

Multi-touch användargränssnitt

En effektiv lösning för produktivt arbete?

Kandidatavhandling

Våren 2010

Datavetenskap vid Åbo Akademi

Skribent: Frank Wickström

Handledare: Jerker Björkqvist

Opponent: X

Sammandrag

Denna avhandling kommer att försöka reda ut om det överhuvudtaget finns en framtid för touch och multi-touch-teknik inom produktivt arbete. Till en början måste det påpekas att denna avhandling inte kommer att ta upp är hur touch och multi-touch-teknik används för underhållning, reklam eller försäljning, eftersom tekniken redan i stor mån används till detta, och har visat sig vara ett effektivt sätt att skapa nya typer av underhållnings och försäljningsplattformar. Det kommer inte heller att tas upp bärbara datorer multi-touch stöd eftersom avhandlingen främst inriktar sig på installationer av större multi-touch-skärmar. De industrier som främst tas upp är medicin, arkitektur och 3d-modellering och hur multi-touch-teknik kan implementeras för att skapa effektiva lösningar inom dessa branscher. Tekniken för att skapa programvaran och multi-touch användargränssnitt finns redan, men kan dagens industrier verkligen dra nytta av att kunna använda flera inmatningar till ett gränssnitt på en och samma gång eller är musen och tangentbordet fortfarande den mest effektiva lösningen.

Nyckelord: multi-touch, användargränssnitt, användarinmatning

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
2. Definitioner	2
2.1 Pekskärm	2
2.2 Multi-touch	2
2.3 Människa-datorinteraktion	3
3. En jämförelse av användargränssnitt	4
3.1 Mus och tangentbord	4
3.2 Tryckkänsliga skärmar	5
3.1.2 Virtuella tangentbord	7
3.3 Multi-touch användargränssnitt.....	8
3.3.1 Gester	9
3.4 Alternativa användargränssnitt	10
4. Teknisk fakta om hur en multi-touch skärm kan fungera	11
5. Praktiska tillämpningar	13
5.1 Medicin	13
5.2 Forskning och analys.....	14
5.3 CAD och 3D-Modellering	15
5.4 Kommunikation inom och mellan företag.....	16
6. Diskussion	16
7. Referenser	20

1. Inledning

När det gäller datorers användargränssnitt har det alltid pågått en het debatt mellan hur det perfekta gränssnittet ska se ut, och vilka hjälpmedel användaren ska utnyttja för att navigera sig fram med (Albinsson & Zhai, 2003; Sears & Scneiderman, 1991; Meyer, Cohen, & Nilsen, 1992). För bara några tiotals år sen var alla datorgränssnitt enbart textbaserade, man hade ingen mus och det fanns inga effekter som användes i användargränssnitt (Wikipedia contributors [1], 2010). Allt var klart och enkelt, eller var det verkligen det? I dagens högteknologiska värld finns det få textbaserade gränssnitt kvar, allting är ersatt med grafik och bilder, för att navigera sig fram använder man främst en mus, och tangentbordet använder man främst då man vill skriva text i diverse sökfält eller i textbehandlingsprogram (Wikipedia contributors [1], 2010). Men musen är inte heller någon ny uppfinning, utan har funnits i några decennier det verkar vara aktuellt för ett nytt sätt att använda datorer (Wikipedia contributors [2], 2010). Tryckkänsliga skärmar är inte heller någon nyhet när det kommer till tekniska prylar, handdatorer och andra verktyg har använt denna teknik i över trettio år (Buxton, 2007). Men det är först på senare tid som dessa skärmar blivit så kända som de är idag, detta främst tack vare mobiltelefoner med tryckkänsliga skärmar som börjar bli ett måste i dagens smarta mobiltelefoner (eng. *smartphone*).

Målsättningen med denna avhandling är att undersöka om de tryckkänsliga skärmarna även kan tillämpas när det kommer till nyttoarbete, och om de kan ersätta musen i framtiden. Avhandlingen kommer främst att behandla hur multi-touch kan användas när det kommer till att göra arbetseffektiva lösningar för företag.

2. Definitioner

2.1 Pekskärm

En pekskärm är en tryckkänslig skärm som gör det möjligt för användaren att, genom att vidröra skärmen, manipulera objekt i diverse användargränssnitt. Skärmen känner av på vilken x- och y-koordinat som användaren har tryckt och kan på detta sätt veta vilket objekt som ska manipuleras. Man kan med hjälp av en pekskärm till exempel flytta, förstora, förminska och radera objekt i ett operativsystem.

De vanligaste sätten att känna av användan inmatning till skärmen sker med hjälp av tryckkänslighet (resistans), kapacitans, ljud och ljus. De två första teknikerna är de som används mest i till exempel mobiltelefoner, medan de andra används främst för större skärmar så som Microsoft Surface (Reimer, 2007).

Touch-teknik som sådan är inget nytt, eftersom utvecklingen började redan på mitten av 60-talet och har sedan dess vuxit fram till att bli ett av de mest attraktiva områdena för användarinmatning. Den mest kända av de första datorerna som utvecklades med pekskärm var PLATO IV, som utvecklades vid University of Illinois (Buxton, 2007). Denna dator utvecklades som ett verktyg för inläring, och visste inte att den skulle utföra grunden till en mängd andra produkter som används i dag.

2.2 Multi-touch

Till skillnad från vanliga pekskrmar som enbart kan känna av en inmatning åt gången, möjliggör multi-touch-tekniker att skärmar kan känna av flera inmatningar. Detta gör förvisso att en användare till exempel kan använda sig av alla sin fingrar, för att kunna göra tio inmatningar tillika. Men detta skapar även nya möjligheter där flera användare samtidigt kan använda användargränssnittet vilket möjliggör så kallade fleranvändarsystem. Genom att flera användare kan använda samma inmatningsenhet, kan en mängd nya produkter skapas. Tekniskt sätt skiljer sig inte multi-touch-skärmar så mycket från vanliga pekskrmar, och samma tekniker för att känna igen inmatning används även. Det som främst skiljer dessa två tekniker åt är mjukvaran som körs på operativsystem; hårdvaran

skiljer sig ofta inte så markant.

Multi-touch-teknik finns inte enbart i skärmar utan även bärbara datorers styrplattor och ritbord använder sig av touch eller multi-touch-teknik. Dessa har ingen skärm, men fungerar ändå som inmatningsmetod för ett system.

En av de första kommersiella multi-touch-skärmarna som kom till var den skapad av Bob Boie på Bell Labs år 1984. Detta var en av de första skärmarna som kunde registrera flera inmatningar tillika, men dock ej den första användningen av multi-touch-teknik. Ett av de första multi-touch-systemen som kom att utvecklas var av Nimish Mehta vid University of Toronto år 1982.

Multi-touch-användargränssnitt, det vill säga användargränssnitt som använder sig av multi-touch-teknik, har varit en del av forskningen inom människa-datorinteraktions forskningen, eftersom dessa användargränssnitt kan skapa lösningar som gör datoranvändningen mer naturlig, och gör att den mer efterliknar konkreta handlingar.

