



**KTH Computer Science
and Communication**

Navigering baserat på spatialt ljud

Duis autem vel eum iruire dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat,
vel illum dolore eu feugiat null

MAX KROG
JOHAN TORELL

Examenrapport vid NADA
Handledare: Emma Frid
Examinator: Sten Ternström

DATUM?

Referat

Här ska en sammanfattning på svenska stå.

Abstract

Navigation based on spatial sound

Abstract in english.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Begreppsdefinitioner	1
1.1.1	Sonifiering	2
1.1.2	Spatiala ljud	2
1.1.3	Modern smarttelefon	2
1.1.4	Ruttpunkt	2
1.1.5	Uppfångsradie	2
1.1.6	Användbarhet	2
1.2	Bakgrund	3
1.3	Syfte	4
1.4	Problemformulering	4
1.4.1	Avgränsningar	4
2	Teori/Litteratur	5
2.1	Binauralt ljud och HRTF	5
2.2	GPS	6
2.3	Absolut och relativ bäring	6
3	Prototypen	9
3.1	Spatialisering av ljudkällan	9
3.2	Förenklingar	10
3.3	Utvecklingsstudie	10
4	Metod	13
4.1	Utforming av rutten	13
4.2	Studiens utformning	15
4.3	Enkätens utformning	15
4.4	Urval av testdeltagare	15
5	Resultat	17
5.1	Resultat av navigering	17
5.2	Allmän användarupplevelse	18
5.3	Användbarhet	19
5.4	Ruttpunktsbyten	22

5.5	GPS-fel	23
6	Analys / Diskussion	25
6.1	Generellt	25
6.2	Fördelar	26
6.3	Nackdelar	26
6.4	GPS-fel	26
6.5	Placering av ruttpunkter	27
6.6	Metodkritik	27
7	Slutsats	29
	Litteraturförteckning	31
	Bilagor	32
A	Bilaga A	33
B	Bilaga B	35

Kapitel 1

Inledning

I detta avsnitt redogörs för de observationer som lett fram till denna undersökning samt undersökningens syfte, frågeställning och förklaringar av specifika uttryck som används i uppsatsen.

Moderna kartapplikationer har blivit allt mer avancerade och tillgängliga, något som lett till att personer med tillgång till en internetuppkopplad smartphone med GPS har bra möjligheter till att navigera till valfri plats i världen. Det enda kravet är att personen i fråga har välfungerande syn samt viss teknikvana.

Informationen kommuniceras idag främst via visuella medel, såsom en karta där användarens position samt förslagna navigering visas med ett grafiskt interface. Användaren behöver inte själv veta vart den befinner sig då moderna smartphones med hjälp av GPS kan ta reda på detta med en precision av några få meter.

Samtidigt som företag som Google och Apple jobbar för att kartlägga världen och tillhandahålla navigeringstjänster gratis till sina användare, så har det inom den akademiska världen gjorts flera studier på hur navigeringsdatan kan förmedlas till användaren på ett annat sätt än via ett grafiskt interface. Huvudområdena är framförallt via vibrotaktil samt audiell feedback. Denna studie är inriktad på det senare området och målet är att undersöka hur väl den senaste forskningen kan omsättas i en modern smartphone utan tillgång till någon extern hårdvara.

Avsikten är att helt eliminera den visuella feedbacken och med hjälp av spatialiserat ljud guida användaren via så kallade ruttpunkter samt att göra detta tillgängligt för alla med en smartphone.

1.1 Begreppsdefinitioner

Här definieras de centrala begreppen för denna uppsats

1.1.1 Sonifiering

Sonifiering är att använda sig av ickeverbalt ljud för att förmedla information. (Kramer et al., 2010)

1.1.2 Spatiala ljud

Spatiala ljud är ljud i som upplevs härstamma från en plats i det tredimensionella rummet. Spatiala ljud ställer alltid krav på hur de spelas upp, och även om lösningar för hifi-anläggningar finns så kommer vi i denna undersökning enbart att använda oss av stereo-ljud som spelas upp i hörlurar.

1.1.3 Modern smarttelefon

Modern smarttelefon innebär i denna studie att telefonen utöver funktionerna för en vanlig smarttelefon (tangentbord, operativsystem, installera programvara och så vidare) även har hårdvara för rörelsesensor, kompass och GPS.

