み込みプロセッサの例では、 20×100 万命令／秒（MIPS）／mWの電力効率 η を持つ。従って、消費電力 E_{CDS} は 7.2 nW 程度であり、計算時間は $0.14 \mu s$ 程度である。このように、第一の方法を適用することによる追加のエネルギー消費は 1 fJ 程度であり、これは、一般的に使用されるプロセッサ又はタッチコントローラのエネルギー消費よりも大幅に小さい。

【0108】

雑音スパイクを除去する空間フィルタリング

前述したように、タッチスクリーンパネル6からの出力信号を処理する第一の方法は、

10

20

30

40

50

オフセット 3 と雑音 4 の低周波コモンモード成分とについて大幅な改善を提供しうる。しかし、信号フレーム $F(n, m, k)$ と雑音参照フレーム $F_0(n, m)$ との間の相関が弱くなると、雑音スパイクが特に高周波数において残る場合がある。タッチ信号と雑音スパイクとの特性を分析すると、タッチイベントからの信号は雑音スパイクと比較して空間周波数が低くなる場合があることが認められた。

【0109】

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法は、第一の方法に従った信号フレーム $F(m, n, k)$ の CDS 修正と、空間低域通過フィルタ 13 を使用した、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ の空間フィルタリングとを組み合わせたものである。

10

【0110】

第二の方法を説明する前に、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ の空間フィルタリング一般について簡潔に論じることは有用であろう。

【0111】

図 12 は、雑音スパイクの大きさを低減するための空間フィルタリングを示した図である。タッチスクリーンフレームを示すグレースケールプロットでは、「DB」とラベル付けされた領域は低信号レベルに対応し、「LB」とラベル付けされた領域は中間信号レベルに対応し、「R」とラベル付けされた領域は高信号レベルにそれぞれ対応する。

【0112】

図 1 と図 4 と図 12 とを参照すると、修正された信号フレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ は、例えば雑音 4 のランダム成分又は雑音 4 の高周波コモンモード成分から生じる雑音スパイク 38 を含み、それらは CDS 修正に用いられる参照フレーム $F_0(n, m)$ とは相関がない。雑音スパイク 38 は、 $I_{n+1, m}$ や $I_{n, m+1}$ 等の周辺交点において、 $F_{CDS}(n+1, m, k)$ や $F_{CDS}(n, m+1, k)$ 等の信号値と比較された場合、異常に高い信号値である $F_{CDS}(n, m, k)$ の形を取る場合がある。本明細書でフレームを画像として扱う場合、交点の値は「画素」値とも呼ばれうる。修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ は、フィルタリングされたフレーム $F_{LPSF}(n, m, k)$ を生成する為に、空間低域通過フィルタ 13 を用いて処理されうる。空間低域通過フィルタ 13 は、雑音スパイク 38 を隣接する交点の値と混合することによって雑音スパイク 38 を平均化する効果を有し、その結果、大きさが低減された、フィルタリングされたスパイク 39 が得られる。

20

30

【0113】

タッチ信号に対する空間フィルタリングは、望ましくない効果をもたらす可能性がある。例えば、タッチ信号は、空間低域通過フィルタ 13 によっても低減される場合があり、これは時には「平滑化効果」(smoothing effect)と呼ばれ、これは SNR を低下させてタッチの登録に失敗する可能性を増加させる場合がある。平滑化効果は、近接する／隣接する交点 $I_{n, m}$ の信号値への結合に起因してタッチの見かけ上の位置を歪める可能性を有する。空間低域通過フィルタ 13 を慎重に設計することにより、雑音スパイク 38 を減衰させつつ、タッチ信号の減衰を最小化し、タッチ位置の歪みを回避させることができる。

40

【0114】

さらに、異なる使用者は、タッチスクリーンパネル 6 に対して異なる接触領域を提示する指先 33 を有する場合がある。同じ使用者であっても、タッチスクリーンパネルに接触させる指先 33 を変える場合があり、時には指先 33 の代わりにスタイラス (図示せず) を使用する場合がある。空間低域通過フィルタ 13 への単一带域幅の適用は、すべての考えられる使用者及び／又はスタイラスには適していない場合がある。タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法では、空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅は、雑音スパイク 38 を減衰させることとタッチ信号の完全性を保つこととの関係を最適化するために、使用中に動的に調整される。

【0115】

50

コモンモード雑音源

タッチスクリーンパネル6からの出力信号を処理する第二の方法を説明する前に、とりわけスマートフォンやタブレットコンピュータやラップトップコンピュータや同様の機器などのモバイル機器といった機器のディスプレイの上に重なっているか組み込まれているタッチスクリーンパネル6のコモンモード雑音の典型的な原因について、簡単に説明することが役立つであろう。

【0116】

充電器雑音

タッチスクリーンパネルを組み込んだ機器は、しばしば、使用時は電池の電力で動作する携帯機器である。そのような電池駆動機器は、典型的には再充電可能な電池を含み、電池を満たすために充電用電源又は充電器（図示せず）に定期的に接続されなければならない。機器は充電器に接続している間でも使用される場合がある。充電器は一般に、コンセントからの高電圧AC電力を、機器の電池を再充電するのに適した電圧でDC電力に変換する変圧整流回路の形態をとる。理想的な充電器では、変換は完全であり、充電器は一定のDC電圧を出力する。実際には、充電器は、コモンモード変動を含む出力、例えば残留「リップル」（ripple）電流／電圧、雑音スパイク及び他の不自然な結果といった出力を生成する。

【0117】

充電器によって導入されるピークのコモンモード雑音は、充電器の品質に応じて、通常3V未満から40Vを超える範囲内で変動しうる。充電器からのコモンモード雑音は、充電器の出力の差が維持されているため、タッチされていないときの静電容量式タッチスクリーンパネル20、21、22の動作には影響を与えない場合がある。タッチイベントが発生すると、大きく2つのシナリオがある。第一に、タッチスクリーンパネル6を組み込んだ機器は手で保持される場合がある。第二に、タッチスクリーンパネル6を組み込んだ機器は、例えばテーブル又はスタンドの表面又はホルダ内に置かれる場合がある。機器が持たれているときは、コモンモード雑音電荷がグラウンドに逃げないように、十分にアースされている場合がある。しかしながら、タッチスクリーンパネル6が表面上又はホルダ内に置かれた場合、すなわち、タッチパネルと人体とが同じグラウンドを共有しない場合、指によって生成されたタッチイベントは、タッチの誤登録につながる場合がある。

【0118】

ディスプレイパネルの雑音

タッチスクリーンシステム5を組み込んだ機器は、通常、ディスプレイ又はスクリーンを含んでいる。例えば、アクティブマトリクス有機発光ダイオード（AMOLED）や液晶（LC）構造のような異なる種類のディスプレイが利用可能である。AMOLEDディスプレイは高品質であり、上に重なるか、又は組み込まれたタッチスクリーンパネル6に対してより少ない雑音を生成するものの、LCディスプレイが典型的には低コストであるため、依然として使用されている。

【0119】

図13は、LCディスプレイの上に重なるタッチスクリーンパネルを組み込んだバックライト付きLCディスプレイの例示的な積み上げ構造43を示した図である。

【0120】

図6Aと図6Bと図13とを参照すると、LCディスプレイ積み上げ構造43の一例は、ユーザから離れる方向に向かって、カバーレンズ30と、第一電極層44と、誘電材料層23と、第二電極層45と、タッチスクリーンパネル基板46と、第一偏光フィルタ47と、カラーフィルタ基板48と、共通電極 V_{COM} 層49と、液晶層50と、薄膜トランジスタ（TFT）51と、画素／サブ画素電極52と、TFT基板53と、第二偏光フィルタ54と、白色バックライト55と、反射層56とを備えている。第一のパターン化された導電層44は、例えば第一の方向 d_1 において延在する N 個の電極 X_n を提供し、第二のパターン化された導電層45は、例えば第二の方向 d_2 において延在する M 個の電極 Y_m を提供する。TFT51は、指定された画素／サブ画素電極52と V_{COM} 電極

49との間の液晶層50の領域内の液晶分子の局所的な再配向を可能にするように、個別に指定可能となっていて、画素／サブ画素電極52を制御する。

【0121】

例示的なLCD積み上げ構造43では、二つの静電容量 C_1 、 C_2 は識別されうる。第一の静電容量 C_1 は、画素／サブ画素電極52と V_{COM} 層49とを結合する。 V_{COM} 層49はかなりの抵抗を有するので、第一の静電容量 C_1 は表示雑音を遮蔽する。例えば、 V_{COM} 層49はITOから作られる場合がある。第二の静電容量 C_2 は、 V_{COM} 層49と第二の電極層45とを結合する。第二の静電容量 C_2 は、LCディスプレイからの雑音をタッチスクリーンパネル6に結合する。