2.3 Människa-datorinteraktion

Det finns ingen slutgiltig definition på vad MDI är men enligt Hewett, o.a. (2009) är människa-datorinteraktion (MDI) forskningen inom interaktionen mellan datorer och människor. Denna vetenskap försöker komma fram till hur man ska skapa det bästa sättet för människor att hantera datorer. MDI gäller inte enbart operativsystem eller mjukvaran i datorer utan även hårdvaran. Detta eftersom skärmen även kan vara en interaktiv del av datorn med hjälp pekskärmar eller diverse andra interaktionsverktyg (Wikipedia contributors [3], 2010; Sears & Jacko, 2005).

För bara några år sedan var detta inte en så viktig del av utvecklingen av programvara, men på senare år har MDI fått en allt större grund inom forskningen, och att göra program så användarvänliga som möjligt har blivit en av de högsta prioriteterna för många företag (Lorenzi, 2003) (Sears & Jacko, Human-Computer Interaction Handbook - Fundamentals Evolving, Technologies and Emerging Applications, 2005).

3. En jämförelse av användargränssnitt

Eftersom det finns en mängd olika sätt för en dator att ta emot inmatningar är det viktigt att jämföra de olika sätten för att kunna dra slutsatser om vilket som fungerar bäst. Det finns dock fler sätt för att ge inmatningar till datorer än de som nämns i följande rubriker, men dessa är de vanligaste i dag. Detta kapitel skall jag även försöka reda ut de skillnaderna mellan vanliga tryckkänsliga skärmar och skärmar som använder sig utav multi-touch-teknik.

3.1 Mus och tangentbord

Musen har använts för att navigera sig fram i användargränssnitt i över trettio år och tangentbordet nästan dubbelt den tiden. Därför finns det inte många motsägelser till att dessa har varit en av det mest populära sättet att hantera en dator på under de senaste decennierna (Wikipedia contributors [2], 2010) (Bellis). Tangentbordet introducerades för gången, till det syfte som vi känner den idag, år 1946 då datorn Eniac lanserades (Bellis). Sedan dess har tangentbordet inte ändrat i någon större grad. Många har försökt att skapa sina egna varianter av tangentbord genom att introducera nya knappar och funktioner, men ofta med liten framgång (Dedhia, 2008) (Honkiat.com). Trots många försök på nya designar, har tangentbordets design ändrats väsentligt sen dess introduktion.

Det utvecklas årligen en mängd nya möss, och risken för att deras tillverkning och utveckling ska sluta är mycket liten tack vare den konstant ökande försäljningen av bärbara datorer (Patrizio, 2008). Detta pekar på att de tryckkänsliga skärmarna inte kommer att ta över tangentbordet och musen inom snar framtid.

Trots sin popularitet har tangentbordet även fått ett flertal motståndare under årens lopp, på grund av de hälsorisker som tangentbord kan medföra. Dessa består främst av muskelsträckningar i armar och nacke (Palmer, Cooper, Coggon, Walker-Bone, & Syddall, 2001). På grund av att detta har varit känt under en längre tid har diverse tangentbordstillverkare skapat mer ergonomiska versioner av tangentbord, som minskar belastningen på nacke och

armar. Dock har dessa tangentbord inte visat sig vara någon effektiv lösning på problemet (Swanson, Galinsky, Cole, Pan, & Sauter, 1997) (Strasser, Fleischer, & Keller, 2004). När det gäller möss finns det även en mängd försök med att göra möss mer ergonomiska, största delen av försöken har dock varit misslyckade (Lo, 1996) (Hamling, 1997). Varför ergonomi är viktigt är på grund av att till skillnad från tryckkänsliga skärmar, är möss och tangentbord någonting man kan fysiskt ta i, vilket man inte kan när det kommer till tryckkänsliga skärmar. Därför är det en sak man bör fokusera sig på när det gäller utvecklingen av tryckkänsliga skärmar, så man kommer undan problem med sträckta nackmuskler och värkande armar (Arthur, 2009; Goodwins, 2008).

Den stora fördelen med tangentbord och möss, till skillnad från tryckkänsliga skärmar, är att de i de flesta fall ger respons genast när man använder dem. När man klickar på en mus hör man ofta ett ljud, och man känner även hur en knapp trycks in. Det samma gäller tangentbord, vilket gör att användaren inte behöver titta på varken tangentbordet eller musen för att veta om de tryckt in en tangent eller knapp. Detta är dock inte alltid fallet när det gäller tryckkänsliga skärmar. Mer om dessa i nästa stycke.

3.2 Tryckkänsliga skärmar

Skärmar som är utrustade med tryckkänsliga sensorer kan enkelt registrera inmatningar av en användare, och med hjälp av mjukvara sedan omvandlas till händelser i en dator. Detta har sina fördelar när man vill skapa användargränssnitt som känns naturliga, och som användaren inte behöver någon bruksanvisning till (Shneiderman, 1991) . Det finns dock några problem med denna metod. Skärmar kan för det första enbart känna av en inmatning åt gången, vilket gör att enbart en person kan använda skärmen med enbart ett finger eller pekdon. Detta förstör känslan av att användargränssnittet känns naturligt, eftersom man inte kan göra flera saker tillika, och för att andra människor måste vänta på sin tur för att få använda datorn. Någon sak som gäller de flest tryckkänsliga skärmar är även att fingrarna eller pennan som man använder för att navigera sig runt på skärmen med, täcker stora delar av skärmen och gör denna del av skärmen omöjlig att se för användaren

(Shneiderman, 1991). Det finns också företag som utvecklat tryckkänsliga skärmar som man även kan använda genom att trycka på baksidan av skärmen (Barras, 2007).

Det finns också ett flertal andra problem när det kommer till tryckkänsliga skärmar, vare sig de kan känna av en eller flera inmatningar. Så som att de i det flesta fall inte har någon sorts respons när man trycker på skärmen, vilket gör att man konstant måste se mot skärmen för att kunna uppfatta vad som händer. Precision kan även vara ett problem i skärmar, och man måste i många fall trycka flera gånger på skärmarna för att de ska känna igen en inmatning. (RedFerret, 2007; Albinsson & Zhai, 2003). Detta beror inte enbart på att skärmarna inte är tillräckligt känsliga, utan är även ett problem när man använder fingrar som inmatningsmetod. Fingrarna har en enorm yta till skillnad från en penna, vilket gör att användaren ofta trycker fel, och skärmen registrerar en feltryckning. Detta är ett problem när det som användaren ska trycka på är mindre än bredden på fingret (Albinsson & Zhai, 2003). Det sker dock konstant forskning inom ämnet och nya lösningar för att skapa nya metoder med bättre precision utvecklas hela tiden. (Albinsson & Zhai, 2003).

När det kommer till ergonomi finns det även några problem som många företag hamnat överväga. Kanske mest känd är problemet med pekskärmar som har skapats så att användaren måste hålla sina armar framför sig, detta skapar en så kallad gorilla arm, vilken mycket snabbt tröttar ut armen och till sist gör pekskärmen oanvändbar (Arthur, 2009; Goodwins, 2008).