1.1.4 Ruttpunkt

Genom att dela upp en navigering i flera ruttpunkter går det att dirigera användaren från punkt till punkt. En ruttpunkt kan innehålla flera sorters data, men behöver innehålla en GPS-koordinat som motsvarar dess position i latitud och longitud.

1.1.5 Uppfångsradie

Uppfångsradien är radien på den cirkel kring en ruttpunkt vid vilken användaren anses vara framme vid ruttpunkten. Denna parameter behöver vara väl avvägd. Är den för liten finns det en risk att användaren går förbi ruttpunkten och då behöver vända om för att registrera att den nått sitt mål. Om uppfångsradien är för stor blir problemet istället att navigeringen tappar precision (Walker and Lindsay, 2004).

1.1.6 Användbarhet

Användbarhet definieras enligt ISO-normen 9241-11 som följande:

Den grad i vilken användare i ett givet sammanhang kan bruka en produkt för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och för användaren tillfredsställande sätt.

För att testa användbarhet kan det göras användartester och studera användarens reaktioner, tid för att klara uppgift, antal "fel" gjorda (Dumas and Redish, 1999). Detta innebär också test av en uppfattad användarupplevelse.

1.2 Bakgrund

Här redogör vi för tidigare studier inom området.

Att enbart med hjälp av ljud kommunicera vägbeskrivningar är något som forskats på sedan långt innan smarttelefonen blev en del av varje persons vardag. I början bedrevs forskningen främst med syftet att skapa ett assistansmedel för människor med synnedsättning, vilket ställde höga krav på applikationen då den var tvungen att kommunicera även sådant som människor med fungerande syn kunde upptäcka själva. Att kommunicera de mest vitala delarna för navigering - riktning och avstånd - har det bedrivits mycket forskning på och det finns inom branschen en konsensus kring mer och mindre viktiga parametrarna.

I studien Navigation system for the blind (Loomis et al., 1998) jämfördes olika sätt att förmedla information om den relativa bäringen via ljud. Fyra olika implementationer jämfördes där den tekniken som var mest uppskattad och resulterade i snabbast navigation bestod av enbart spatialiserat ljud. Ljudets riktning och distans användes för att skapa en binaural signal som användaren var tvungen att använda hörlurar för att uppfatta korrekt.

ONTRACK är en prototyp utvecklad av XXX och är en tidig studie att använda sig av förändring av musikstycken för att förmedla information om riktning och avstånd. Resultaten visade på att denna spatialisering av ljudet fungerade bra. I stil med andra användes HRTF. (Jones et al., 2008)

Guided by music undersökte hurvida det genom att förändra uppspelningen av musik är möjligt att guida användare. De implementerade ett system med HRTF. Fungerade bra.

AudioGPS är en tidig prototyp inom området. Prototypen skiljer sig från övriga i att den inte hade någon fast kompass, användarens riktning beräknades alltid av de senaste två rapporterade GPS-punkterna. Prototypen använde sig av en geigerräknare liknande stil för att förmedla avstånd, och ljudet panorerades i stereo för att kommunicera riktning. Studien utfördes redan 2002 och avsaknaden av smartphones ledde till att användarna var tvungna att bära runt på en ryggsäck av utrustning. (Holland et al., 2002)

Utöver ruttnavigering med ruttpunkter har det gjorts tester med "route-navigering" där ljudet istället alltid ligger lite framför för användare att följa. En studie visade att båda teknikerna fungerade relativt lika bra. Route-navigering verkade dock fungera bättre under icke-familjära förhållanden och när det var svårare navigering (Albrecht et al., 2016). Även denna studie använde endast musikstycke som ljudkälla.

gpsTunes, PocketPC med en GPS-addon på PocketPCn. Navigerade med musik där volym och riktning justerades efter vart användaren skulle röra sig.

I undersökningar av där man jämfört verbal förmedling av navigationsdata med sonifiering av densamma är en märkbar effekt att den kognitiva belastningen på användaren blir betydligt lägre vid sonifiering. Detta är som mest märkbart när användaren samtidigt ska utföra en annan uppgift, där användarens kognitiva förmåga (Klatzky et al., 2006)

1.3 Syfte

Syftet med denna undersökning är att undersöka hur väl lämpat ett system för att kommunicera navigationsdata via sonifiering är för användning i verkligheten. Tidigare studier visar att fotgängare som tittar ner i sin smartphone beter sig mer riskfullt och är mindre uppmärksamma på sin omgivning (Nasar et al., 2008). Att kommunicera navigationsdatan via ljud skulle alltså leda till säkrare omständigheter för människor som navigerar.

