



Reagerer vi raskere på gamle skjermer? En sammenligning av reaksjonstid på CRT og LCD

Forfatter: Maxim Leshchenko, Vardafjell videregående skole

I dagens digitale tidsalder har skjermteknologi utviklet seg raskt, og tradisjonelle CRT-skjermer er for lengst erstattet av mer kompakte LCD- og OLED-enheter. Til tross for at nyere skjermer ofte overgår CRT på bildekvalitet og energieffektivitet, består det fortsatt fundamentale forskjeller i hvordan teknologiene fremstiller bilder og responderer på endringer. Denne studien undersøkte om disse teknologiske forskjellene påvirker menneskers prestasjon i en enkel reaksjonstidstest ved å teste 66 videregående elever på både en CRT- og en LCD-skjerm, med identisk testoppsett og kontrollerte betingelser. Resultatene viser at gjennomsnittlig reaksjonstid varierer minimalt mellom de ulike skjermtypene, uten statistisk signifikant effekt. Variasjonene ser i stor grad ut til å skyldes tilfeldige faktorer.

Innledning

I den moderne tidsalderen, preget av rask teknologisk utvikling og kontinuerlig innovasjon, skjer endringer i et høyt tempo. For om lag tjue år siden var bilderørbaserte skjermer (CRT) en alminnelig del av hverdagen i hjem, på kontorer og i utdanningsinstitusjoner verden over. I dag anses de som «utdaterte» og er for lengst blitt erstattet av mer kompakte skjermer basert på nyere teknologier som LCD og OLED (Rohr & Wagner, 2020; Matsumoto, et al., 2014).

I motsetning til mange andre teknologiske fremskritt, der forbedringer vanligvis skjer innenfor rammen av den eksisterende teknologien, var overgangen fra CRT til LCD i hovedsak motivert av ønsket om å redusere skjermenes fysiske størrelse og vekt, snarere enn å forbedre bildekvaliteten. De tidlige LCD-skjermene leverte faktisk svakere resultater enn CRT-skjermer på de fleste områder (Rohr & Wagner, 2020), med unntak av plassbesparelse og portabilitet.

Etter hvert som LCD-teknologien ble videreutviklet, og nyere teknologier som OLED ble introdusert, har forskjellene i bildekvalitet gradvis blitt utjevnet (Rohr & Wagner, 2020). I dag kan moderne skjermer ikke bare måle seg med, men i mange tilfeller overgå de eldre CRT-skjermene når det gjelder bildekvalitet, energieffektivitet og design. Til tross for dette består det fortsatt en grunnleggende forskjell i hvordan de ulike skjermteknologiene fungerer på teknisk nivå.

CRT-skjermer består av et stort vakuummør og en skjermflate dekket av et rutenett av luminoforbelagte piksler. Inne i røret beveger en eller flere elektronstråler seg linje for linje over pikselrutenettet, fra venstre mot høyre og ovenfra og ned, og får luminoforpartiklene til å lyse opp. Når strålen når den siste pikselen nederst til høyre, hopper den raskt tilbake til øverste venstre hjørne og starter prosessen på nytt – med andre ord tegnes et nytt bilde. Elektronstrålen treffer kun én piksel av gangen, og illusjonen av et kontinuerlig

bilde er derfor et resultat av både høy oppdateringsfrekvens og luminoforens etterglød, der lyset aktiveres raskt, men fader langsomt (Rohr & Wagner, 2020).

LCD-skjermer fungerer på en helt annen måte. Hver piksel består av flytende krystalltråder som kan vris eller legges parallelt ved hjelp av en elektrisk strøm som påføres dem. Dette skaper en polariseringseffekt som enten tillater eller hindrer lys i å passere gjennom. Bak denne krystallmatrisen finnes en jevn og konstant lyskilde som belyser hele flaten. For å vise en svart piksel blir krystalltrådene vridd 90 grader slik at lyset blokkeres fullstendig, mens en hvit piksel oppnås ved å justere krystallene slik at mest mulig lys slipper gjennom. Når andre farger skal vises, justeres krystallenes orientering tilsvarende for å slippe gjennom en passende mengde lys i ulike fargespekter. Dette er en statistisk prosess, ikke en pulserende prosess som i CRT-skjermer (Rohr & Wagner, 2020).