En mängd undersökningar om tryckkänsliga skärmar verkligen är bättre än möss har gjorts och om de verkligen resulterar i ett bättre resultat när det kommer till effektivare arbetsmiljöer (Sears & Schneiderman, 1991; Albinsson & Zhai, 2003; Meyer, Cohen, & Nilsen, 1992). I de flesta fall har man kunnat dra slutsatsen att användaren föredragit att använda en mus, och att även musen varit det snabbare än pekskärmar när det kommit till användning av en dator. Forlines, Wigdor, Shen och Balakrishnan (2007) menar även att om skärmen enbart använder sig av högst två simultana inmatningar kan troligen musen vara snabbare. Dock säger de att en tryckkänslig skärm kan vara till nytta för användaren, men det är upp till utvecklarna att komma fram till vilken metod

som är bäst passar deras program.

Trots att det finns en mängd problem att överkomma innan pekskärmen kan bli den nya musen, går forskningen inom tekniken fram med stormsteg och många är överens om att framtidens användargränssnitt kommer att använda sig av pekskärmar (Kahney, 2009; Meagher, 2009; Perez, 2009).

3.1.2 Virtuella tangentbord

Till skillnad från musen, kan tangentbord inte lätt kan ersättas med någonting annat. Därför måste tillverkarna av tryckkänsliga skärmar komma på andra sätt för användaren att kunna ge inmatningar till användargränssnittet. När det gäller mobiltelefoner används ibland ett fysiskt tangentbord utöver den tryckkänsliga skärmen, men när det kommer till större skärmar kan detta vara opraktiskt. Därför använder man sig av virtuella tangentbord. Dessa tangentbord förekommer ofta i form av ett program som skapar ett tangentbord på den tryckkänsliga skärmen. Detta gör det möjligt för användaren att trycka på de olika tangenterna på skärmen, exakt som de skulle göra på ett riktigt tangentbord (Kölsch & Turk, 2002). Denna typ av tangentbord är även tillgängliga i datorer som inte är utrustade med tryckkänsliga skärmar, men då oftast som ett hjälpmedel för funktionshindrade och används då genom att klicka på de olika bokstäverna med en mus. Virtuella tangentbord på mobiltelefoner har även visat sig vara nästan lika snabba som fysiska tangentbord på bärbara datorer. Vilket påvisar att virtuella tangentbord på tryckkänsliga skärmar med stöd för flera inmatningar inte skulle vara markant långsammare att skriva på än fysiska tangentbord. Dock kan skärmar med enkel inmatning vara aningen långsammare (Gyford, 2010).

Det finns också alternativ till virtuella tangentbord, som till exempel taligenkänning, men denna teknik lämpar sig sällan i arbetsmiljöer. Detta främst på grund av att det ofta kan ske misstolkningar tack vare att ljudnivån på en arbetsplats kan vara hög. Taligenkännings programvara kan även fungera på fel sett om ett flertal personer använder den samtidigt. Det har även visats att användare oftast föredrar att använda en inmatningsmetod som efterliknar det fysiska tangentbordet (Kölsch & Turk, 2002).

3.3 Multi-touch-användargränssnitt

Till skillnad från skärmar som endast kan ta emot en enda inmatning, skapar multi-touch nya möjligheter för att skapa en mängd innovativa användargränssnitt. Trots att man till en viss grad kan åstadkomma naturliga användargränssnitt med skärmar med hjälp av enkel input, gör multi-touch-teknik det möjligt att gå ett steg längre (Shneiderman, 1991). Eftersom det ofta kan vara svårt att arbeta effektivt med hjälp av enbart en inmatning, gör multi-touch-skärmar det möjligt att använda många fler inputs tillika, vilken kan göra att arbetet kan fortlöpa smidigare (Forlines, Wigdor, Shen, & Balakrishnan, 2007). Fler än en person kan jobba med samma gränssnitt och detta skapar genast möjligheten att fler personer kan jobba med samma problem samtidigt som det kan se vad personen bredvid arbetar med. Man kan enkelt byta dokument med varandra och det skapar även en samkänsla mellan de olika användarna som inte är möjlig att få genom att använda två datorer på skilda håll (Isenberg & Fisher, 2009; Scott, Grant, & Mandryk, 2003).

Multi-touch-skärmar för företagsbruk är även ofta mycket större än vanliga skärmar, eftersom det oftast krävs en större yta för att enkelt kunna navigera sig fram på skärmen och för att fler användare ska kunna använda den samtidigt (Reimer, 2007; Scott, Grant, & Mandryk, 2003). Multi-touch-skärmar är ofta även en del dyrare än kraftiga arbetsstationer, och är därför snarare avsedda för företag än för hemmabruk (Reimer, 2007). Dock finns det bärbara datorer med multi-touch-teknik, som använder sig av mindre skärmar, dessa är dock inte av intresse i denna avhandling på grund av att de är för små för att kunna skapa bra fleranvändargränssnitt på (Hodge, Izadi, Butler, Rustemi, & Buxton, 2007).

Multi-touch-teknik kan inte enbart användas i skärmar, utan även möss och styrplattor använder denna teknik för att skapa nya möjligheter för användaren främst genom gester (Villar, o.a., 2009). En prototyp skapad av R. Clayton Miller (2009) är den så kallade 10/GUI. Istället för att ha en stor skärm som man trycker på, vill Miller skapa ett nytt sätt att navigera sig fram på med hjälp av en stor multi-touch styrplatta (eng. *touchpad*) som användaren har framför sig på bordet. Målsättningen med 10/GUI är att försöka åstadkomma är

att eliminera alla ergonomiska hinder som en vanlig pekskärm har. Genom att ha en styrplatta på bordet håller man händerna i samma position som om man skrev på ett tangentbord eller använde sig av en mus, vilket inte skapar trötthet i varken armar eller nacke (Miller, 2009).

Det finns även en mängd olika sätt att åstadkomma multi-touch pekdon, men dock har enbart en mus, Apples Magic Mouse, slagit igenom på marknaden trots att även denna har sina problem (Yu, 2009).

3.3.1 Gester

Gester (eng. *gesture*) används främst för att snabbt komma åt funktioner som annars skulle ta en längre tid att åstadkomma. Gester används även i enkla tryckkänsliga skärmar, men tack vare multi-touch användargränssnittens egenskap att ta in fler input kan många fler gester åstadkommas. Gester är unika såtillvida att det vid användning av tangentbord och mus är det svårt att få till stånd gester som känns naturliga, och som kunde efterlikna en rörelse som man skulle göra då man inte använder en dator.

De mest kända gesterna är att förstora och förminska dokument, bilder eller andra objekt. Gesten för att förstora ett objekt åstadkoms genom att man tar i ett objekt i två hörn och med två fingrar samtidigt drar ut mot kanterna av skärmen. Att förminska ett objekt sker tvärtom, genom att man drar inåt mot skärmens mitt (Hotelling, o.a., 2006).