【0122】

LCディスプレイからの結合された雑音の量は、LCディスプレイ上に直接積み重ねられた導電片に誘起された電圧を検出することによって測定することができる。例えば、De11（登録商標）のe198wfp LCDスクリーンの形でLCディスプレイ上に直接積み重ねられた銅片を用いて実験が行われた。銅片に結合されたLCディスプレイ雑音は、Agilent（登録商標）のDSO-X 2024Aオシロスコープを使用して測定された。銅片の面積は3mm×3mmであり、これは典型的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20、21、22の活性領域 A_s と同等の面積である。

【0123】

図14は、LCディスプレイの上方に配置された銅片によって検出されたLCディスプレイからの雑音のオシロスコープトレースを示した図である。

【0124】

図14も参照すると、実験的に測定されたLCディスプレイ雑音信号57は強い確定的成分を含んでおり、それは製品の設計に依存し、ディスプレイが製造された後には大きく変化しないことが予想される。

【0125】

低域通過空間フィルタ

空間低域通過フィルタの特性を簡潔に議論することは、第二の方法を理解するのに役立つであろう。空間低域通過フィルタは、大きくは線形フィルタか又は非線形フィルタとして特徴付けられる。線形フィルタには平均フィルタやガウシアンフィルタなどのフィルタのタイプが含まれる。非線形フィルタには中央値フィルタなどのフィルタのタイプが含まれる。

【0126】

図15は、修正されたフレーム値 $F_{CDS}(n, m, k)$ の配列に線形空間低域通過フィルタ13用のマスク58を適用した概略図である。

【0127】

図15を参照すると、線形フィルタマスク58が修正されたフレーム値 $F_{CDS}(n, m, k)$ の配列に適用される。線形フィルタマスク58は、 $L \times W$ の寸法を有し、これは、単一交点 $I_{n, m}$ が線形フィルタマスク58の中心であることを保証するために、典型的には正の奇数の整数である。線形フィルタマスク58は、係数 $C_{i, j}$ の配列又は行列として表すことができ、ここで $0 \leq i \leq L-1$ かつ $0 \leq j \leq W-1$ であり、 i と j とは整数の添え字である。例えば、寸法 $L=3$ かける $W=3$ の平均フィルタの場合、係数は全て $C_{i, j} = 1/9$ の値を有することができ、したがってマスク58は行列で表すことができる。

$$C = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

【0128】

L と W とが奇数である場合、フィルタリングによって得られたフィルタリングされた信

10

20

30

40

50

号値 $F_{LPSF}(n, m)$ は、下記のように表現されうる。

$$F_{LPSF}(n, m) = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{W-1} C_{i,j} \times F_{CDS}\left(n + i - \frac{L-1}{2}, m + j - \frac{W-1}{2}\right) \quad (10)$$

これは、等式 2 と等しい。エッジやコーナーにおける、すなわち $n = 1$ 又は $n = N$ かつ $m = 1$ 又は $m = M$ の場合の修正されたフレーム値 $F_{CDS}(n, m, k)$ に対しては、異なるマスク係数 $C_{i,j}$ が使用されうる。

【0129】

所与のタッチスクリーンパネル 6 の最適な線形フィルタマスク 58 の寸法 L 及び W と係数 $C_{i,j}$ とは、タッチスクリーンパネル 6 の物理的特性とユーザの指先 33 又は適切なスタイラスの接触領域などのタッチイベントの特性との両方に依存しうる。

【0130】

式 9 と式 10 とに記載されているような線形フィルタ、例えば平均フィルタ又はガウシアンフィルタは、実装が簡単で、処理要求が低く、指先 33 のタッチとスタイラスタッチとの間のバランスの取れた性能を有するため、一般的なアプリケーションでは好ましい。

【0131】

非線形フィルタは、例えば、中央値を決定するなどの統計を使用してフィルタリングされた値を導出することを含む。非線形フィルタが雑音スパイクの優れた減衰を提供することができる場合があるため、非線形フィルタはいくつかの用途に好ましい場合がある。しかしながら、非線形フィルタは、例えばスタイラスタッチといった小さな接触面積に対応するタッチイベントの信号を過度に減衰させる場合がある。

【0132】

空間低域通過フィルタリングの理論解析

理論に縛られることは望まないが、空間低域通過フィルタリングに関連するいくつかの理論的考察を簡単に概説することは有用であろう。

【0133】

マスクサイズとタッチ位置

使用者がタッチスクリーンパネル、例えば投影型静電容量式タッチスクリーンパネル 20, 21, 22 にタッチする時、パネルに接触する指先 33 又はスタイラスは、排他的に単一の電極と結合することはない。代わりに、タッチイベントは、どれであれ接触点に最も近い交点 $I_{n,m}$ 、そしてまた $I_{n+1,m}$ 、 $I_{n,m+1}$ などのように近接するか隣接する交点からの信号を含む。このようにして、タッチイベントは、駆動電極及び感知電極 D_n 、 S_m の複数の交点 $I_{n,m}$ を包含するインタラクション領域 59 (図 16A) を有する。複数の交点 $I_{n,m}$ にまたがるインタラクション領域 59 は、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル 20, 21, 22 の種類に限定されず、例えば圧力感知式タッチスクリーンパネルのような他の種類のタッチスクリーンパネルがいくつかの交点 $I_{n,m}$ を包含するインタラクション領域 59 を有する場合がある。

【0134】

線形フィルタマスク 58 の寸法 L と W とがインタラクション領域 59 より大きい場合、空間低域通過フィルタ 13 はタッチ信号の相対強度を減少させ、タッチイベントの登録に失敗する可能性がある。さらに、タッチイベントが登録された位置にスキューを引き起こす場合がある二つの同時のタッチイベント間の潜在的な干渉を回避するために、線形フィルタマスク 58 の寸法 L と W とは、好ましくは、タッチイベントの典型的なインタラクション領域 59 よりも大きく有るべきでない。マスクの寸法 L と W とは、人間の指先 33 の典型的なサイズと、センサ領域／交点 $I_{n,m}$ の活性領域 A_s の寸法 l と間隔 s とに基づいて決定されうる。例えば、実験的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネルでは、交点 $I_{n,m}$ の活性領域 A_s は $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ であり、 $s = 2\text{ mm}$ だけ離間し、典型的な人間の指先 33 のインタラクション領域 59 は、およそ 3×3 個の交点 $I_{n,m}$ である。空

10

20

30

40

50

間低域通過フィルタ13のための線形フィルタマスク58の寸法L、Wと、タッチイベントの登録との関係を分析することは有用であろう。

【0135】

図16Aと図16Bとは、インタラクション領域59が重ね合わされた、修正されたフレーム値 $F_{CDS}(n, m, k)$ の格子8を示した図である。

【0136】

図4と図16Aとを参照すると、 $I_{n, m}$ を中心とするタッチイベントは、交点 $I_{n, m}$ の 3×3 ブロック、すなわち $n \pm 1, m \pm 1$ をほぼ包含するインタラクション領域59を有する。空間低域通過フィルタ13に使用される線形フィルタマスク58は、タッチイベントに最も近い交点 $I_{n, m}$ を中心とした場合に、インタラクション領域59と線形フィルタマスク58とがほぼ一致するように $L = 3$ かける $W = 3$ の寸法を有する場合がある。平均フィルタが使用される場合、すなわち $C_{i, j} = 1/9 \forall 0 \leq i \leq L-1$ かつ $0 \leq j \leq W-1$ ならば、フィルタリングされたフレーム値 $F_{LPSF}(n, m)$ は、下記のよう

10

$$F_{LPSF}(n, m) = \frac{1}{9} \sum_{i=n-1}^{n+1} \sum_{j=m-1}^{m+1} F_{CDS}(i, j) \quad (11)$$

ここで i と j とは総和の添え字である。解析の簡略化のために、中央修正フレーム値 $F_{CDS}(n, m, k)$ から等距離となる信号フレーム値が同一になるようにとられる場合、例えば、 $F_{CDS}(n+1, m, k) = F_{CDS}(n, m+1, k)$ となる等である場合、式11は下記のように簡略化されうる。

20

$$F_{LPSF}(n, m) \approx \frac{F_{CDS}(n, m, k) + 4F_{CDS}(n+1, m, k) + 4F_{CDS}(n+1, m+1, k)}{9} \quad (12)$$

【0137】

最も近い交点 $F_{CDS}(n+1, m, k)$ 及び倍率係数を使用して置換された次の最も近い交点 $F_{CDS}(n+1, m+1, k)$ での信号値は：

30

$$\begin{aligned} F_{CDS}(n+1, m, k) &= \frac{F_{CDS}(n, m, k)}{\beta}, \quad \beta > 1 \\ F_{CDS}(n+1, m+1, k) &= \frac{F_{CDS}(n, m, k)}{\gamma}, \quad \gamma > 1 \end{aligned} \quad (13)$$