CRT-skjermer har svært lav responstid, ofte under 1 ms, fordi hver piksel kan endre fargetone nesten umiddelbart. De har også svært lavt input-lag, typisk godt under 1 ms, ettersom det er minimal forsinkelse mellom at signalet sendes fra enheten og at bildet vises på skjermen. Dette skyldes at bildet dannes av en kontinuerlig strøm av elektroner som treffer skjermflaten (Rohr & Wagner, 2020).

Tidlige generasjoner av LCD-skjermer hadde betydelig tregere tidsegenskaper. Responstiden, for eksempel, kunne ligge på 20-150 ms, noe som resulterte i merkbart etterslep. Nyere generasjoner av LCD-skjermer har fått vesentlig forbedret responstid, ofte ned mot 1-6 ms (Lagroix, Yanko, & Spalek, 2012), og er utstyrt med teknologier som dynamisk kapasitanskompensasjon (DCC), ofte kalt overdrive, som reduserer responstiden. Ifølge (Elze & Tanner, 2012; Rohr & Wagner, 2020) medfører dette imidlertid et uunngåelig og konstant input-lag på minst én bildeoppdatering. For en skjerm med 60 Hz oppdateringsfrekvens tilsvarer dette rundt 16,7 ms, mens ved 75 Hz utgjør dette omtrent 13,3 ms.

De siste årene har OLED-skjermer (organisk elektroluminescensdiode) i økende grad erstattet konvensjonelle LCD-skjermer. OLED-teknologi baserer seg på organiske, lysemitterende lag som sender ut lys når de tilføres elektrisk strøm. Ifølge (Matsumoto, et al., 2014) har OLED-skjermer responstid på nivå med CRT-skjermer, men sannsynligvis fortsatt noe høyere input-lag.

Formålet med denne studien er å undersøke om det eksisterer en målbar forskjell i menneskers prestasjon på en enkel reaksjonstidstest når testen gjennomføres på en LCD-skjerm sammenlignet med en CRT-skjerm. Reaksjonstid hos mennesker defineres som tidsintervallet fra en sansepåvirkning registreres, til en bevisst respons blir utløst. Lengden på reaksjonstiden påvirkes av flere faktorer, blant annet typen av påvirkningen og kompleksiteten i den påfølgende responsen. Videre kan individuelle forhold som oppmerksomhet, grad av tretthet og tidligere erfaring eller øvelse ha betydelig innvirkning på reaksjonstiden (Hauge, 2024).

Studien fokuserer på LCD-teknologi, ettersom denne fortsatt er den mest utbredte skjermtypen, til tross for at OLED-teknologi gradvis får større utbredelse. Siden CRT-skjermer ofte anses som raskere, bygger studien på hypotesen om at CRT-skjermen vil gi kortere reaksjonstider enn LCD.

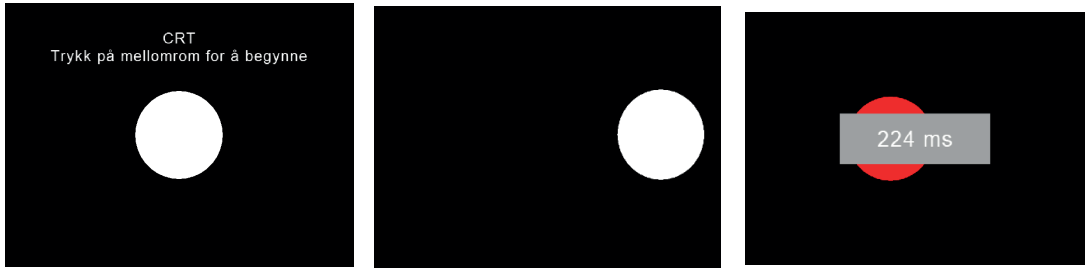
Metode

I denne studien gjennomførte 66 videregående skole elever en enkel reaksjonstidstest på to ulike skjermtyper: en CRT-skjerm (eMachines eView 17f3) og en LCD-skjerm (Philips 272S1AE/00).