Gester behöver nödvändigtvis inte göras av enbart en människa, utan fler människor kan åstadkomma en gest tillsammans. Detta kan skapa en känsla av samarbete och lägga fokuset på det som är viktigt. Något som inte är lika vanligt vid användning av skärmar som inte kan ta in fler än en inmatning och vid användningen av tangentbord och mus (North, o.a., 2009).

Trots att gester är viktig orsak till att multi-touch användargränssnitt föredras vid många tillfällen, skapar gesterna ett problem på grund av att gränssnittets användare måste känna till dessa gester på förhand. På grund av detta kan problem uppstå när människor som inte vet om en gest på förhand, åstadkommer denna av misstag. Trots det säger North o.a. (2009) att användaren snabbare utför en handling på ett multi-touch användargränssnitt efter att de gjort handlingen fysiskt före försöket, än om användaren gjort

samma handling med en mus. Det vore så tillvida fördelaktigt om gester skulle efterlikna fysiska handlingar så långt som möjligt, eftersom de så blir mer användbara.

3.4 Alternativa användargränssnitt

Om man ser på de lite mer udda gränssnitten är materiella användargränssnitt ett av de mest populära. Med hjälp av materiella ting, så som byggklossar eller olika typers sand eller lera kan användaren enkelt skapa objekt som sedan kan ses på en dator. Detta är främst användbart när det kommer till experiment där man vill återskapa en viss händelse, eller som ett hjälpmedel för en arkitekt. Materiella användargränssnitt är trots sin popularitet inget som man kan använda till allting, och är inte tänkt som en ersättare till de vardagliga användargränssnitt som används inom många företag, utan mer som ett tillägg (Ishii, 2008).

Det finns även lösningar som kombinerar materiella användargränssnitt med multi-touch-skärmar. Produkter som Reactable och Microsoft Surface är två exempel på dessa (Jordà, Kaltenbrunner, Geiger, & Alonso, 2007) (Reimer, 2007). Reactable är ett musikinstrument som känner igen olika objekt på en multi-touch skärm, genom att ändra på objekten och lägga till nya objekt kan man skapa musik. Trots att Microsoft Surface fungerar mer som ett vanligt multi-touch användargränssnitt än Reactable, kan även det känna igen objekt på sin multi-touch yta, så som mobiltelefoner eller kameror utrustade med någon sorts trådlös teknik, så som blåtand (eng. *bluetooth*). Användningsområden för dessa lösningar kan vara allt från krogar till medicin, vilket gör denna kombination till en effektiv lösning, men dyr, lösning om man vill kombinera materiella ting med ett virtuellt gränssnitt.

En tredje metod som använder sig av multi-touch, men på ett speciellt sätt, är lösningar som man ej behöver röra vid och som istället styrs helt och hållet med hur människan rör sig. Detta är så kallade "device-free" anordningar, i vilka man enbart gör gester för att kontrollera användargränssnittet. På detta sätt kan människan röra sig fritt och inte behöva stå vid en skärm för att kunna ändra på saker användargränssnittet (Stødle, Stein

Hagen, Bjørndalen, & Anshus, 2008). Dock kan ens kroppsställningen orsaka så kallad gorilla arm, vilket gör att användargränssnittet inte i någon större grad lämpar sig för arbetsbruk (Arthur, 2009).

4. Teknisk fakta om hur en multi-touch skärm kan fungera

För att få en bättre bild över hur en multi-touch skärm fungerar följer här ett exempel på hur en skärm byggd med så kallad frustrerad totalreflektion (eng. *Frustrated total internal reflektion*, FTIR), teknik. Eftersom denna avhandling inte är en teknisk guide till hur man bygger en multi-touch-skärmar kommer det inte att inkluderas några detaljerade konstruktions instruktioner. Detta kapitel ska främst ge en bild av hur en multi-touch skärm kan fungera, för att ge läsaren en bättre bild över hur multi-touch-teknik kan fungera.

Frustrerad totalreflektion är en av de mest populära lösningarna när det kommer till skapande av en multi-touch skärm. Orsaken till att den här lösningen är så populär är på grund av att den ej behöver inkapslas i någonting, så som ett bord eller en låda, vilket bidrar till att det enkelt går att skapa lösningar som hänger i luften, eller som inte tar så mycket utrymme. Andra fördelar med FTIR är att tekniken möjliggör igenkänning av hur hårt man trycker på skärmen. Detta kan vara användbart i ett flertal applikationer, så som om man önskar två olika funktioner för en lätt tryckning och en hård tryckning. Men det finns även vissa nackdelar, skärmen behöver en speciell yta, för att kunna registrera tryckningar på ett effektivt sätt, detta skapar extra kostnader och det kan vara svårt att hitta den bästa ytan för en speciell lösning. Den speciella ytan behövs på grund av att ju mer fett eller fukt som finns på fingrarna eller objektet som man vidrör skärmen med, desto bättre kan skärmen registrera tryckningar. Detta skapar ett problem om man vidrör skärmen med ett torrt objekt så som ett finger. Ytan är ofta tillverkad av silikon eller ett silikonliknande material (NUI Group Authors, 2009).

För att skapa en FTIR skärm behöver man en videoprojektor, en

videokamera med ett infrarött filter (webbkameror används ofta som en billig lösning), en akrylskiva, en karm för skivan som innehåller infraröda ledder, en yta som gör att videokameran inte ser objekt bakom akrylskivan och den speciella ytan som gör att vidrörning registreras ordentligt. Ytan kan även användas som den yta som videoprojektorns bild projiceras på. Ibland används även en extra yta, ovanpå silikonet, på vilket bilden projiceras.

Som tidigare nämnts behövs ingen låda eller liknande för att skärmen ska fungera, detta eftersom att ramen med infraröda ledder som kommer runt akrylskivan bör vara sluten, och inte läcka något infrarött ljus. Ramens funktion är att införa infrarött ljus in i akrylskivan. Det infraröda ljuset blir sedan instängt i skivan och kommer att studsas mellan skivans väggar. Om man vidrör akrylskivan kommer det att resultera i infrarött ljus kan komma ut ur akrylen och på detta sätt upptäckas av en kamera med infrarött filter. När detta händer bildas en så kallad plump som registreras av en kamera som sedan skickar vidare bilden till en dator som gör om tryckningen till en händelse på skärmen.

För att datorn ska veta var på skärmen tryckningen har skett, måste man kalibrera skärmen vid dess första användning, för att eliminera problem med olika storlekar på skärmar. För större installationer används fler videokameror och ibland även fler videoprojektorer för att åstadkomma den optimala skärmstorleken.

Andra tekniker för att åstadkomma en multi-touch skärm är Diffus upplysning (eng. *Diffused Illumination*, DI), Laserljusglasruta (eng. *Laser Light Pane*, LLP), Diffus upplysning av yta (eng. *Diffused Surface Illumination*, DSI) och ledljusglasruta (eng. *LED Light Pane*, LED-LP) vilka alla skiljer sig från varandra. Även flytande kristallskärmar (LCD) kan användas för att skapa multi-touch-skärmar, men de är oftast mycket dyra och mer komplicerade att skapa.

