



Fakulteten för ekonomi, kommunikation och IT  
Avdelningen för Datavetenskap

Mathias Andersson och Henrik Bäck

# Flerpunktspekskärm med användargränssnitt för multipla operationer

Multi-touch screen with interface  
for multiple operations

Examensarbete 30 poäng  
Civilingenjörsprogrammet IT

Datum/Termin: XX-XX-XX  
Handledare: Katarina Asplund  
Examinator: Donald. F. Ross  
Ev. löpnummer: X-XX XX XX



Denna uppsats är skriven som en del av det arbete som krävs för att erhålla en civilingenjörsexamen i datavetenskap. Allt material i denna rapport, vilket inte är mitt eget, har blivit tydligt identifierat och inget material är inkluderat som tidigare använts för erhållande av annan examen.

---

Mathias Andersson

---

Henrik Bäck

Godkänd, Date of defense

---

Opponent: NN

---

Handledare: Katarina Asplund

---

Examinator: Donald F. Ross



# Sammanfattning

Svenskt abstrakt här



# **Multi-touch screen with interface for multiple operations**

Put the text of your english abstract here





**Tack**



# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Termer . . . . .	1
1.1.1	Multi-touch . . . . .	1
1.1.2	Tracker . . . . .	1
1.2	Problem . . . . .	1
1.3	Mål . . . . .	2
1.3.1	Hårdvara, In-dataenhet, flerpunktspeksskärm . . . . .	2
1.3.2	Mjukvara . . . . .	3
1.4	Begränsningar och krav . . . . .	3
1.4.1	Hårdvara . . . . .	3
1.4.2	Mjukvara . . . . .	4
1.5	Sammanfattning . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>5</b>
2.1	Historia . . . . .	5
2.2	Idag . . . . .	10
2.3	Introduktion till flerpunktspeksskärmar . . . . .	11
2.3.1	Simultan interaktion . . . . .	12
2.3.2	Tillämpningar . . . . .	12
2.4	Sammanfattning . . . . .	13

<b>3</b>	<b>Hårdvaruprototyp</b>	<b>15</b>
3.1	Design . . . . .	15
3.2	Implementation . . . . .	15
3.3	Problem . . . . .	15
3.4	Komponentlista . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Mjukvaruprototyp</b>	<b>17</b>
4.1	Spårare . . . . .	17
4.1.1	Funktionalitet . . . . .	17
4.1.2	Olika spårare . . . . .	18
4.2	Klient . . . . .	18
4.2.1	Användargränssnitt . . . . .	18
4.2.2	Gester . . . . .	18
4.3	Kommunikation mellan spårare och klient . . . . .	18
4.3.1	TUIO . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Utvärdering av prototyp</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Slutsats</b>	<b>23</b>
	<b>Litteraturförteckning</b>	<b>25</b>

# Figurer

2.1	Historisk tidslinje för inmatningssystem . . . . .	6
2.2	The Rand Tablet . . . . .	7
2.3	AccuTouch™ 1977 (License pending) . . . . .	8
2.4	PLATO 1978 . . . . .	9
2.5	iPhone 3G . . . . .	10
2.6	Microsoft Surface . . . . .	11



# Tabeller





# Kapitel 1

## Inledning

Den här uppsatsen kommer att visa hur man kan lösa problemet med att flera användare samtidigt kan interagera med ett system via en och samma in-dataenhet. Som in-dataenhet kommer en flerpunktspekskärm (multi-touch screen) att användas. Flerpunktspekskärmen kommer att konstrueras från standardkomponenter. En applikation kommer att utvecklas för att demonstrera delar av den funktionalitet som flerpunktspekskärmen tillhandahåller.

### 1.1 Termer

#### 1.1.1 Multi-touch

Den här uppsatsen kommer att använda termen “flerpunktspekskärm” istället för det engelska ordet “multi-touch screen”. Termen har ingen officiell översättning till Svenska, dock anser Svenska Datatermsgruppen (vid KTH) att översättningen är så korrekt man kan begära [4].