Hver deltaker gjennomførte testen to ganger på hver skjerm. Kun resultatene fra den andre runden ble inkludert i analysen, slik at deltakerne fikk mulighet til å bli kjent med testoppsettet før måling.

For å kontrollere for eventuelle rekkefølgeeffekter ble deltakerne tilfeldig fordelt til å starte enten med CRT-skjermen eller LCD-skjermen:

- 31 deltakere startet på CRT, og utførte deretter testen på LCD
- 35 deltakere startet på LCD, og utførte deretter testen på CRT



Figur 1. Gjennomføring av testen

Reaksjonstidstesten, som ble utviklet spesielt for denne studien, består av en hvit sirkel som beveger seg horisontalt over en svart bakgrunn. Sirkelen endrer retning dersom den når kanten av skjermen. Etter en tilfeldig forsinkelse mellom 3 og 7 sekunder, som kan være både hel og ikke-hel i sekundverdi, stopper sirkelen brått og skifter fargen til rød. Deltakerne ble instruert til å reagere så raskt som mulig på denne endringen ved å trykke på en forhåndsbestemt tast (mellomromstasten). Figur 1 illustrerer hvordan testen gjennomføres.

Begge skjermene var koblet til den samme datamaskinen som testen ble kjørt på, og skjermoppløsningen ble satt til 800×600 piksler for begge enhetene for å redusere ytelsesforskjeller. LCD-skjermen var koblet via det digitale grensesnittet HDMI, mens CRT-skjermen var tilkoblet med det analoge VGA-grensesnittet, uten bruk av omformere, noe som er viktig for å unngå forsinkelser i bildeoppdateringen. For å minimere skjermindusert input-lag ble DCC-funksjonen, betegnet «SmartResponse» av produsenten, deaktivert under datainnsamlingen på LCD-skjermen.

Selv om oppløsningen er identisk på begge skjermene, er LCD-skjermen fysisk større enn CRT-skjermen. For å utjevne denne forskjellen ble størrelsen på sirkelen redusert på LCD-skjermen slik at den visuelt tilsvarte størrelsen på CRT-skjermen.

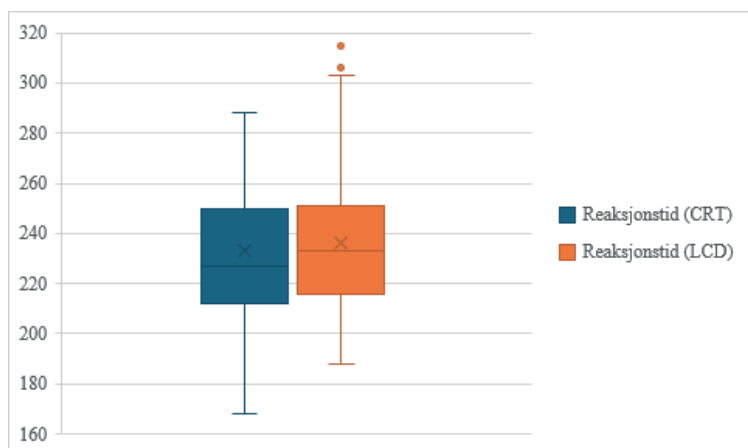


Figur 2. Det eksperimentelle oppsettet

Figur 2 viser det eksperimentelle oppsettet. Når deltakeren skulle bytte skjerm, justerte vedkommende stolens posisjon mot den aktuelle skjermen og flyttet tastaturet deretter. For å unngå ytelsesreduksjon ble programmet kjørt kun på én skjerm av gangen. I illustrasjonen vises imidlertid programmet på to skjermer samtidig, utelukkende for demonstrasjonsformål.

Reaksjonstidene ble registrert i millisekunder og notert som parvise målinger – ett resultat fra hver skjerm per deltaker. Mindre reaksjonstid indikerer bedre prestasjon.

Resultater



Figur 3. Boksplokk som viser fordelingen av reaksjonstider for CRT- og LCD-skjermer.