5. Praktiska tillämpningar

Multi-touch-teknik används idag till en mängd lösningar när det gäller produktivt arbete, men det är det inte vanligt för företag att skriva om hur bra lösningar fungerar. Företag som använder sig av skärmar med multi-touch-teknik inkluderar bland annat medicin, forskning eller 3D-modellering, varav medicin verkar vara den mest populära branschen. De användningsområden som tas upp här är dock inte alla områden som man skulle kunna använda sig av multi-toch teknik, utan andra områden dyker konstant upp.

5.1 Medicin

Inom medicin kan multi-touch-teknik användas i olika situationer, till exempel hjärt- och hjärningrepp. Med hjälp av Surface plattformen har Microsoft skapat programvara som kan användas vid såväl operationer som för att kontrollera patienthistorik. Tack vare multi-touch-teknik kan man enkelt gå in i aortan på en patient och sedan se var ett ingrepp skulle vara möjligt. Detta skapar även möjligheten att på förhand på datorn skapa en skiss över hur själva ingreppet kommer att utföras och hur aortan ska se ut efter ingreppet. Med hjälp av gester kan man enkelt navigera sig runt i patients hjärta eller andra kroppsdelar. Användargränssnittet stöder även att flera användare samtidigt manipulerar det som de ser på skärmen. Fler läkare kan alltså göra olika saker tillika på samma skärm (Duck, 2009).

Microsoft är inte det enda företag som kombinerat multi-touch och medicin. Företaget BrainLAB har även skapat en produkt som använder sig av multi-touch-teknik. Denna är även en hel del mer avancerad än Microsofts lösning, och består av en mängd moduler som kan placeras på olika platser i ett sjukhus. Deras kanske mest intressanta produkt är Digital Lightbox, som gör det möjligt för användaren att enkelt se genomskärningar av hjärnan och diverse andra kroppsdelar. Digital Lightbox består av en mängd skärmar av vilka samtliga har multi-touch-stöd. Med hjälp av dessa kan flera personer samtidigt arbeta med samma patient och komma fram till en effektiv lösning på kirurgiska ingrepp. BrainLAB har även skapat mjukvara för datorer utan multi-touch stöd så

att de kan använda sig av Digital Lightbox. Det sker genom att en läkare i ett vid en vanlig dator kan se vad som sker på Digital Lightbox skärmarna på en vanlig skärm på sitt kontor. På så sätt kan läkaren som använder sig av en vanlig dator ta del av diskussionen som sker i ett annat med Digital Lightbox (medGadget, 2008).

En stor skillnad mellan dessa BrainLab och Microsofts lösning är att BrainLAB har sina skärmar på väggen så att användaren står rakt framför dem medan Microsofts lösning använder sig av Microsoft Surface, som är format som ett bord. Microsofts lösning gör alltså att användaren måste böja huvudet nedåt för att kunna se skärmen, medan BrainLABs lösning gör att man måste sträcka armarna framför sig. Båda av dessa användargränssnitt är alltså icke ergonomiska.

5.2 Forskning och analys

Inom forskning, oberoende ämne, behöver man ofta hålla reda på en mängd olika dokument tillika. Detta kan vara ett problem främst om man jobbar i grupp, där flera personer behöver ha tillgång till samma material samtidigt, och så snabbt som möjligt vill kunna dela med sig av nya upptäckter. Isenberg och Fisher (2009) skriver om hur man skulle kunna lösa problemet med att ha många dokument tillgängliga för fler personer samtidigt, och även kunna samarbeta på ett effektivt sätt med hjälp av en multi-touch skärm. Deras lösning går ut på att två personer samtidigt kan jobba med ett och samma gränssnitt. Trots att användarna kan arbeta med samma gränssnitt, har de ändå en egen sida av skärmen där de kan jobba för sig själva och inte störas av den andras arbete. Om man vill dela med sig av någonting man har hittat, sker det enkelt tack vare att användaren enkelt kan följa med vad kollegan håller på med. Man kan såtillvida följa med den andras arbete, och dela med sig av sitt material på ett enkelt sätt. Isenberg och Fisher (2009) menar att denna lösning kan användas inom de flesta branscher där man hanterar en stor mängd data och enkelt vill kunna dela med sig av dokument som är viktiga för andra användare.

Ett annat projekt är Docuverse, skapat av Jeff Heard, vilket gör det möjligt för en användare att söka igenom miljontals artiklar på ett multi-touch-

gränssnitt. Heard's gränssnitt liknar en avbildning av rymden, där alla sökningar bildar en egen galax och varje dokument har sin egen stjärna. Med hjälp av multi-touch-teknik kan man sedan snabbt gå in i en galax och söka efter dokument. Programmet är inte skapat enbart för att kunna hitta dokument, utan även för att ge en överblick över hur galaxen är. Tack vare galaxens storlek kan man sedan dra slutsatsen hur populär en sökning är (Heard, 2009).

5.3 CAD och 3D-Modellering

3D modellering är multi-touch ett aktuellt ämne. Flera företag försöker skapa programvara för att göra hanteringen av 3D modeller så snabbt och enkelt som möjligt. Santos och Dias (2008) ger exempel på en mängd olika användargränssnitt, såväl materiella som gränssnitt enbart baserade på enbart en multi-touch skärm. Deras presentation inkluderar både gränssnitt för att skapa bilar och gränssnitt för arkitekter och artister. Genom att kombinera effektiviteten med CAD-modellering och multi-touch-teknik, kan man skapa gränssnitt med hjälp av vilka man enkelt kan skapa och ändra på exakt den delen som man vill.

Plasttillverkaren The Coperion Group har skapat en lösning för att lätt kunna visa för sina kunder hur deras plastfabrik fungerar och lätt kunna navigera sig runt i alla maskindelar för att kunna se hur de fungerar. Detta ger inte bara möjligheten för The Coperion Group att visa företagets högteknologisk utrustning, möjliggör även The Coperion Group att kunna visa att de är bra sitt jobb. Allt utan att behöva gå in djupa diskussioner om hur deras fabrik fungerar. The Coperion Groups lösning är inte gjord för att skapa 3D-modeller, utan främst för att kunna få en överblick över hur modellerna ser ut, och kunna visa sina kunder hur deras fabrik fungerar. Med fortsatt utveckling skulle programvaran ändå kunna stöda användaren att ändra på det som de ser på skärmen, eftersom det mesta är skapat med hjälp av CAD program och CAD-filer kan ändras relativt enkelt med hjälp av multi-touch gränssnitt (Zöllner, Kiel, Behr, Gillich, Gläser, & Schols, 2008).