ここで、 β と γ は倍率係数である。倍率係数 β 、 γ を用いて、フィルタリングされた信号値 $F_{LPSF}(n, m, k)$ は、下記のように近似されうる。

$$\begin{aligned} F_{LPSF}(n, m, k) &\approx \frac{F_{CDS}(n, m, k) + 4F_{CDS}(n, m, k)/\beta + 4F_{CDS}(n, m, k)/\gamma}{9} \\ F_{LPSF}(n, m, k) &\approx \frac{F_{CDS}(n, m, k)(\beta\gamma + 4\beta + 4\gamma)}{9\beta\gamma} \end{aligned} \quad (14)$$

40

【0138】

フィルタリングされたフレーム値 $F_{LPSF}(n, m, k)$ の、雑音スパイク38によって引き起こされる位置の誤登録に対する感度は、タッチイベントに対して最も近い隣接位置のうちの一つのフィルタリングされたフレーム値、例えば $F_{LPSF}(n, m+1, k)$ が、フィルタリングされたフレーム値 $F_{LPSF}(n, m, k)$ をタッチイベント位置において超えるという条件を考慮することで求めうる。

50

【0139】

また、図16Bを参照すると、線形フィルタマスク58が最も近隣の交点 $I_{n, m+1}$ に適用される場合、最も近い隣接位置 $F_{LPSF}(n, m+1)$ のフィルタリングされたフレーム値は、下記のように表現されうる。

$$F_{LPSF}(n, m, k) = \frac{1}{9} \sum_{i=n-1}^{n+1} \sum_{j=m}^{m+2} F_{CDS}(i, j, k)$$

$$F_{LPSF}(n, m, k) \approx \frac{F_{CDS}(n, m, k) + 3F_{CDS}(n+1, m, k) + 2F_{CDS}(n+2, m, k) + \sum_{i=n-1}^{n+1} F_{CDS}(i, m+2, k)}{9} \quad (15)$$

ここで、 i と j とは総和の添え字であり、最も近い近接点と次の最も近い近接点との間の等価性についての前述の簡略化の推定が、例えば $F_{CDS}(n+1, m, k) = F_{CDS}(n, m+1, k)$ などでなされる。インタラクション領域59の外側にある交点の修正されたフレーム値 $F_{CDS}(n, m, k)$ は、雑音によって支配される値、例えば $F(n, m+2, k) = F(n+1, m+2, k) = H$ の値を持つように取られる場合があり、ここで H は雑音信号4を表すランダムに分布した変数である。式13からの倍率係数を代入すると、最も近い近接位置 $F_{LPSF}(n, m+1, k)$ のフィルタリングされたフレーム値は、下記のように近似されうる。

$$F_{LPSF}(n, m, k) = \frac{F_{CDS}(n, m, k)(\beta\gamma + 3\gamma + 2\beta) + 3\beta\gamma H}{9} \quad (16)$$

ここで β と γ とは倍率係数であり、 H は雑音4を表すランダムに分布した変数である。空間低域通過フィルタ処理後のタッチ位置の誤登録を回避するのを確実にするため、すなわち、 $F_{LPSF}(n, m, k) > F_{LPSF}(n, m+1, k)$ とするため、不等式

$$\frac{F_{CDS}(n, m, k)}{H} > \frac{3\beta\gamma}{3\beta + \gamma} \quad (17)$$

が満足されなければならない。比 $F_{CDS}(n, m, k)/H$ は、SNRと結びついている。典型的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22において、 H は $F(n, m)$ よりも約2桁小さく、倍率変数 β と γ とは典型的には1から3の間の範囲にある。このようにして式17の条件は、空間低域通過フィルタ13の線形フィルタマスク58が $L=3$ かける $W=3$ の寸法を有するとき、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22に対して、典型的には満たされる。しかし、マスク48の寸法が $L=5 \times W=5$ に増加すると、式17の条件は雑音値 H によって支配されるようになり、タッチイベントの位置を誤登録する可能性が高くなってしまう。

【0140】

式17における不等式は、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22に特有ではなく、一つ以上の交点 $I_{n, m}$ を含むタッチイベントのためのインタラクション領域59を有する任意のタッチスクリーンパネル6に等しく適用されうる。

【0141】

所与のタッチスクリーンパネル6に適した線形フィルタマスク58の寸法は、必ずしも $L=3$ かける $W=3$ である必要はなく、一般にタッチスクリーンパネルの物理的特性、例えばセンサ領域 $I_{n, m}$ の寸法 l ならびに間隔 s 、及びタッチスクリーンパネル6のSNRに依存する。式17と同様の分析は、投影型静電容量式タッチスクリーンパネル20, 21, 22のいくつかの例、例えば格子8の分解能が非常に細かい場合などの例に対して、寸法が $L=3$ かける $W=3$ よりも大きい線形フィルタマスク58が適切であることを示す場合がある。同様に、タッチイベントを検出するために他の機構を使用するタッチ

10

20

30

40

50

スクリーンパネル 6、例えば圧力感知式タッチスクリーンパネルなどは、タッチスクリーンパネルの物理的特性、例えばセンサ領域 $I_{n, m}$ の寸法 l ならびに間隔 s 、及びタッチスクリーンパネル 6 の SNR に応じて、 $L=3$ かける $W=3$ よりも大きい寸法を有する線形フィルタマスク 58 を使用しうる。

【0142】

信号及び雑音スパイクの空間周波数特性

タッチイベントに対応する信号は、通常、タッチイベントがユーザの指先 33 によって生成されるとき、雑音スパイクと比較して比較的低い空間周波数を有する。しかし、いくつかの種類のタッチイベント、例えば、適切なスタイラスを介した使用者の入力によって生成されたタッチイベントは、指先 33 による使用者の入力によって生成されたタッチイベントと比較して、比較的高い空間周波数を有する場合がある。例えば、スタイラスによって生成されたタッチイベントは、単一の交点 $I_{n, m}$ を包含するインタラクション領域 59 を有する場合がある。

【0143】

雑音スパイクは、典型的には、例えば、一つの交点 $I_{n, m}$ へ影響する高い空間周波数を有すると考えられるが、雑音スパイクが単一の交点 $I_{n, m}$ よりも低い空間周波数を有する可能性もある。

【0144】

タッチ信号と雑音スパイクとの空間周波数が近接又は重複している場合、所望のタッチ信号を減衰させることなく雑音スパイク 38 の減衰を最大にするために空間低域通過フィルタ 13 を適用することは困難である。単一の線形フィルタマスク 58 を適用することは、多くのユーザにとって最適ではない可能性が高く、使用者が指先 33 とスタイラスを交互に使用して入力を行うには不適切である可能性がある。

【0145】

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法

所望のタッチ信号を有害に減衰させることなく雑音スパイク 38 の減衰を最大化する方法の一つの方法は、固定寸法 L と W とを有する線形フィルタマスク 58 の係数 $C_{i, j}$ を動的に調整することによって空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅を動的に調整することである。

【0146】

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法は、線形フィルタマスク 58 の係数 $C_{i, j}$ によって決定される可変帯域幅を有する線形フィルタマスク 58 を使用した空間低域通過フィルタ 13 に適合する。線形ガウシアンフィルタは、一般に次のように表される係数 $C_{i, j}$ からなる配列によって表される場合がある。

$$C_{i,j} = G \exp \left(-\frac{\left(i - \frac{L-1}{2}\right)^2}{\sigma_n^2} - \frac{\left(j - \frac{W-1}{2}\right)^2}{\sigma_m^2} \right) \quad (18)$$

ここで、 G は振幅、 L と W とは線形フィルタマスク 58 の寸法であり、 i と j とはそれぞれ $0 \leq i \leq L-1$ 及び $0 \leq j \leq W-1$ の範囲の添え字であり、 σ_n は第一の方向 x における標準偏差であり、 σ_m は第二の方向 y における標準偏差である。振幅 G は、好ましくは、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m)$ と比較してフィルタリングされたフレーム値 $F_{LPSF}(n, m, k)$ の平均強度の全体的な増加又は減少を最小化するための正規化係数である。一般に、第一の方向 d_1 (例えば x) における電極 X_n (例えば駆動電極 D_n) と第二の方向 d_2 (例えば y) における電極 Y_m (例えば感知電極 S_m) とによって定義される交点 $I_{n, m}$ の格子 8 を有するタッチスクリーンパネル 6 は正方形の格子である必要はなく、それに応じて標準偏差 σ_n 、 σ_m が異なる場合がある。交点 $I_{n, m}$ が第一及び第二の方向 d_1 、 d_2 、すなわち $S_1 = S_2$ で等間隔に配置されるように格子 8

が正方形である場合、標準偏差も等しく、すなわち $\sigma_n = \sigma_m = \sigma$ である。例えば、線形フィルタマスク 58 が $L = 3$ かける $W = 3$ の寸法を有するとき、係数は次のように表される。

$$C_{i,j} = G \exp \left(- \frac{(i-1)^2 + (j-1)^2}{\sigma^2} \right) \quad (19)$$