#### 1.1.2 Tracker

Termen “spårare” kommer användas för det engelska ordet “tracker”.

### 1.2 Problem

En utmaning inom försäljning är att sälja icke fysiska produkter, så som exempelvis resor. Att kunna presentera icke fysiska produkter på ett interaktivt sätt ger säljaren möjlighet att

anpassa presentation och dessutom låta kunden vara delaktig i anpassningen. En nuvarande teknik är att använda sig av en dator för demonstration av produkterna. En sådan dator skulle kunna vara utrustad med en pekskärm för att ge mer direkt manipulation av objekt än vad som är möjligt med tangentbord och mus [21]. Pekskärmen kan enbart ta emot indata från en samtidig användare och dessutom kan inte inmatningen innehålla mer än en in-datapunkt (koordinat).

För att lösa problemet med simultan interaktion från ett flertal användare kan pekskrämorna utvecklas. Istället för att skärmen enbart kan ta emot en in-datapunkt (koordinat) måste den ta emot flera. En sådan förändring skulle medföra nya möjligheter för hur inmatning kan ske och vilka operationer som kan utföras [18].

En säljare som exempelvis visar bilder på produkter får då möjlighet att förstora, förminska samt rotera bilderna med fingrarna på skärmen, utan att använda speciella skalnings- eller roteringsverktyg. Säljaren kan till och med ha en 3D-modell av den icke fysiska varan som denne eller kunden kan navigera på genom att enbart använda fingrarna på ytan.

## 1.3 Mål

Målet med den här uppsatsen är lösa problemet med att flera användare simultant kan interagera med ett och samma system via samma in-data enhet. Målet består av två delar, en hårdvara- och en mjukvarudel.

### 1.3.1 Hårdvara, In-dataenhet, flerpunktspeksskärm

Hårdvaran kommer att användas för att visa och navigera mjukvaran. Ytan, för ut- och indata placeras i liggande position, med bildytan uppåt. Detta gör det möjligt för flera personer att sitta runt ytan och arbeta.

Hårdvaran kommer i huvuddrag att bestå av följande komponenter,

- TFT-monitor, 22"

- Kamera
- IR-belysning

En TFT-monitor kommer att modifieras och placeras på en låda. TFT-monitorn kommer att belysas med en IR-ljuskälla. Kameran kommer att riktas mot undersidan av monitorns bildpanel. Kamerans lins kommer att modifieras så att IR-ljus kan passera in till bildsensorn.

När en användare sätter ett finger på monitorns yta kommer fingret att påverka IR-ljuset. Kameran kommer att fånga upp denna förändring och sända bilden till mjukvaran där den behandlas och fingrets position omvandlas till koordinater.

In-dataenheten kopplas till en dator som kör mjukvaran, se 1.3.2.

### 1.3.2 Mjukvara

En applikationsprototyp för att tillämpa funktionaliteten hos flerpunktspekskärmen kommer att utvecklas.

Prototypen kommer att skrivas i Objective-C<sup>®</sup> för Apple<sup>®</sup> MacOS<sup>®</sup> X. Applikationen kommer att använda sig av ramverket Cocoa<sup>®</sup>. Quartz

Mjukvaran skall kunna presentera objekt på skärmen. Objekten skall kunna manipuleras via in-dataenheten, se 1.3.1.

## 1.4 Begränsningar och krav

Prototyperna som kommer att skapas kommer att ha följande krav och avgränsningar.

### 1.4.1 Hårdvara

Hårdvaran skall kunna...

- agera monitor åt datorn.

- leverera bilder, föreställande undersidan av monitorns bilpanel, till mjukvaran.

### 1.4.2 Mjukvara

Mjukvaran skall kunna...

- visa en kvadrat och en triangel.
- ta emot data, direkt eller indirekt, från hårdvaran.
- flytta kvadraten och triangeln individuellt med hjälp av hårdvaran och genom att sätta fingret på figuren och dra.
- figurerna, nämnda ovan, kan flyttas till och från olika positioner på samma gång, genom att sätta ett finger på varje figur som skall flyttas och dra.
- kvadraten kommer att gå förstora och förminska med hjälp av att två fingrar används på figuren och att fingrarna förs ifrån eller emot varandra respektive.