5.4 Kommunikation inom och mellan företag

Arbete går inte enbart ut på att sitta vid en dator, man behöver i vissa fall dela med sig av sina upptäckter och ibland ha möten med kollegor eller andra företag. Till detta ändamål används ofta videokonferenser, som går ut på att man kan se den man talar med på en skärm. Detta är mycket användbart men tekniken har inte ändrats så mycket under de senaste fem åren. Det vill företaget Polycom ändra på genom att skapa en mer interaktiv lösning för videokonferenser. Med hjälp av deras Polycom Touch Control kan konferensdeltagarna enkelt visa dokument till de som de talar med, och dessutom zooma med konferenskameran för att endera visa en person på skärmen eller visa alla av mötets deltagare. Den största fördelen med Polycom Touch Control är trots detta möjligheten att snabbt kunna visa material åt de andra som deltar i mötet vare sig det är personer i samma rum eller de som sitter på andra sidan. Man kan även lätt få tillgång till tidigare konferenser och hoppa mellan olika pågående konferenser. Detta gör Touch Control till ett mycket effektivt verktyg gällande utvecklingen av nya videokonferens metoder (Polycom Inc., 2010).

6. Diskussion

Det råder inget tvivel om att framtidens användargränssnitt kommer att ändras radikalt, men i vilken riktning? Som det ser ut finns det fortfarande många tekniker som tävlar om hur människor ska använda datorer i framtiden. Allt från pekskrmar till materiella användargränssnitt och även nya innovationer inom möss och tangentbord är exempel på några av de främsta tävlarna. Många vill ha sin del av kakan, men fortfarande har tangentborden och mössen den största biten. Jag tror att det kommer att ett flertal år innan pekskrmar eller andra sätt att navigera sig runt i datorer kommer att få ett starkt fotfäste för vanlig datoranvändning, trots att det i dagen smarta mobiltelefoner är näst intill ett måste med en pekskrm. Det största problemet enligt mig är ergonomin. Det finns inte många som skulle orka sitta med en böjd nacke en åtta timmars arbetsdag, eller hålla sina armar utsträckta varje gång man vill ha någonting gjort (Arthur, 2009; Goodwins, 2008). Trots att det finns lösningar som 10/GUI som vill ändra på hur man använder sig av multi-touch, uppstår problem vid lösningar

med stora skärmar på grund av att tryckplattan man använder sig av inte är tillräckligt stor. Att skapa ett tryckplatta lika stor som skärmen skulle dessutom göra användargränssnittet mycket svårt att använda (Miller, 2009). Trots detta tycker jag att lösningar som 10/GUI är ett steg i rätt riktning när det gäller multi-touch användning för vanliga arbetsstationer, vid vilka enbart en person arbetar åt gången. Dock förstör detta en stor del av den potential som multi-touch-teknik har. Fleranvändargränssnitt och stora skärmar tillhör de mest intressanta lösningarna som multi-touch har medfört, och man vill inte skala ner detta till mindre arbetsstationer.

Fleranvändargränssnitt skapar möjligheter för företag att effektivisera sitt arbete. Att till exempel kunna arbeta sida vid sida med någon annan stärker lagandan och gör att man vill kunna jobba lika effektivt som den andra personen som använder sig av användargränssnittet. Möjligheten att snabbt kunna dela med sig av det dokument man hittat vid forskning, och när det kommer till medicin att samtidigt kunna kontrollera flera delar av en människas organ och söka eventuella avvikelser. Styrkorna hos fleranvändargränssnitt och multi-touch gränssnitt är många och man kan säga att multi-touch är här för att stanna.

När det kommer till effektivt arbete fungerar multi-touch-skärmar väl, men problemen gäller inte i hur effektivt man kan jobba, utan i hur länge. Med detta menar jag inte enbart att man tröttar ut sina armar eller sin nacke, utan även att de flesta program som används inom arbetslivet, oberoende bransch, är inte gjorda för att ta in fler än en inmatning åt gången. Program kan inte användas på multi-touch-skärmar eftersom de är gjorda för möss, och inte för skärmar som användaren kan trycka på. Förstås kommer program som används mycket att sakta men säkert göra det möjligt för användare att ge fler än en inmatning, men hur mycket nytta har man sedan till exempel av textbehandlingsprogram som Microsoft Word? Och kommer det verkligen att utvecklas bokföringsprogram som har stöd för multi-touch? Vart jag vill komma med detta är att i dags läget, och troligen även en go bit in i framtiden, kommer enbart specialproducerade verktyg att kunna användas. Detta är ett problem eftersom det hindrar multi-touch-skärmar från att vara användbara för vardagligt

bruk. Arbetare kommer endast att kunna stå eller sitta vid ett multi-touch bord eller en skärm och arbeta ända tills det inte finns mjukvara kvar att arbeta med och man måste gå över till de gamla metoderna med mus och tangentbord. Detta hindrar förstås inte den att arbete kan effektivieras tack vare en multi-touch skärm, utan mer att jobbet inte kan slutföras.

En annan sak man bör ta i beaktande är kostnader. Multi-touch-skärmar är dyra, och många företag drar sig troligen från att köpa dem eftersom betraktas som en onödig investering. Man kan få ner priset på skärmarna genom att bygga dem själv, men det finns få företag med den kunskapen, så även detta gäller enbart en lite grupp av företag. På grund av att det inte finns så många program som har stöd för fler input än ett, medför även utvecklingen av ny mjukvara en kostnad för företagen. Det finns trots detta en positiv sak med multi-touch-program, utgående ifrån att mjukvara utvecklarna gjort sitt jobb, det inte behövs några långa skolningar för att personalen ska kunna använda en mjukvara. Eftersom användargränssnittet kommer att kännas mer naturligt, och användaren borde enkelt kunna veta hur man kommer åt de korrekta funktionerna.

Sammanfattningsvis har jag kommit fram till att multi-touch, så som den ser ut idag, inte kommer att ta över dagens arbetsstationer inom en snar framtid. Detta beror främst på problem med ergonomi, brist på mjukvara samt kostnader. Men dessa är trots allt områden som man kan förbättra, och utvecklingen inom multi-touch går konstant vidare. Det finns några lösningar som är användbara redan idag, men största delen av dem är främst gjorda för att användas under en kortare tidsperiod, än en hel arbetsdag (Duck, 2009; Zöllner, Kiel, Behr, Gillich, Gläser, & Schols, 2008). Musen och tangentbordet ser ut att kunna regera ännu i några års tid, men sedan måste de ge vika för nya och mer effektiva sätt att använda arbetsstationer.

Nedan följer några exempel på vad som multi-touch skulle kunna användas till i framtiden, och även i viss mån idag. Inom dessa områden har forskningen inte framskridit så värst mycket och jag anser dessa som världiga kandidater för framtida forskning. Agile programmering använder sig bland annat av en teknik där två personer skriver kod tillsammans. Genom att ta turer

vid tangentbordet skriver den ena personen koden medan den andra ser på, kommenterar och påpekar eventuella fel (Wikipedia contributors, 2010). Detta är ett användningsområde som jag kom att tänka på när det kommer till gränssnitt på vilka fler användare kan jobba samtidigt. Dock kan detta vara svårt att åstadkomma om man inte har ett fysiskt tangentbord, eller skapar ett mycket användbart gränssnitt för programmering vid stora tryckkänsliga skärmar. Trots dessa problem tror jag ändå att en lösning för Agile programmering skulle kunna vara ett bra exempel på framtida forskning som skulle kunna göras inom multi-touch-teknik och deras användargränssnitt.