ここで、 $0 \leq i \leq 2$ かつ $0 \leq j \leq 2$ である。

【0147】

図 17A から図 17D は、 $\sigma = 0.5$ 、 $\sigma = 1$ 、 $\sigma = 2$ 及び $\sigma = 4$ のそれぞれの標準偏差値についてのガウシアンフィルタの線形フィルタマスク 58 の係数 $C_{i,j}$ の値の投影 3D 表面プロットを行った図である。

【0148】

図 17A から図 17D を参照すると、小さな値の標準偏差 σ は、交点 $I_{n,m}$ と、線形フィルタマスク 58 によって包含される他の交点、例えば $I_{n+1,m}$ との間の比較的弱い結合を示す。したがって、標準偏差 σ の値が小さいことは、単一の交点 $I_{n,m}$ に対応する雑音スパイク 38 の比較的弱い減衰を示す。対照的に、より大きい標準偏差 σ の値は、交点 $I_{n,m}$ と線形フィルタマスク 58 によって包含される他の交点、例えば $I_{n+1,m}$ との間のより強い結合を示す。したがって、標準偏差 σ の値が大きいほど、単一の交点 $I_{n,m}$ に対応する雑音スパイク 38 の比較的強い減衰を示す。このようにして、空間低域通過フィルタ 13 の帯域幅は、ガウス線形フィルタマスク 48 の係数 $C_{i,j}$ を計算するために使用される標準偏差 σ の値に従って容易に調整されうる。

【0149】

図 18 は、タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法のプロセスフロー図である。

【0150】

図 4 から図 5C と、図 9 と図 18 とを参照すると、第一の方法と同様に、タッチスクリーンシステム 5 の起動時に、第一フレーム $F(n, m, 1)$ がフレーム読み取りモジュール 9 によって読み出され（ステップ S1）、そして背景パターン又は参照フレーム $F_0(n, m)$ が第一フレーム $F(n, m, 1)$ と等しくなるように初期設定され、参照フレーム記憶部 11 に記憶される（ステップ S2）。

【0151】

第一の方法と同様に、タッチスクリーンシステム 5 の動作中に、フレーム読み取りモジュール 9 は走査周波数 f_s で信号フレーム $F(n, m, k)$ を読み出し（ステップ S3）、相関二重サンプリングは、信号フレーム $F(n, m, k)$ を受け取って参照フレーム $F_0(n, m)$ を差し引くことによってこれを修正し、対応する修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ を生成する（ステップ S4、式 1）。

【0152】

空間低域通過フィルタ 13 は、修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ を受け取り、線形フィルタマスク 58 を用いてフィルタリングし、フィルタリングされたフレーム $F_{LPSF}(n, m, k)$ を生成する（ステップ S9）。空間低域通過フィルタ 13 の初期帯域幅は、所定の値に設定されうる。あるいは、初期帯域幅は、タッチスクリーンシステム 5 が動作していた以前の機会からの帯域幅の終了値に設定されうる。例えば、空間低域通過フィルタ 13 は、標準偏差 σ で式 18 に従って計算された係数 $C_{i,j}$ の配列の形の線形フィルタマスク 58 によって特徴付けられるガウシアンフィルタであってよい。標準偏差 σ は、予め定められた値 σ_0 に初期設定されうる。あるいは、標準偏差 σ は、タッチスクリーンシステム 5 が動作していた以前の機会からの標準偏差 σ の終了値に設定されうる。

【0153】

タッチ決定モジュールは、フィルタリングされたフレーム $F_{LPSF}(n, m, k)$ を

分析し、タッチイベント、例えば単一タッチイベント又は複数タッチイベントが発生しているか否かを判断する（ステップS5）。タッチイベントが発生していなければ（ステップS5；No）、参照フレーム $F_0(n, m)$ は、参照フレーム記憶部11内に記憶されている参照フレーム $F_0(n, m)$ を現在の信号フレーム $F(n, m, k)$ で上書きし（ステップS8）、次の信号フレーム $F(n, m, k+1)$ はフレーム読み取りモジュール7によって読み出される（ステップS3）。

【0154】

タッチイベントが発生している場合（ステップS5；Yes）、帯域幅決定モジュール15は、空間低域通過フィルタ13の帯域幅が最適か、又は空間低域通過フィルタ13の帯域幅が変更されるべきかを決定する（ステップS10）。帯域幅決定モジュール15は、CDS修正されたフレーム $F_{CDS}(n, m, i)$ とフィルタリングされたフレーム $F_{LPF}(n, m, i)$ とを比較することによって、タッチ信号と雑音スパイク38の減衰を評価する場合がある。タッチイベントが識別された後（ステップS5参照）、タッチ決定モジュール12によってタッチイベントの一部であると判定された交点 $I_{n, m}$ に対応する修正された又はフィルタリングされたフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ 、 $F_{LPF}(n, m, k)$ のいかなる値でも信号値であり、他の非ゼロ値は雑音とみなされる場合がある。空間低域通過フィルタ13の帯域幅を調整するための様々な基準は、帯域幅決定モジュール15によって適用されうる。例えば、フィルタが標準偏差 σ で式18に従って計算された係数 $C_{i, j}$ を有するガウシアンフィルタマスク58を使用する場合、帯域幅決定モジュール15は、SNRを閾値において維持するために標準偏差 σ 値を増加又は減少させうる。あるいは、プロセッサ又はタッチコントローラは、閾値を超えるタッチ信号の減衰を維持しながら雑音スパイク38の減衰を試み、その減衰を最大化するために標準偏差 σ 値を増減させる場合がある。

【0155】

あるいは、帯域幅決定モジュール15は、帯域幅を必ずしも漸次的に調整する必要はなく、信号／雑音減衰モデル記憶部16、17から受け取った所定の信号／雑音減衰モデルを使用しうる。帯域幅決定モジュール15は、フレーム内に存在する雑音4の特性に基づいて、空間低域通過フィルタ13に最適な帯域幅を選択しうる。雑音スパイク及び信号減衰を空間低域通過フィルタ13の帯域幅に関連付けるモデルの測定例を以下に説明する。例えば、フィルタが標準偏差 σ で式18に従って計算された係数 $C_{i, j}$ を有するガウシアンフィルタマスク58である場合、帯域幅決定モジュール15は、雑音スパイクと信号減衰とを標準偏差 σ の値に関連付ける所定の信号／雑音減衰モデルに基づいて、標準偏差 σ の値を選択しうる。

【0156】

帯域幅決定モジュール15は、モデル化と漸次変更の組み合わせを用いる場合がある。例えば、プロセッサ又はタッチコントローラが、信号／雑音減衰モデル記憶部16、17に記憶された信号／雑音減衰モデルを改善するために、追加のデータ点を追加することによって、モデル化された値に近いパラメータを探索する機械学習法又は「ファジー」法を使用しうる。

【0157】

帯域幅決定モジュール15は、空間低域通過フィルタ13の帯域幅の調整が必要であると判断した場合（ステップS10；Yes）、帯域幅決定モジュール15は、マスク記憶部14に記憶された係数 $C_{i, j}$ を更新された係数 $C_{i, j}$ によって上書きすることにより帯域幅を調整する（ステップS11）。タッチ決定モジュール12は、タッチ情報18を判定し、機器CPU19に出力する（ステップS6）。タッチスクリーンシステム5が動作している間（ステップS7）、次の信号フレーム $F(n, m, k+1)$ がフレーム読み取りモジュール9によって読み出される（ステップS3）。

【0158】

空間低域通過フィルタの帯域幅が調整不要であれば（ステップS10；No）、タッチ決定モジュール12は、タッチ情報18を判定し、機器CPU19に出力する（ステップ

10

20

30

40

50

S 6)。

【0159】

信号フレーム $F(n, m, k)$ の読み出しとそれに続く信号フレーム $F(n, m, k+1)$ の読み出しとの間に生じる全てのステップ(ステップ S 4～S 11)は、好ましくは、走査間隔 $1/f_s$ よりも短い時間で行われる。例えば、表示静止／ブランキング期間にフレームが読み出された場合、信号フレーム $F(n, m, k)$ の読み出しと、引き続く信号フレーム $F(n, m, i+k)$ の読み出しとの間に生じるステップ(ステップ S 4～S 11)は、表示静止／ブランキング期間の間隔よりも長くかかることは好ましくない。

【0160】

このように、例えば参照フレーム $F_0(n, m)$ と無相関であるために相関二重サンプリング 10 によっては除去されない雑音スパイク 38 は、空間低域通過フィルタ 13 によって減衰される場合がある。これは、タッチスクリーンパネル 6 からの出力の SNR をさらに増加させる場合があり、信号閾値及び／又は励起電力を、CDS 修正のみの場合と比べてさらに低減させる。タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法は、動的に更新される空間低域通過フィルタ 13 を使用する。これにより、異なるサイズの指先 33 を有する異なる使用者がタッチスクリーンシステム 5 を使用する時、又はユーザが指先 33 の使用とスタイラスの使用とを切り替えるときに、信号処理の最適化された状態が保たれる。