I mån av tid kommer mjukvaran att utökas med ytterligare funktionalitet för att ge fler exempel på tillämpningar.

## 1.5 Sammanfattning

För att flera användare simultant ska kunna interagera med ett och samma system krävs att in-dataenheten och mjukvaran är konstruerad för detta syfte. För att lösa problemet kommer en in-dataenhet, flerpunktspeksskärm, samt en mjukvara att konstrueras anpassad för denna tillämpning.

## Kapitel 2

# Bakgrund

Flerpunktspekaskärmar är ingen ny teknik men det är först nu som de har kommit till användning i olika applikationer [22]. I det här kapitlet kommer en kort historia för pekskärmsrelaterade inmatningsmetoder att presenteras. Efter detta kommer en introduktion till flerpunktspekaskärmar.

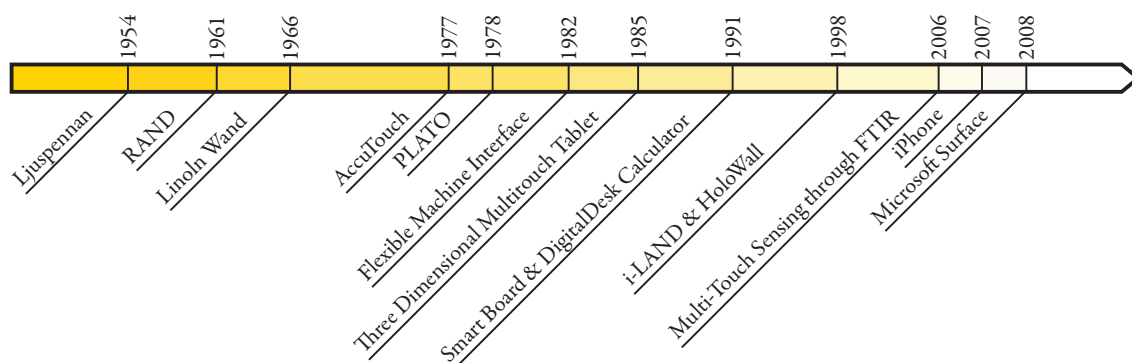
### 2.1 Historia

Alternativa inmatningsmetoder till tangentbordet har funnits i över 50 år. I detta avsnitt presenteras historiska hållpunkter inom områden som kan relateras till pekskärmar samt lite information kring dem. Figur 2.1 visar hållpunkter i historien.

1954 introducerades ljuspennan för inmatning [16]. Med ljuspennan arbetade användaren direkt på skärmen med en för ändamålet utvecklad penna. Pennan hade en inbyggd ljussensor som kände av när CRT-skärmens katodstråle träffade densamma. Katodstrålens position är känd och utifrån denna information kan man härleda pennans position i två dimensioner.

THE RAND TABLET, figur 2.2, lanserades 1961 [3] och hade en 10 gånger 10 tum stor yta vilken kunde läsa diskreta punkter i planet. Ytan bestod av en elektriskt laddad platta. På ytan användes en speciell penna (sond) för att göra inmatningar. Pennan hade en tryckkänslig spets för att simulera en verklig penna och på så sätt mata in data i tre dimensioner. Då inmatning och utmatning var fysiskt separerade kan THE RAND TABLET främst liknas vid dagens ritbord (tablet)[5].