Serverhantering och datormolnet (eng. *cloud computing*) är heta ämnen just nu, och att kunna hantera flera servrar och hålla kontroll på trafik och användning av dem skulle vara ett bra område för multi-touch-skärmar. Inte bara på grund av att multi-touch-skärmar ofta är mycket stora jämfört med vanliga datorskärmar. Utan även på grund av att dagens multi-touch-skärmar skulle redan kunna lämpa sig bra för detta jobb, främst tack vare att man inte konstant behöver stå och övervaka serverna. Genom att få en full överblick över alla servrar samtidigt, och enkelt kunna ändra på konfigurationer, vare sig det gäller server eller nätverkskonfigurationer. Denna lösning är förstås inget som lämpar sig för små företag, främst på grund av att de inte har så många servrar att övervaka och kan därför ses som en onödig utgift. Dock skulle stora företag som Google, Microsoft och Amazon med flera kunna använda sig av multi-touch-skärmar för att övervaka sina massiva datorparker.

Människa-datorinteraktion är ett mycket viktigt ämne när det kommer till multi-touch-skärmar. När det gäller att skapa så naturliga gränssnitt som möjligt är MDI alltid någonting man måste ta i beaktande. För att bättre kunna förstå hur människan ser på datorer behövs MDI-forskning, nu mer än någonsin. Med god tur kommer morgondagens användarhandböcker att vara mycket tunnare än vad det är idag.

7. Referenser

Albinsson, P.-A., & Zhai, S. (2003). *High Precision Touch Screen Interaction*. New York, NY, USA: ACM.

Anderson, J., McRee, J., Wilson, R., & t. E. (2010). *Effective UI*. O'Reilly.

Arthur, K. (den 23 Februari 2009). *Touchscreens and Gorilla Arm*. Hämtat från Touch Usability: <http://www.touchusability.com/2009/02/touchscreens-and-gorilla-arm.html> den 16 Mars 2010

Barras, C. (den 11 Oktober 2007). *'Transparent' gadget could trump iPhone interface*. Hämtat från New Scientist: <http://www.newscientist.com/article/dn12773> den 16 Mars 2010

Bellis, M. (u.d.). *History of the Computer Keyboard*. Hämtat från About.com: http://inventors.about.com/od/computerperipherals/a/computer_keyboa.htm den 17 Mars 2010

Buxton, B. (den 12 Januari 2007). *Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved*. Hämtat från Bill Buxton: <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html> den 16 Mars 2010

Dedhia, S. (den 17 Juni 2008). *Top 13 Innovative Keyboard Designs*. Hämtat från Blogs DNA: <http://www.blogsdna.com/322/top-13-innovative-keyboard-designs.htm> den 17 Mars 2010

Dohse, K. C., Dohse, T., Still, J. D., & Parkhurst, D. J. (2008). Coperion 3D - a virtual factory on the tabletop. *5th INTUITION International Conference 2008. Virtual Reality in Industry and Society: From Research to Application. Proceedings: 2nd International Workshop Virtual Manufacturing, VirMan 08*. Turin, Italien: Fraunhofer Publica.

Duck, M. (den 23 Januari 2009). *3D Multi Touch Application for Heart Surgeries - Microsoft Surface and Health Vault*. Hämtat från The Medical Quack: <http://ducknetweb.blogspot.com/2009/01/3d-multi-touch-application-for-heart.html> den 23 Mars 2010

Forlines, C., Wigdor, D., Shen, C., & Balakrishnan, R. (2007). Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (ss. 647 - 656). San Jose, California, USA: ACM.

Goodwins, R. (den 28 Maj 2008). *ZDNet*. Hämtat från Windows 7? No arm in it: <http://community.zdnet.co.uk/blog/0,1000000567,10008314o-2000331777b,00.htm> den 16 Mars 2010

Gyford, P. (den 18 Januari 2010). *Pen v keyboard v Newton v Graffiti v Treo v iPhone*. Hämtat från Phil Gyford's website: <http://www.gyford.com/phil/writing/2010/01/18/input.php> den 26 Mars 2010

Hamling, D. (1997). *Patentnr 5648798*. Förenta staterna.

Heard, J. (den 19 Januari 2009). *The Docuverse*. Hämtat från Hieroglyphics:
<http://vis.renci.org/jeff/2009/01/19/the-docuverse/> den 26 Mars 2010

Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., o.a. (den 29 07 2009). *Curricula for Human-Computer Intercation*. Hämtat från ACM SIGCHI:
<http://old.sigchi.org/cdg/index.html> den 16 Mars 2010

Hodge, S., Izadi, S., Butler, A., Rrustemi, A., & Buxton, B. (2007). ThinSight: versatile multi-touch sensing for thin form-factor displays. *Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology* (ss. 259 - 268). Newport, Rhode Island, USA: ACM.

Honkiat.com. (u.d.). *13 Computer keyboards you've never seen before*. Hämtat från HONHKIAT.COM: <http://www.hongkiat.com/blog/13-computer-keyboards-you-never-seen-before/> den 17 Mars 2010

Hotelling, S., Huppi, B., Strickon, J., Kerr, D., Ording, B., Chaudhri, I., o.a. (2006). *Patentnr US20060026535*. Förenta Staterna.

Isenberg, P., & Fisher, D. (2009). Collaborative Brushing and Linking for Co-located Visual Analytics of Document Collection. *Eurographics / IEEE-VGTC Symposium on Visualization* , 28 (3), 1031 - 1038.

Ishii, H. (2008). THE TANGIBLE USER INTERFACE AND ITS EVOLUTION. *Communications of the ACM* (51 Issue 6), 32-36.

Jordà, S., Kaltenbrunner, M., Geiger, G., & Alonso, M. (2007). The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (ss. 139-146). Baton Rouge, Louisiana: ACM.

Kahney, L. (den 20 Maj 2009). *Thanks To iPhone, The Future Is Touchscreens, Report Says*. Hämtat från Cult of mac: <http://www.cultofmac.com/thanks-to-iphone-the-future-is-touchscreens-report-says/10986> den 16 Mars 2010

Kölsch, M., & Turk, M. (2002). Keyboards without keyboards: A survey of virtual keyboards. *UCSB Technical Report* , 21.

Lo, J. (1996). *Patentnr 5576733*. Förenta Staterna.

Lorenzi, L. (den 4 Maj 2003). *What is HCI?* Hämtat från SearchCIO-Midmarket:
http://searchcio-midmarket.techtarget.com/sDefinition/0,,sid183_gci213992,00.html
 den 16 Mars 2010

McLaughlin, L. (2007). Universal Business Language: Checkup Time for an XML Vision. *IEEE Software* (24 Issue 3), 113-116.