【0161】

第二の方法の使用例

タッチスクリーンパネルからの出力信号を処理する第二の方法の使用は、上述した実験的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネル(表 I I 参照)を用いて行った実験を参照して説明されう。空間低域通過フィルタ 13 の平滑化効果を評価するために、SNR と信号減衰と雑音減衰との三つの要因が考慮された。

【0162】

図 19 は、生の信号フレーム $F(n, m, k)$ と、CDS 修正後のフレーム $F_{CDS}(n, m, k)$ と、CDS 修正後に空間低域通過フィルタリングしたフレーム $F_{LPSF}(n, m, k)$ との正規化パワースペクトル密度(PSD)のプロットを示す図である。

【0163】

図 19 を参照すると、上述のように CDS 修正によって導入される場合がある高周波雑音は、空間低域通過フィルタリングによって抑制されう。このように、SNR の全体的な改善は、個別に適用される CDS 又は空間低域通過フィルタからの改善を単に加算することによって得られるものよりも優れるという点において、CDS 修正と空間低域通過フィルタリングとは相補的である。実験的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネルから得られたデータでは、SNR は 15.6 dB だけ増加し、信号及び雑音スパイクはそれぞれ 4.51 dB 及び 19.25 dB だけ減衰されることが観察された。

【0164】

図 20 A は、ガウシアンフィルタマスク 58 の標準偏差 σ に対してプロットされた雑音スパイク減衰とタッチ信号減衰とのプロット図である。プロットは実験的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネルからのデータに基づくシミュレーションから得られたものである。図 20 B は、 $\sigma = 0.5$ と $\sigma = 1$ との間の標準偏差の範囲を示す図である。

【0165】

図 20 A 及び図 20 B を参照すると、タッチ信号と比較して雑音スパイク 38 の空間周波数が比較的高いため、雑音スパイクは、空間低域通過フィルタリング後のタッチ信号に比べて比較的高い減衰を示すことが観察される。実験的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネルの雑音スパイク 38 とタッチ信号との減衰は、両方とも、標準偏差 σ が $\sigma = 0.5$ から $\sigma = 1$ の範囲内で急激に増加することを示している。標準偏差が $\sigma > 1.5$ より大きい値の場合、減衰は飽和しているように見える。観察された関係は、実験的な投影型静電容量式タッチスクリーンパネルに特有であるが、例えば、いかなる他の投影型静電容量式タッチスクリーンパネル 20, 21, 22、又は圧力などの異なる物理的パラメータ 50

を測定するタッチスクリーンパネル6にも同じ分析が容易に適用されうる。

【0166】

タッチ信号の減衰と雑音スパイク38の減衰との間の測定された関係は、前述したように、タッチスクリーンパネルからの信号を処理する第二の方法で使用するための信号／雑音減衰モデル16、17を生成するために使用されうる。例えば、雑音スパイク38の減衰は標準偏差 σ で信号減衰よりもより急速に増加することが観察されるため、観察された関係は、雑音スパイクの振幅が増加するのであれば、SNRを閾値よりも高く維持する標準偏差 σ の値を決定するモデルとして使用されうる。あるいは、測定された関係は、タッチスクリーンシステム5が起動するときの標準偏差 σ_0 の初期値を選択するためのモデルとして使用されうる。例えば、許容された信号減衰が2 dBである場合、0.6の標準偏差を有する最初のガウス分布に基づいたマスクは、許容できない量だけタッチ信号を減衰させること無く、雑音スパイクを最大限に減衰させるために使用される。

10

【0167】

タッチスクリーンパネルからの信号を処理する第二の方法の時間及びエネルギー見込み

第一の処理方法と比較して、第二の処理方法の複雑さは、およそ $O(3N)$ まで増加する。第一の方法に対して行われたのと同様の計算は、携帯機器用の典型的な市販のプロセッサが約19.2 μs を必要とし、アルゴリズムの消費電力が21.6 nWであることを示す。従って、第二の方法の計算時間は、60 Hzの典型的な走査速度に対するフレーム読み出しの間隔よりも大幅に短く、フレーム読み出しの消費電力に比べてアルゴリズムの消費電力は無視しうる。

20

【0168】

このようにして、第二の方法は、走査周波数 f_s 又はタッチスクリーンシステム5の電力消費を含むことなくSNRを改善し、オフセット3を除去するために使用されうる。

【0169】

変更

上述した実施形態に対しては多くの変更がなされうるということが理解されるであろう。そのような変更は、タッチパネルの設計や製造や使用において既に知られていて、本明細書ですでに説明した機構の代わりに、又はそれに加えて使用されうる同等及び他の機構を含むことができる。一実施形態の機構は、別の実施形態の機構によって置き換えられるか、又は補強されうる。

30

【0170】

例えば、CDS修正と空間低域通過フィルタリングとを組み合わせた、タッチスクリーンパネルからの信号を処理する第二の方法が記載されている。しかしながら、空間低域通過フィルタリングは、フレーム読み取りモジュール9によって読み出された信号フレーム $F(n, m, k)$ に直接的に適用され、雑音4の高周波成分を平滑化することによりSNRを適度に改善しうる。

【0171】

タッチスクリーンシステム5の透明なタッチスクリーンパネル6が記載されている。しかしながら、第一及び第二の方法は、ディスプレイスクリーン上に重ねられるかそれと一体化された透明なタッチスクリーンパネル6に限定されるものではない。例えば、第一及び第二の方法は、ラップトップコンピュータなどのデータ処理機器に入力を提供するための不透明なタッチパネルなどのタッチパネルにも適用されうる。

40

【0172】

空間低域通過フィルタ13の帯域幅が帯域幅決定モジュールによって調整される、信号を処理する第二の方法が記載されている。しかしながら、帯域幅は可変である必要はなく、いくつかの代替方法では、第一の方法によるCDS修正が固定帯域幅を有する空間低域通過フィルタ13を使用する空間低域通過フィルタと組み合わせられる場合がある。

【0173】

タッチイベントを含まない最も最近の信号フレーム $F(n, m, k)$ が参照フレーム $F_0(n, m)$ として記憶されることが記載されている。しかしながらこのことは、例えば

50

、一時的なハードウェアの誤動作の結果が参照フレームとして記憶され、後続のフレームでS N Rの劣化を招く可能性があるなど、予期せぬ「不良フレーム」をもたらす結果になる場合がある。参照フレーム $F_0(n, m)$ を更新する他の方法は、参照フレーム $F_0(n, m)$ 更新についての堅牢性を改善するために使用されうる。例えば、参照フレームが以下のように割り当てられるように指数平滑化法を適用する方法である。

$$F_0(n, m) \rightarrow \delta \times F_0(n, m) + (1 - \delta) F(n, m, k) \quad (20)$$

ここで、 δ は重み係数である。重み係数 δ は、性能を最適化するように調整されうる。しかし、指数平滑化法を使用すると、隣接するフレーム間の相関を弱める場合がある。雑音のキャンセルと堅牢性との間のトレードオフは、タッチスクリーンパネル6の用途と物理的な特性とに依存する場合がある。

【0174】

式2の加算を直接実行しないことにより、線形フィルタマスク58をフレーム値 $F(n, m, k)$ と $F_{CDS}(n, m, k)$ とに適用する効率が改善される場合がある。例えば平均フィルタの場合、各画素が、第一の方向 d_1 、 x において、例えば $F_{CDS}(n, m, k) + F_{CDS}(n+1, m, k) + F_{CDS}(n+2, m, k)$ の三つの画素の合計を含むような中間フレームが構成されうる。最終的なフィルタリングを施された画像 $F_{LPSF}(n, m, k)$ は、中間画像について第二の方向 d_2 、 y において同じ処理を実行し、次に倍率定数で除算することによって得られる場合がある。このプロセスは、ガウス加重フィルタに対しても同様に有効である。これは、 $L=3$ かける $W=3$ よりも大きな寸法の線形フィルタマスク58を必要とする、格子8のより高い解像度、すなわち縮小された間隔 s を有するタッチスクリーンパネル6にとって特に有用であろう。というのも、中間フレームを使用することにより、計算の複雑度が、線形フィルタマスク58の寸法 L 及び W について二次関数的にではなく比例的に変化するからである。

【0175】

ガウス空間低域通過フィルタ13について記載されている。あるいは、ピークと、ピークの相対幅を調整するためのパラメータとを持つ任意の空間低域通過フィルタが、ガウシアンフィルタの代わりに使用されうる。