1966, fem år efter RAND, utvecklades en in-dataenhet, kallad THE LINCOLN WAND

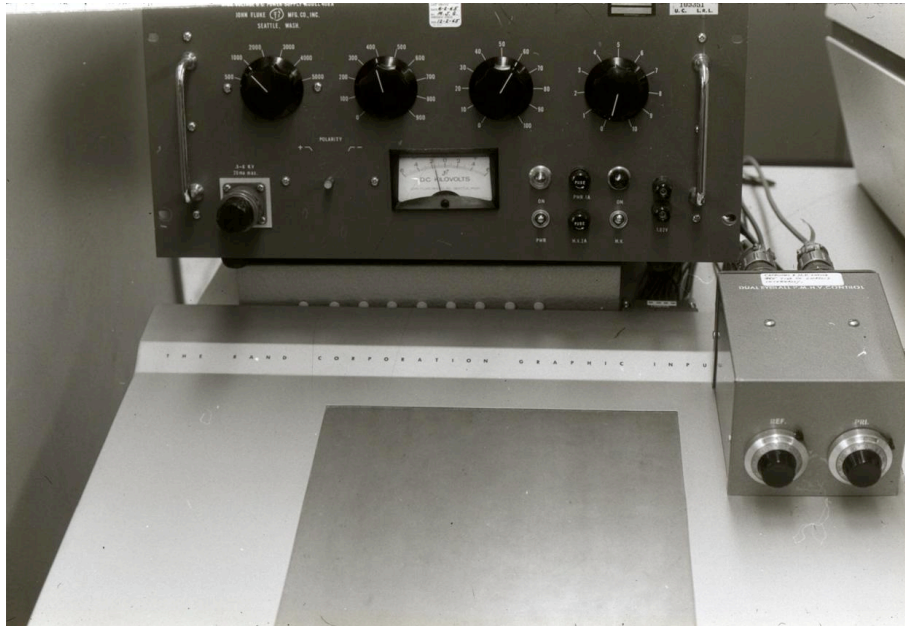


Figur 2.1: Historisk tidslinje för inmatningssystem

[13], där användaren kunde peka direkt på skärmen. Fortfarande används en speciell penna för att göra kopplingen mellan pekpunkten på skärmen och datorn. Pennan var utrustad med en ultraljudsmottagare och dess position gick att utläsa i tre dimensioner, till skillnad från ljuspennans två dimensioner. Tekniken fungerar, i kort, så att skärmen har fyra stycken inbyggda ultraljudssändare som periodiskt sänder ut en ultraljudssignal. När användarens penna tar emot ljuden från sändarna kan tiden beräknas för varje sändare. På så sätt kunde positionen för pennan beräknas.

Elva år senare, 1977, tillverkades en transparent yta, kallad AccuTouch<sup>TM</sup>[11] se figur 2.3, som kunde avläsa en punkt baserat på fingrets placering på skärmen. Systemet består av två lager av elektriskt ledande material. När ett finger trycker på ytan sluts en elektrisk krets mellan de två lagren. Fingrets position beräknas genom att mäta potentialen, horisontellt och vertikalt, i punkten [6].

Året efter, 1978, användes en pekskärm i en utbildningsprodukt vid namn PLATO [7], se figur 2.4. PLATO hade en plasmaskärm om 512 gånger 512 bilpunkter som dessutom var utrustad med möjligheten att ta emot data genom att placera ett finger på skärmen. En användare kunde på så sätt göra val i olika applikationer utan att använda tangentbordet. Pekskrmen hade en upplösning på 16 gånger 16 punkter. Detta innebar att det var möjligt att känna av 256 olika områden på skärmen. Runt skärmen placerades IR-Ljussändare och mottagare. Des-