- Meagher, S. (den 26 Mars 2009). *Touch screen is the future of computing, says Microsoft*. Hämtat från The Inquirer:
<http://www.theinquirer.net/inquirer/news/1051547/touch-screen-future-computing-microsoft> den 16 Mars 2010
- medGadget. (den 28 Augusti 2008). *Digital Lightbox Brings Minority Report to The OR (No Precognition Capabilities)*. Hämtat från medGadget:
http://www.medgadget.com/archives/2008/08/digital_lightbox_brings_minority_report_to_the_or_no_precognition_capabilities.html den 23 Mars 2010
- Meyer, S. M., Cohen, O., & Nilsen, E. (1992). Device comparison for goal-directed drawing tasks. *Conference on Human Factors in Computing Systems* (ss. 251-252). Boston, Massachusetts, united States: ACM.
- Miller, C. (2009). *10/GUI: The video*. Hämtat från 10/GUI: <http://10gui.com/video/> den 28 Mars 2010
- Moggridge, B. (2007). *Desingning Interactions* (första uppl.). The MIT Press.
- Multitouch.fi. (u.d.). Largest installation at CeBit.
- NextWindow. (2007). *NextWindow's Multi-Touch Overview*. Hämtat från Touch-Base:
http://www.touch-base.com/documentation/Documents/nextwindow_multitouch.pdf
- North, C., Dwyer, T., Bongshin, L., Fisher, D., Isenberg, P., Robertson, G., o.a. (2009). Understanding Multi-touch Manipulation for Surface Computing. i *Lecture Notes In Computer Science* (ss. 236 - 249). Uppsala, Sweden: Springer-Verlag.
- NUI Group Authors. (2009). *Multitouch Technologies*.
- Palmer, K. T., Cooper, C., Coggon, D., Walker-Bone, K., & Syddall, H. (2001). Use of keyboards and symptoms in the neck and arm: evidence from a national survey. *Occupational Medicine* (51), ss. 392-395.
- Patrizio, A. (den 24 December 2008). *Notebook Top Desktop Sale Ahead of Schedule*. Hämtat från Internetreviews:
<http://www.internetnews.com/hardware/article.php/3793341/Notebooks%2BTop%2BDesktop%2BSales%2BAhead%2Bof%2BSchedule.htm&cid=1282828729&ei=dYdTSd6zAYrGMtDtqJYC&usg=AFQjCNGDJlt9kS3ikN6vTq8p4xa0KzYhRg> den 17 Mars 2010
- Perez, S. (den 29 Februari 2009). *The Future of Touch*. Hämtat från ReadWriteWeb:
http://www.readwriteweb.com/archives/the_future_of_touch.php den 16 Mars 2010
- Polycom Inc. (den 23 Februari 2010). *Polycom Touch Control Provides Unprecedented Telepresence Ease of Use*. Hämtat från Polycom:
http://www.polycom.com/company/news_room/press_releases/2010/20100223.html den 26 Mars 2010

RedFerret. (den 10 Juni 2007). *10 serious problems with touchscreens that you should know before 29th June*. Hämtat från Red Ferret: <http://www.redferret.net/?p=8843> den 16 Mars 2010

Reimer, J. (den 1 Oktober 2007). *A day on the Surface: a hands-on look at Microsoft's new computing platform*. Hämtat från ars technica: <http://arstechnica.com/microsoft/news/2007/09/surface.ars> den Mars 18 2010

Santos, P., & Dias, M. (Januari 2008). *Repositório do ISCTE: State-of-the-art report in Augmented Reality authoring/modelling/presenting*. Hämtat från Repositório do ISCTE: <http://repositorio-iul.iscte.pt/handle/10071/248> den 25 Mars 2010

Scott, S. D., Grant, K. D., & Mandryk, R. L. (2003). System Guidelines for Co-located Collaborative Work on a Tabletop Display. *Proceedings of ECSCW'03, European Conference Computer-Supported Cooperative Work 2003* (ss. 159-178). Helsinki: Kluwer Academic Publishers.

Sears, A., & Jacko, J. A. (2005). *Human-Computer Interaction Handbook - Fundamentals Evolving, Technologies and Emerging Applications* (Andra uppl.).

Sears, A., & Schneiderman, B. (1991). High Precision Touchscreens: Design Strategies and Comparison with a Mouse. *International Journal of Man-Machine Studies* , 593 - 613.

Shneiderman, B. (Mars 1991). TOUCH SCREENS NOW OFFER COMPELLING USES. *IEEE Software* , ss. 93-94.

Strasser, H., Fleischer, R., & Keller, E. (2004). Muscle strain of the hand-arm-shoulder system during typing at conventional and ergonomic keyboards. *Occupational Ergonomics* , 4 (2), 105-119.

Stødle, D., Stein Hagen, T.-M., Bjørndalen, J. M., & Anshus, O. J. (2008). Gesture-Based. Touch-Free Multi-User Gaming on Wall-Sized, High-resolution Tiled Display. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting* , 5 (10).

Swanson, N., Galinsky, T., Cole, L., Pan, C., & Sauter, S. (1997). The impact of keyboard design on comfort and productivity in a text-entry task. *Applied Ergonomics* , 28 (1), 9-16.

Wikipedia contributors [3]. (den 15 Mars 2010). *Human-computer interaction*. Hämtat från Wikipedia, The Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Human%E2%80%93computer_interaction&oldid=349969416 den 16 Mars 2010

Wikipedia contributors [1]. (den 15 Mars 2010). *History of the graphical user interface*. Hämtat från Wikipedia, The Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History_of_the_graphical_user_interface&oldid=350100098 den 16 Mars 2010

Wikipedia contributors [2]. (den 15 Mars 2010). *Mouse (computing)*. Hämtat från Wikipedia, The Free Encyclopedia:
[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mouse_\(computing\)&oldid=350066019](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mouse_(computing)&oldid=350066019) den 16 Mars 2010

Wikipedia contributors. (den 22 Mars 2010). *Pair programming*. Hämtat från Wikipedia, The Free Encyclopedia.:
http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pair_programming&oldid=351357509 den 30 Mars 2010

Villar, N., Izadu, S., Rosefeld, D., Benko, H., Helmes, J., Westhues, J., o.a. (2009). Mouse 2.0: multi-touch meets the mouse. *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology* (ss. 33-42). Victoria, BC, Canada: ACM.

Yu, J. (den 21 Oktober 2009). *Full Review: Apple Magic Mouse makes big splash, can't tread water*. Hämtat från CNet News: http://news.cnet.com/8301-17938_105-10380751-1.html den 18 Mars 2010

Zöllner, M., Kiel, J., Behr, J., Gillich, J., Gläser, S., & Schols, E. (2008). Coperion 3D - a virtual factory on the tabletop. *5th INTUITION International Conference 2008. Virtual Reality in Industry and Society: From Research to Application. Proceedings: 2nd International Workshop Virtual Manufacturing, VirMan 08*. Turin, Italien: Fraunhofer Publica.