De gjennomsnittlige reaksjonstidene viser kun minimale forskjeller mellom skjermtypene. Den gjennomsnittlige reaksjonstiden på CRT-skjerm var 233 ms (standardavvik 42 ms), mens tilsvarende verdi for LCD-skjerm var 236 ms (standardavvik 40 ms). Dette tilsvarer en gjennomsnittlig forskjell på 3 ms i favør av CRT, noe som illustreres i figur 3.

Når prestasjonene analyseres på individnivå, oppstår det mer interessante mønstre. Totalt sett presterte 36 deltakere best på CRT-skjermen (54,5%), mens 30 deltakere (45,5%) hadde bedre prestasjoner på LCD-skjermen.

Deltakerne som presterte best på CRT, hadde i gjennomsnitt en reaksjonstidsforskjell på 27 ms (standardavvik 23 ms), mens de som presterte best på LCD, viste en gjennomsnittlig reaksjonstidsforskjell på 26 ms (standardavvik 21 ms).

Den like store størrelsen på forskjellene i tid i begge gruppene, sammen med høye standardavvik, tyder på stor variasjon i reaksjonstid mellom deltakerne.

For å undersøke hvorvidt de observerte forskjellene var statistisk signifikante, ble det gjennomført en ensidig parret T-test for avhengige utvalg. Ved å bruke den alternative hypotesen formulert i introduksjonen, at CRT skulle gi lavere reaksjonstider enn LCD, ga testen .

T-testen resulterte i en p-verdi klart over den konvensjonelle signifikansgrensen på , noe som innebærer at nullhypotesen om at skjermene ikke skiller seg fra hverandre ikke kan forkastes og studien kan derfor ikke påvise noen statistisk signifikant forskjell i ytelse på reaksjonstidsoppgaver mellom LCD- og CRT-skjermer.

Til tross for prosedyren med familiarisering innenfor hver skjerm, viste analysen av testrekkefølge mellom skjermtypene et bemerkelsesverdig mønster. Tabell 1 indikerer at deltakerne hadde en tendens til å prestere bedre på skjermtypen de møtte som nummer to, uavhengig av om det var CRT eller LCD. Dette mønsteret vedvarte selv om deltakerne hadde gjennomført en øvingsrunde på hver skjerm.

Tabell 1. Rekkefølgeeffekten

Startskjerm	Presterte best på CRT	Presterte best på LCD	Til sammen
Begynte på CRT	32 % (10 personer)	68 % (21 personer)	31 personer
Begynte på LCD	74 % (26 personer)	26 % (9 personer)	35 personer

Diskusjon

Studien gir ikke grunnlag for å påstå at det eksisterer en målbar forskjell i menneskelig prestasjon på en enkel reaksjonstidstest ved bruk av LCD-skjerm sammenlignet med CRT-skjerm. De store standardavvikene i resultatene, kombinert med en tilnærmet jevn fordeling av deltakere som presterte best på hver av skjermtypene, tyder på at de observerte forskjellene i reaksjonstid i større grad kan tilskrives tilfeldige variasjoner i enkeltmålinger fremfor en systematisk forskjell mellom skjermteknologiene. Dette indikerer også at det ikke kan identifiseres noe konsistent mønster som tyder på at forskjeller i skjermenes responstid og input-lag har hatt en målbar innvirkning på deltakernes reaksjonstid i studien.

En sentral begrensning ved studien er det lave antallet målinger per deltaker. Bruk av kun én analysert måling per skjerm for hver deltaker gjør resultatene særlig sårbare for tilfeldige faktorer som konsentrasjonssvingninger, dagsform og andre uforutsigbare påvirkninger. Et høyere antall målinger per deltaker kunne ha redusert denne usikkerheten og gitt bedre datagrunnlag.

Videre er den observerte rekkefølgeeffekten bemerkelsesverdig, særlig i lys av det metodologiske tiltaket som ble iverksatt for å motvirke den. Selv om hver deltaker gjennomførte to runder på hver skjermtypen, og kun den andre runden ble inkludert i analysen, var det fortsatt en målbar prestasjonsfordel for den skjermen som ble presentert som nummer to. Dette kan indikere en generell forbedring i prestasjon over tid, uavhengig av skjermtypen, enten som følge av økt tilvenning til oppgaven eller læringseffekter gjennom økten.