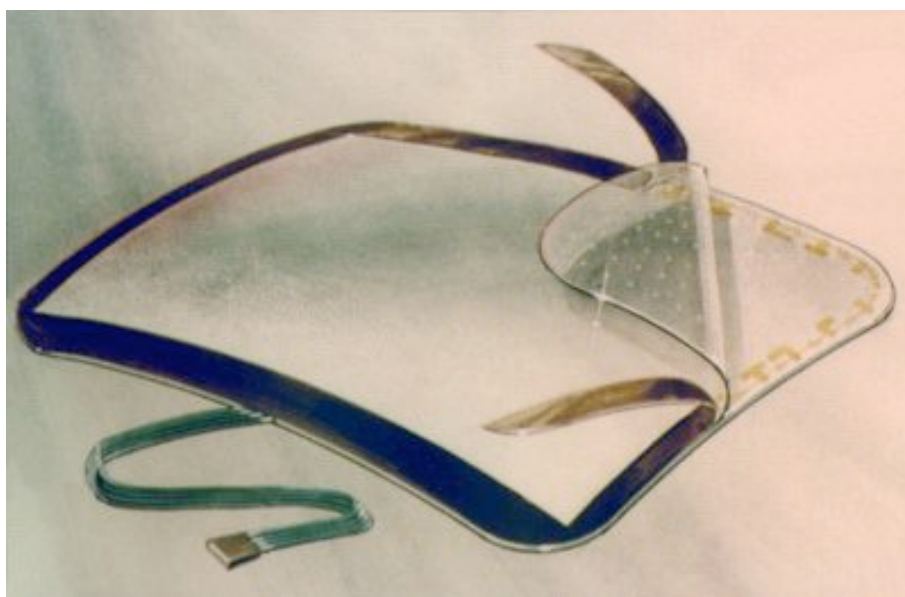
Figur 2.2: The Rand Tablet

sa skapade ett rutnät av ljusstrålar över skärmen. När ett finger sattes på skärmen bröts två ljusstrålar och detta gav fingrets position som vidarebefordrades till applikationen [1].

Enbart fyra år senare, 1982 togs en prototyp fram för att kunna känna av flera simultana inmatningspunkter från en eller flera användare. Prototypen fick namnet The Flexible Machine Interface [20] och fungerade genom bildinläsning. En yta läses av med en kamera och fingrarna uppträder som svarta punkter som kameran kan avläsa.

Från 1980-talet och framåt började pekskärmar leta sig in i allt fler kommersiella produkter [20]. Hewlett-Packard lanserade kommersiella arbetsstationer för personligt bruk med inbyggd pekskärm. Pekskärmarna byggde på samma teknik som den i PLATO.

1985 presenterades en yta med möjlighet att ta emot flera samtidiga punkter och som dessutom talar om graden av kontakt [14]. Ytan, som var indelad i 64 gånger 32 punkter, tillät att användaren arbetade direkt med fingrarna på ytan. Avläsningen skedde genom att ytan periodiskt skannades av med hjälp av en algoritm där punkter med lägre elektrisk laddning upptäckts. Ytan rapporterade plankoordinater samt hur hårt användaren tryckte på punkten.



Figur 2.3: AccuTouch™ 1977 (License pending)

Detta gav en tredimensionell inmatning. Ytan kunde dock inte visa någon bild och bildskärmen var därför tvungen att placeras separat vilket gör att denna yta inte riktigt kan klassas som en äkta pekskärm.

1991 presenterades The DigitalDesk Calculator [25]. Enheten projicerade gränssnittet på toppen av ett bord. Bredvid projektorn fanns även en kamera som registrerade användarens rörelser över bordet och dessutom objekt på bordet. Systemet kunde då ta emot flera samtidiga inmatningar.

Samma år, 1991, presenterades även Smart BOARD™. Smart BOARD, är en interaktiv whiteboard som är menad att användas i utbildningssammanhang.

1998 presenterades projektet i-LAND. i-LAND var ett projekt där två enheter togs fram. DynaWall och InteracTable. DynaWall var en stor interaktiv whiteboard som hade möjligheten att ta emot information från flera samtidiga användare. InteracTable var ett bord runt vilket upp till sex personer kunde stå. Bordet kunde ta emot in-data från flera samtidiga användare. [23]

1998 presenterades även HoloWall. HoloWall var en vägg designad för att kunna ta emot





Figur 2.4: PLATO 1978

fler samtidiga inmatningar men även känna igen föremål som hölls upp framför ytan. Ho-  
loWall fungerar genom att en yta projekteras bakifrån. Vid projektorn finns en kamera som  
filmnar ytan och IR-ljus som belyser upp ytan. Kameran kan registrera det IR-ljus som reflekter-  
as och på så sätt räkna ut pekpunkter. [15]

De tre åren 2006, 2007 och 2008 innebar stora språng på marknaden för flerpunktspekskär-  
mar. 2006 presenterade Jefferson Y. Han en flerpekpunktsyta som kunde konstrueras både  
enkelt och icke kostnadskrävande [8]. Han presenterade sina idéer på konferensen TED (Te-  
chnology, Entertainment, Design)[24] vilket fick världen att öppna ögonen för vad som kan  
åstadkommas.