【0176】

特許請求の範囲は本願において特定の機構について定められているが、本願の開示の範囲は、本願において保護を要求しているあらゆる請求項におけるのと同様の発明に係るものとしないうとに関わらず、また本願発明が行うものと同様のいかなる又はすべての技術的課題を克服するものとしないうとに関わらず、明示的に又は暗示的に又はそれらのあらゆる一般化のいずれかとしてここに開示されたあらゆる新規な機構又はあらゆる新規な機構の組み合わせをも含むということが理解されるべきである。出願人は、本願の審査の間又はそれらに由来する更なるあらゆる特許出願の審査の間に、そのような機構及び／又はそのような機構の組み合わせについての新たな請求項が定められうることをここに表明する。

【図 1】

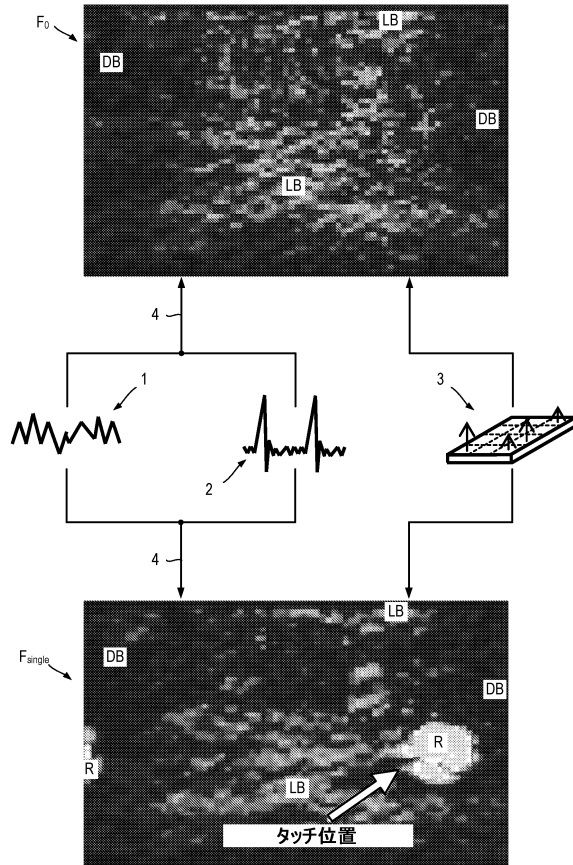


Fig. 1

【図 2】

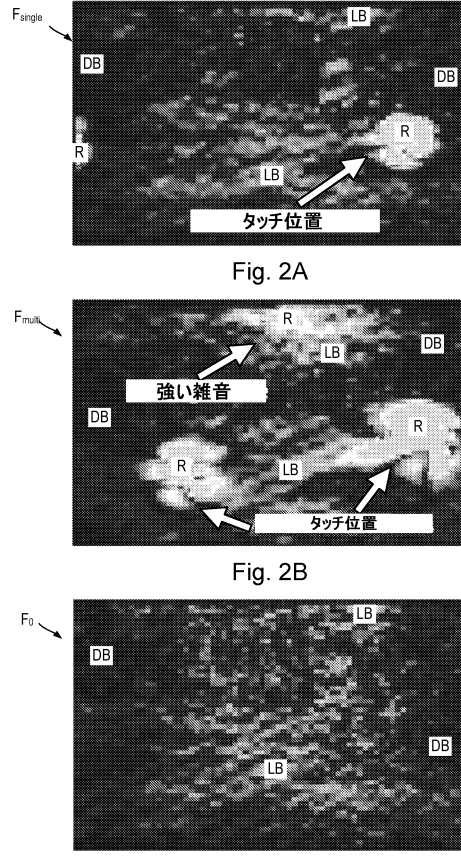


Fig. 2A

Fig. 2B

Fig. 2C

【図 3】

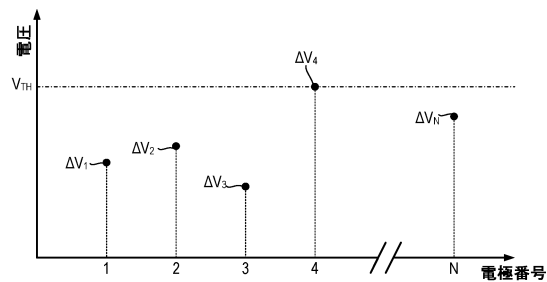


Fig. 3

【図 4】

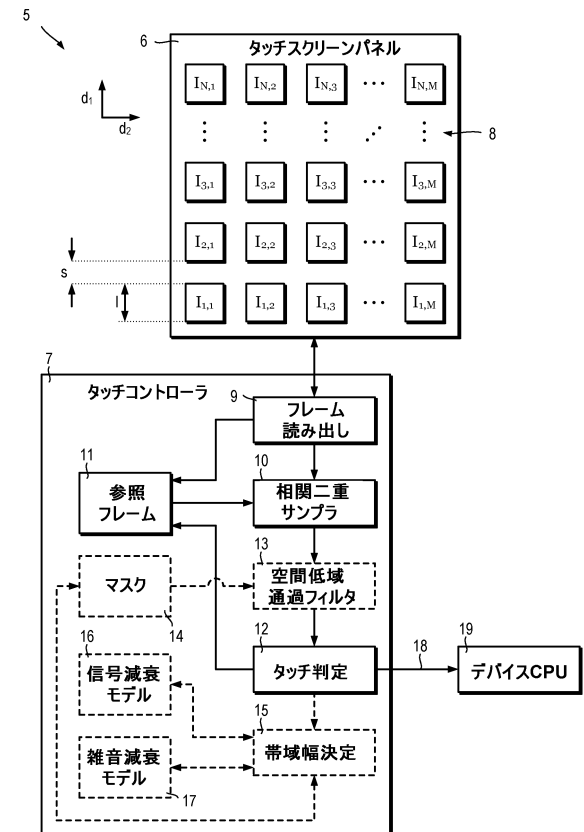
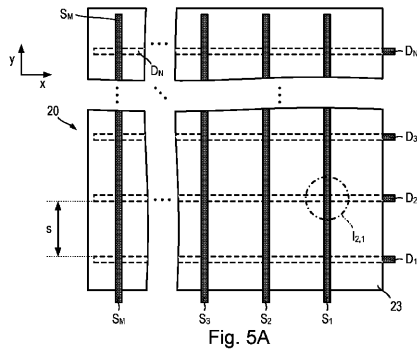
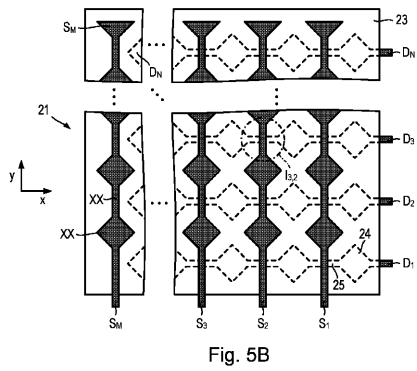