Under studien ble det også observert at enkelte deltakere bevisst forsøkte å kompensere for opplevd svake prestasjoner på den første skjermen ved å prestere bedre på den andre. Selv om prøverunder ble inkludert nettopp for å redusere slike effekter, kan disse ha vært utilstrekkelige, særlig på grunn av det lave antallet målinger per deltaker.

En mulig metodologisk forbedring i fremtidige studier kan være å hindre deltakerne i å få direkte tilbakemelding på reaksjonstidene sine underveis. Dette vil riktignok komplisere eksperimentets gjennomføring, men kan samtidig redusere prestasjonspress og strategisk atferd hos deltakerne, spesielt i lys av forsøkslederens observasjoner.

En ytterligere begrensning ved studien kan knyttes til lydnivå og forstyrrelser i testmiljøet. Eksperimentet ble gjennomført i et rom der noen andre elever var til stede, noe som kan ha medført varierende grad av bakgrunnsstøy og distraksjoner. Til tross for elevenes innsats for å begrense påvirkningen av disse faktorene, kan forstyrrelsene i neon tilfeller ha påvirket deltakernes konsentrasjon og reaksjonstid ved å øke den kognitive belastningen, samt ved å skape prestasjonspress og dermed føre til strategisk atferd, slik det ble beskrevet tidligere. Testgjennomføringer der deltakernes fokus ble avbrutt i kritiske øyeblikk, ble forkastet og gjennomført på nytt. Det er vanskelig å kvantifisere effekten av slike ytre faktorer, men de kan ha bidratt til økt tilfeldig variasjon i målingene. Et stille testmiljø uten andre personer til stede ville sannsynligvis redusert denne usikkerheten og dermed styrket studiens interne validitet.

Konklusjon

Studien gir ikke grunnlag for å fastslå at det finnes en forskjell LCD- og CRT-skjermer i prestasjon på en enkel reaksjonstidstest. Dette innebærer at resultatene ikke gir støtte til hypotesen om at bruk av CRT-skjermer resulterer i lavere reaksjonstider enn LCD.

De observerte forskjellene ser i stor grad ut til å skyldes tilfeldige variasjoner heller enn skjermteknologi. Samtidig svekkes funnene av få målinger per deltaker og en tydelig rekkefølgeeffekt som tyder på læring eller tilvenning over tid. Observasjoner av strategisk atferd hos enkelte deltakere og eventuelle utvendige forstyrrelser kan også ha påvirket resultatene.

Siterte verk

- Elze, T., & Tanner, T. G. (2012, September 11). Temporal Properties of Liquid Crystal Displays: Implications for Vision Science Experiments. *PLoS ONE*, 7(9), s. e44048. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044048>
- Hauge, A. (2024, November 26). *Reaksjonstid*. Hentet fra Store medisinske leksikon: <https://sml.snl.no/reaksjonstid>
- Lagroix, H. E., Yanko, M. R., & Spalek, T. M. (2012, Februar 23). LCDs are better: Psychophysical and photometric estimates of the temporal characteristics of CRT and LCD monitors. *Atten Percept Psychophys*, 74, ss. 1033-1041. doi:<https://doi.org/10.3758/s13414-012-0281-4>
- Matsumoto, C. S., Shinoda, K., Matsumoto, H., Seki, K., Nagasaka, E., Iwata, T., & Mizota, A. (2014, August 5). What monitor can replace the cathode-ray tube for visual stimulation to elicit multifocal electroretinograms? *Journal of Vision*, 14(9), ss. 1-14. doi:<https://doi.org/10.1167/14.9.2>
- Rohr, M., & Wagner, A. (2020, April 24). How Monitor Characteristics Affect Human Perception in Visual Computer Experiments: CRT vs. LCD Monitors in Millisecond Precise Timing Research. *Scientific Reports*, 10. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-020-63853-4>