Apple iPhone™, figur 2.5, lanserades i början av 2007 och var en av de första telefonerna  
med en flerpunktspekskärm [9].



Figur 2.5: iPhone 3G

2008 levererades Microsoft® Surface™, figur 2.6, för första gången. Microsoft Surface består av att en bild projekteras bakifrån på en yta. Ytan belyses även med infrarött ljus från projektorns håll. Kameror på undersidan registrerar ytan och kan känna igen flera samtidigt användare och dessutom objekt.[2]

## 2.2 Idag

Marknaden för flerpunktspekskärmar börjar idag ta fart. Microsoft® Surface™ finns idag i ett antal AT&T-butiker [2] och Apple säljer iPhone framgångsrikt [10].

Utöver dessa produkter är interaktiva whiteboards populärt i utbildningssammanhang. Här är det dock främst traditionella pekskärmar som är populära och inte flerpunktspekskärmar.

När det gäller flerpunktspekskärmar levererar ett företag vid namn N-trig ytor för detta.



Figur 2.6: Microsoft Surface

N-trig levererar skärmar till bland annat Dell och Intel [17] som har implementerat dem i sina datorer.

## 2.3 Introduktion till flerpunktspekkskärmar

Till skillnad från pekskärmar har flerpunktspekakärmar, som tidigare nämnt, möjlighet att ta emot flera simultana pekpunkter. Det är även så att pekskärmar har egenskapen att de operationer en användare utför på ett objekt, med hjälp av pekskärmen, är direkt manipulation av objektet. För en ovan användare blir det då lättare för dennes hjärna att att koordinera händerna och synintrycket vid användande av pekskärmar än vid användande av tangentbord och mus. [21] [22]

### 2.3.1 Simultan interaktion

Möjligheten att kunna använda två händer när ett problem utforskas är naturligt. Det går därför fortare att utföra en viss åtgärd med två händer än med en [18]. Här måste mjukvaran utvecklas eftersom

Två personer samtidigt vill manipulera objekt i ett system.

### 2.3.2 Tillämpningar

Flerpunktspekskärmar kan ha många olika användningsområden.

NÅGOT OM ATT DET INTE ALLTID PASSAR SIG I TRADITIONELL FÖNSTERMILJÖ.

#### KNAPPARS STORLEK

De lämpar sig exempelvis bra som interaktiva whiteboards då de har möjlighet att ta emot inmatningar från flera samtidiga användare. Detta gör att flera personer samtidigt kan använda tavlan. Till skillnad från en vanlig whiteboard får man dessutom möjlighet att kunna lagra den information som matats in och på så sätt göra informationen på tavlan bestående.

Från whiteboard är steget inte alls långt till anslagstavlor. Det skulle kunna gå att tillverka stora anslagstavlor där flera personer samtidigt kan läsa och sätta upp digitala anslag. Anslagstavlor skulle kunna användas på företag, skolor eller i köpcentrum.

I presentationssammanhang finns flera andra tänkbara användningsområden. I nyhetssändningar analyseras olika scenarion i direktända program. Exempelvis skulle en väderkarta inte behöva vara animerad i förväg för att visa närmare vyer av områden. Presentatören skulle i stället kunna navigera i kartan med bara händerna.

Tekniken lämpar sig också inom design. Det finns en fördel med att kunna arbeta med båda händerna när man gör kurvor. Det mer naturligt att arbeta med två händer och därmed går det också både enklare och fortare att utföra uppgifter. [18] Exempel på en teknik som passar in här är "TapeDrawing" och man slipper då problemet med att omsätta analoga ritningar digitalt senare.