Fig. 4

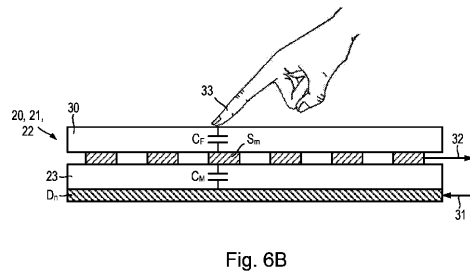
【図 5 A】



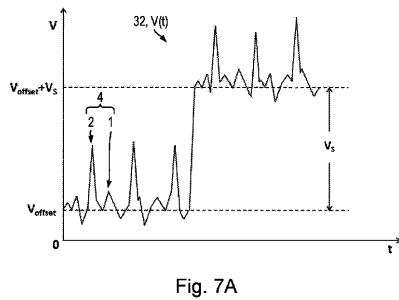
【図 5 B】



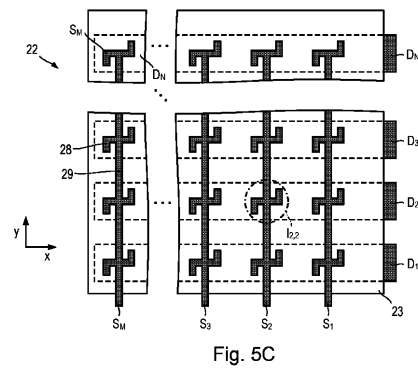
【図 6 B】



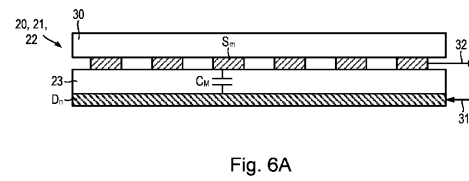
【図 7 A】



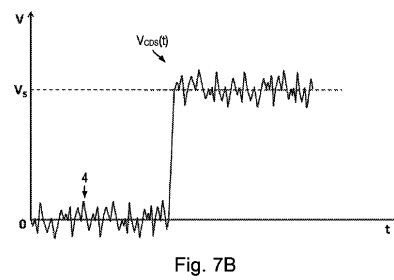
【図 5 C】



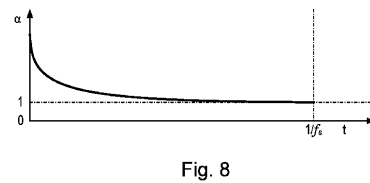
【図 6 A】



【図 7 B】



【図 8】



【図 9】

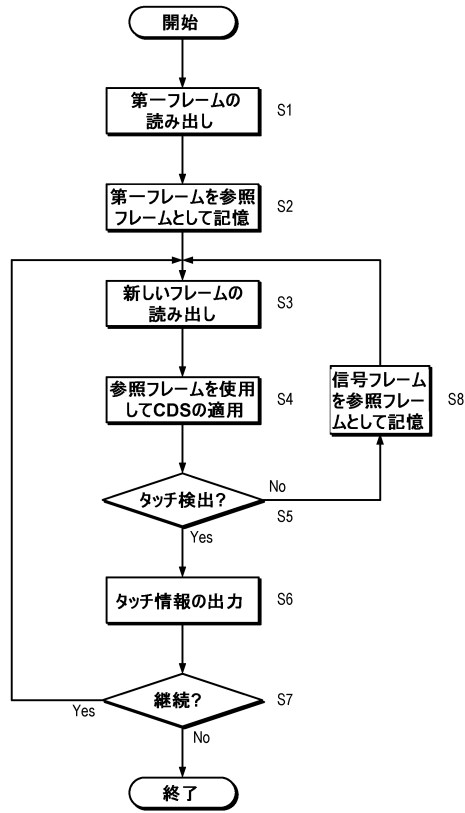


Fig. 9

【図 10 A】

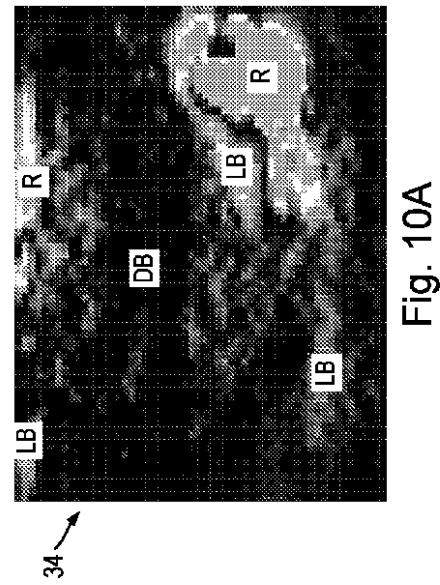


Fig. 10A

【図 10 B】

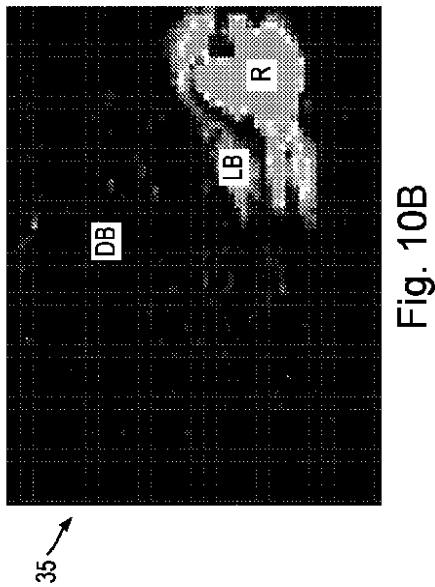


Fig. 10B

【図 10 C】

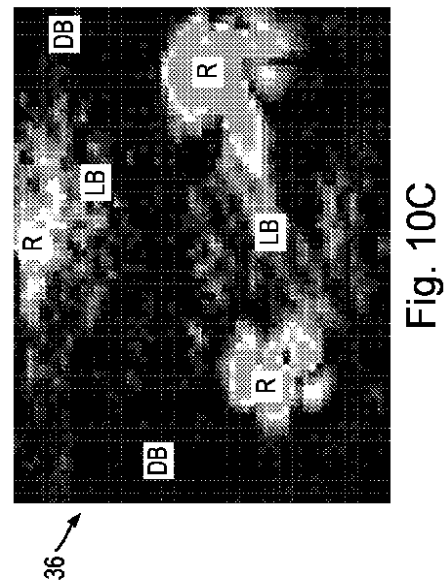


Fig. 10C

【図 10D】

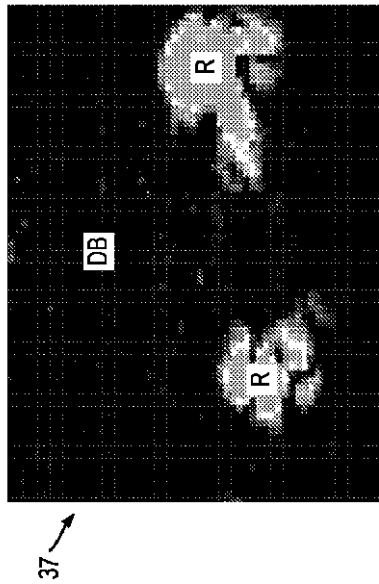
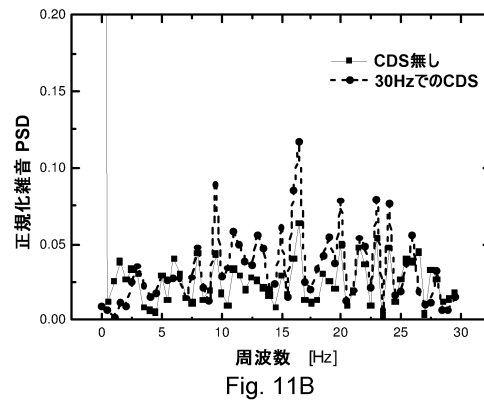
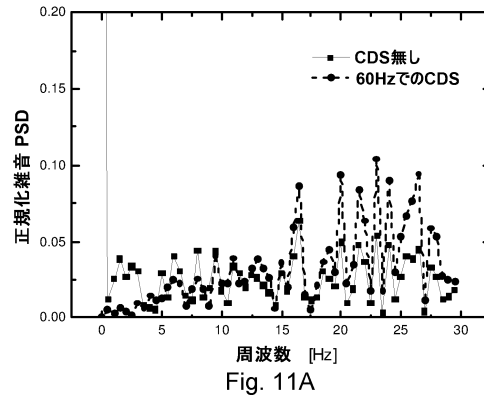
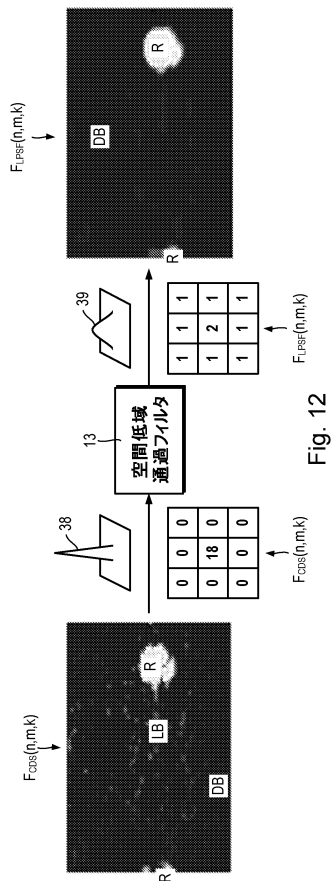


Fig. 10D

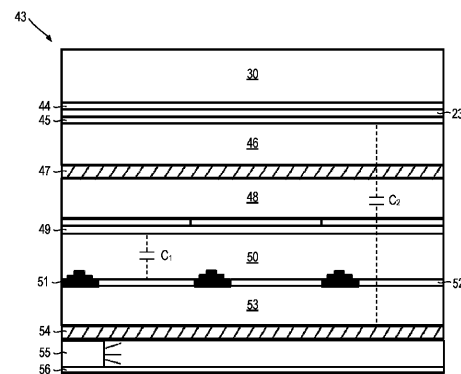
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

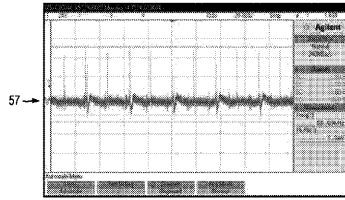


Fig. 14

【図 15】

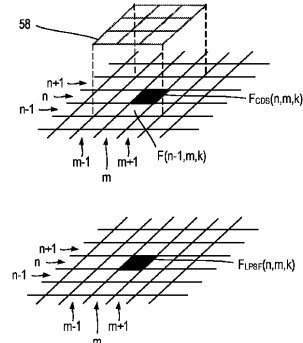


Fig. 15

【図 17 A】

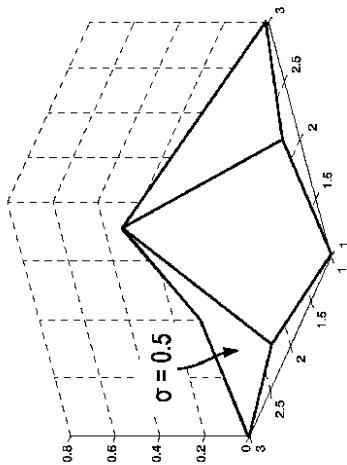


Fig. 17A

【図 16 A】

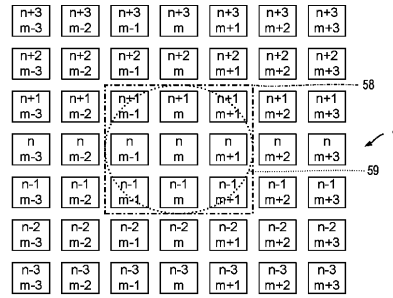


Fig. 16A

【図 16 B】

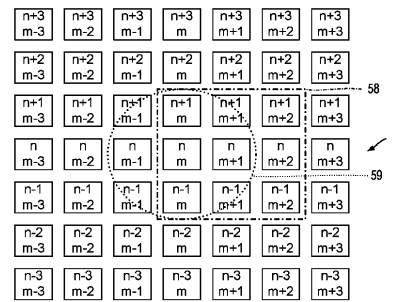


Fig. 16B

【図 17 B】

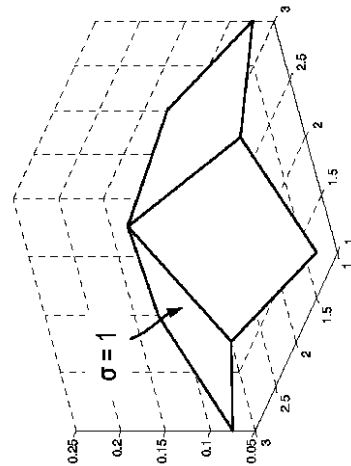


Fig. 17B

【図 17 C】

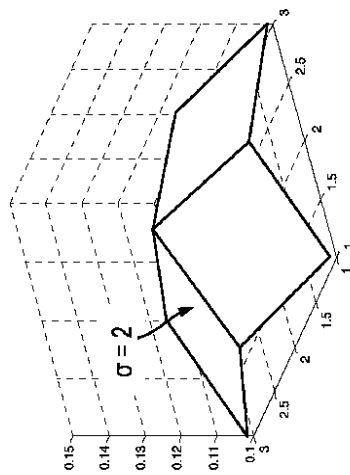


Fig. 17C

【図 17 D】

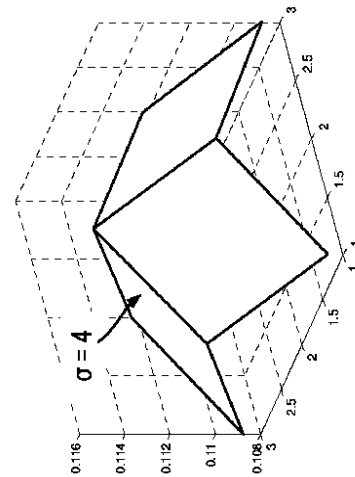


Fig. 17D

【図 18】

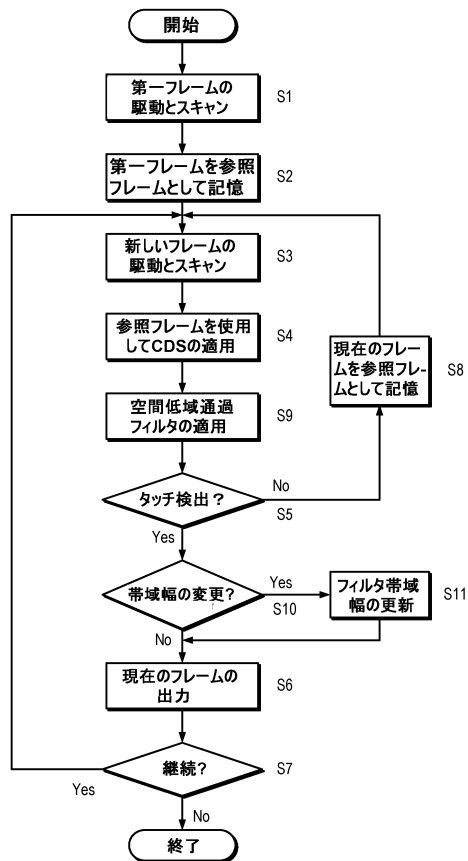


Fig. 18

【図 19】

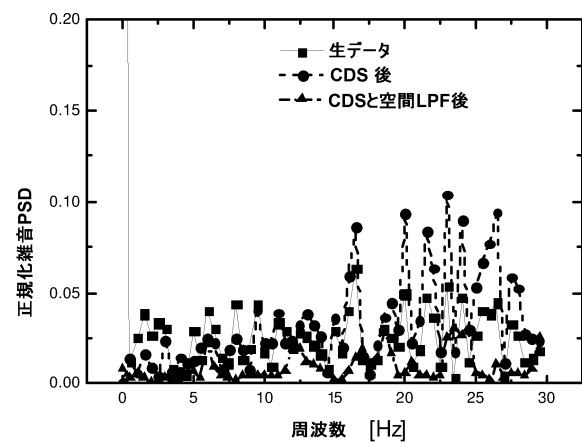


Fig. 19

【図 2 0】

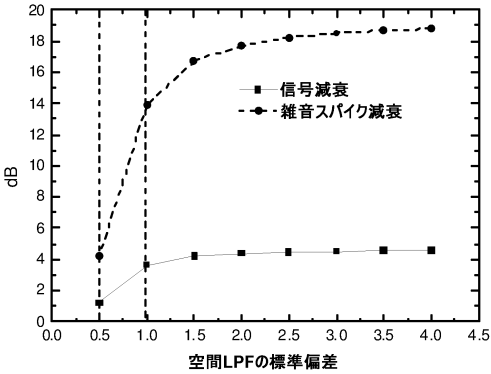


Fig. 20A

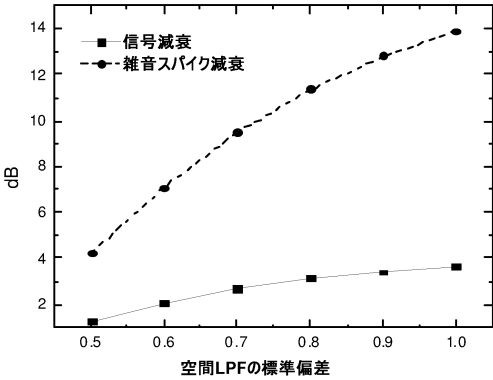


Fig. 20B

【図 2 1】

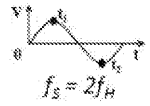
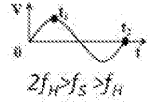
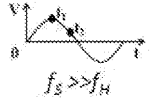
幅	SNR	例
$0 < \alpha < 1$	SNR 劣化	 $f_s < f_H$
$\alpha = 1$	SNR 維持	 $f_s = f_H$
$1 < \alpha < +\infty$	SNR 向上	 $f_s > f_H$

Figure 21

【図 2 2】

パラメータ	ユニット	値
対角	インチ	10.1
アスペクト比	なし	16/9
励起電圧	ボルト	10
ディスプレイ画素寸法	(マイクロメートル) ²	56×56
TX 電極寸法	ミリメートル	3
RX 電極寸法	マイクロメートル	449
リフレッシュレート	ヘルツ	60
感知配列寸法	(ミリメートル) ²	3×3
感知配列間隔	ミリメートル	2

Figure 22

フロントページの続き

- (72)発明者 ネイサン、アロキア
イギリス CB4 0GN ケンブリッジシャー、 ケンブリッジ、 ミルトン ロード、 ケンブリッジ サイエンス パーク 154、 ケンブリッジ タッチ テクノロジーズ リミテッド
内
- (72)発明者 ガオ、シュオ
イギリス CB4 0GN ケンブリッジシャー、 ケンブリッジ、 ミルトン ロード、 ケンブリッジ サイエンス パーク 154、 ケンブリッジ タッチ テクノロジーズ リミテッド
内
- (72)発明者 ライ、ジャクソン
イギリス CB4 0GN ケンブリッジシャー、 ケンブリッジ、 ミルトン ロード、 ケンブリッジ サイエンス パーク 154、 ケンブリッジ タッチ テクノロジーズ リミテッド
内

審査官 菅原 浩二

- (56)参考文献 特開2014-035605 (JP, A)
国際公開第2009/063817 (WO, A1)
特開2015-141557 (JP, A)
特開2013-051720 (JP, A)
特開2012-243058 (JP, A)
特表2013-541088 (JP, A)
特開2014-128576 (JP, A)
特表2014-512606 (JP, A)
国際公開第2013/129092 (WO, A1)
欧州特許出願公開第02693316 (EP, A1)
中国特許出願公開第104881187 (CN, A)

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