## 2.4 Sammanfattning

Pekskärmar är ingen nyhet på marknaden och så inte heller flerpunktspekskärmar. Det har funnits pekskärmar sedan 1954 och redan från början har de använts för att mata in data till olika applikationer. På senare år har pekskärmarna utvecklats så att de kan ta emot fler än en in-datapunkt.

Flerpunktspekskärmar ger flera fördelar före pekskärmar. Bland annat låter de användaren använda flera händer och fingrar när denne utforskar ett problem och dessutom låter de flera personer samtidigt interagera med ett system. Flerpunktspekskärmar passar inte i alla situationer. Dock kan de med fördel användas i flera specifika tillämpningar.



## Kapitel 3

# Hårdvaruprototyp

En prototyp har tagits fram för detta projekt enligt de ????? beskrivna i sektion 1.3

### 3.1 Design

sdfds

### 3.2 Implementation

### 3.3 Problem

### 3.4 Komponentlista





# Kapitel 4

## Mjukvaruprototyp

I detta kapitel förklaras bla bla bla

Klienten använder en spårare som redan är klar...

### 4.1 Spårare

Den information som kan erhållas från hårdvaruprototypen, se kapitel 3, är en sekvens av stillbilder. För tillämpningen är de erhållna bilderna oanvändbara i sitt ursprungliga format. Användbar information utläses ur bilden genom att behandla och tolka bilden, detta är spårarens uppgift.

#### 4.1.1 Funktionalitet

Bilden innehåller en mängd information. Enbart en delmängd av denna information är intressant för tillämpningen, exempelvis är färg inte intressant. Genom att applicera lämpliga filter på bilden gallras irrelevant information bort. Den intressanta information har olika utseende beroende på vilka förhållanden som rådde när bilden togs. På grund av detta behövs olika filter vid olika förhållanden. **Katarina: Behövs källa?**

Efter filtrering skall spåraren tolka och analysera den kvarvarande information. Spåraren måste identifiera pekpunkter och följa dessa mellan olika bilder i sekvensen.

Sist lämnar spåraren ifrån information om de aktiva pekpunternas och deras position.

## Filtrering

### Tolkning och analys

För att kunna finna de pekpunkter som är intressanta finns, förutom den aktuella bilden, en referensbild. Referensbilden är tagen av kameran när inga pekpunkter finns aktiva. Genom att subtrahera informationen i referensbilden från den aktuella bilden har all bakgrundsinformation tagits bort [19].

För att spåraren skall kunna

Behandla med filter Tolkar resultatet Meddelar vilka blobar (kontrulös massa) som finns

#### 4.1.2 Olika spårare

Det finns flera spårare med öppen källkod.

## 4.2 Klient

### 4.2.1 Användargränssnitt

### 4.2.2 Gester

## 4.3 Kommunikation mellan spårare och klient

Klienten måste få information om pekpunkter från spåraren. Hur spåraren tillhandahåller denna information till klienten kan variera beroende på implementation.

### 4.3.1 TUIO

TUIO är ett protokoll för kommunikation mellan spårare och klient [12]. Protokollet arbetar över UDP. Fördelen med att använda protokollet TUIO är, eftersom det är väl-specificerat, att det går att byta ut spåraren mycket enkelt.

TUIO utvecklades av

TUIO bygger på OSC-protokollet, se avsnitt 4.3.1. Detta gör det möjligt att använda TUIO på alla enheter som har stöd för OSC, exempelvis Flash [12].

#### **OSC**

OSC, OpenSound Control,

#### **BBOSC**

OSC för musik men ....

BBOSC - ramverk



## Kapitel 5

# Utvärdering av prototyp



## Kapitel 6

# Slutsats





# Litteraturförteckning

- [1] Bill Buxton. Internetsida, Sep 2008. Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved.
- [2] Microsoft Corporation. Microsoft Surface, Sep 2008. <http://www.microsoft.com/surface>, läst Sept. 2008.
- [3] RAND CORPORATION. Rand 2007 annual report. Årsrapport, 2007.
- [4] Anders Lotsson DATATERMSGRUPPEN KTH. E-post mellan anders lotsson och henrik bäck. Sep 2008.
- [5] M.R Davis and T.O Ellis. The rand tablet: A man-machine communication device. pages 1–21, May 1964.
- [6] Morrison et al. Passive touch system and method of detecting user input. Patent 20 070 075 982, United States Patent and Trademark Office, Apr 2007.
- [7] M Grossman and D Walter. Teaching with interactive computer capabilities (plato: Computer-based education for animal breeding). *Dairy Sci*, (61):1308 – 1311, Sep 1978.
- [8] Jefferson Y Han. Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection.
- [9] Apple Inc. Pressmedelände, SAN FRANCISCO, MACWORLD, Jan 2007. <http://www.apple.com/pr/library/2007/01/09iphone.html>, läst Sept. 2008.
- [10] Apple Inc. Pressmedelände, California, CUPERTINO, Jul 2008. <http://www.apple.com/pr/library/2008/07/14iphone.html>, läst Sept. 2008.
- [11] Tyco Electronics Inc. Internetsida, Sep 2008. <http://www.elotouch.com/AboutElo/History>, läst Sept. 2008.
- [12] M Kaltenbrunner, T Bovermann, and R Bencina. Tuio: A protocol for table-top tangible user interfaces. *Proc. of the The 6th Int'l Workshop on Gesture in Human- ...*, Jan 2005.
- [13] G Roberts Lawrence. The lincoln wand. *Proceedings of the AFIPS Fall Joint Computer Conference*, pages 223–227, Sep 1966.

- [14] S.K Lee, W Buxton, and K.C Smith. A multi-touch three dimensional touch-sensitive tablet. CHI '85 PROCEEDINGS, pages 21–25, 1985.
- [15] Nobuyuki Matsushita and Jun Rekimoto. Holowall: designing a finger, hand, body, and object sensitive wall. UIST '97, pages 209–210.
- [16] Brad A Myers. A brief history of human computer interaction technology. ACM interactions, 5(2):44–54, Mar 1998.
- [17] N-trig. Pressmedelände, N-trig's DuoSense™ Digitizer Embedded in Intel's New UrbanMax Mobile Computer, Aug 2008. <http://www.n-trig.com/Content.aspx?Page=PressReleases&PressReleaseId=315>, läst Sept. 2008.
- [18] Russell Owen, Gordon Kurtenbach, George Fitzmaurice, Thomas Baudel, and Bill Buxton. When it gets more difficult, use both hands – exploring bimanual curve manipulation. page 8, Mar 2005.
- [19] J Rekimoto and N Matsushita. Perceptual surfaces: Towards a human and object sensitive interactive display. Workshop on Perceptual User Interfaces (PUI'97), Jan 1997.
- [20] Dan Saffer. Interactive Gestures: Designing Gestural Interfaces. O'REILLY, 2008.
- [21] B Shneiderman. Touch screens now offer compelling uses. IEEE Software, 8(2):93–94, Mar 1991.
- [22] Ben Shneiderman and Cathrene Plaisant. Designing the user interface. Addison-Wesley, fourth edition.
- [23] Norbert A Streitz, Jörg Geißler, Torsten Holmer, Shinichi Konomi, Christian Müller-Tomfelde, Wolfgang Reischl, Petra Rexroth, Peter Seitz, and Ralf Steinmetz. i-land: an interactive landscape for creativity and innovation. Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pages 120–127, 1999.
- [24] Entertainment Design TED, Technology. Speakers Jeff Han: Human-computer interface designer, Sep 2008. [http://www.ted.com/index.php/speakers/jeff\\_han.html](http://www.ted.com/index.php/speakers/jeff_han.html), läst Sept. 2008.
- [25] P Wellner. The digitaldesk calculator: Tangible manipulation on a desk top display. ACM UIST, pages 27–33, Nov 1991.