1.4 Problemformulering

Vi vill i undersöka om det med hjälp av dagens smartphones går att implementera ett användbart system för navigation där all information när användaren i form av spatialt ljud. Problemformuleringen denna rapport utgår från är:

Vilka möjligheter och begränsningar kan finnas med en navigationstjänst baserad på spatial sonifiering av navigationsdatan för en modern smartphone.

Under arbetet kommer vi även utgå från följande frågeställningar:

- Vilka rekommendationer för uppfångsradie av ruttpunkter kan vi ge i detta sammanhang?
- Hur påverkas ruttpunkternas placering möjligheten till effektiv navigering?
- Är användarna efter test av tekniken villiga att fortsätta använda den?

1.4.1 Avgränsningar

- Smartphonen är i denna studie en iPhone 6 med iOS 9.0.
- Deltagarna i studien är alla medieteknikstudenter vid Kungliga Tekniska Högskolan.
- Navigeringen i undersökningen kommer enbart att utföras till fots.

Kapitel 2

Teori/Litteratur

Det här kapitlet redogör för den teoretiska grund som prototypen kommer att byggas kring. Möjligheten att med hjälp av HRTF simulera tredimensionellt ljud samt att navigera med hjälp av ruttpunkter redogörs för.

2.1 Binauralt ljud och HRTF

Människan kan med hjälp av sina två öron bedöma ett ljuds riktning med en noggrannhet av ungefär 2 grader (Bray et al., 1991). Analysering av skillnaderna mellan ljudsignalerna som når de två öronen är vad som ger upphov till detta. Nedan följer en genomgång av de viktigaste parametrarna.

Ljudets frekvens påverkas både av omgivningen men framförallt av lyssnarens kropp. Överkroppen, huvudet och öronen skapar resonans och bryter ljudet på olika sätt beroende på vilken infallsvinkel det har, något som skapar unika egenskaper på ljudet innan det når våra öron. Till exempel så lågpasfiltreras frekvenser under 1 kHz av ytterörat. På samma sätt så förstärker ytterörat frekvenser över 1 kHzs styrka, beroende på ljudets infallsvinkel varierar denna förstärkning mellan +3/+6 dB.

För att avgöra en ljudkällas position i det horisontella planet är det framförallt fasskillnaden mellan öronen som spelar roll. Med detta menas att ett ljud som kommer direkt från höger kommer att träffa personens högeröra tidigare än det når vänsterörat. Det vertikala planet ger ingen fasskillnad och där är det istället ytterörats filtrering av ljudet som är viktig. Framförallt huvudet, axlarna och bröstet är det som påverkar ljudet (Bray et al., 1991).

En viktig aspekt av binauralt hörande är att det är olika från person till person, alla kroppar och öron är olika formade varje persons hörande är anpassat efter den egna kroppen.

När ljudet är rakt motsatt framför och bakom eller rakt motsatt över och under är det lite svårare att urskilja då både volym och faser är likadana. Detta kom att kallas "the cone of confusion" av vissa (Begault and Trejo, 2000). Då får hjärnan endast förlita sig på de andra filtreringsfunktionerna. Eftersom alla människor är

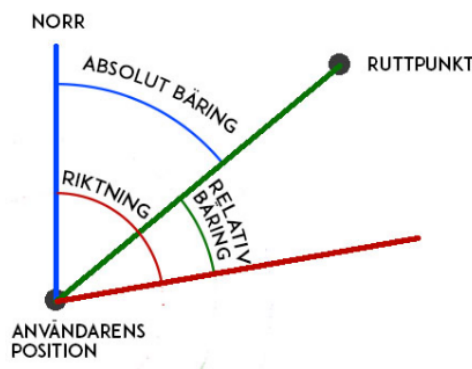
olika har hjärnan tränats att känna igen sina egna individuella filtreringar vilket också gör det svårt för att simulera detta. Det är dock större skillnad på de högre frekvenserna fram och bak då ljudet behöver studsas mer för att nå örat bakifrån, vilket gör att de högre frekvenserna filtreras.

Head Related Transfer Function (HRTF) är en överföringsfunktion som går att applicera på ljud för att efterlikna den spektrala filtrering, tids- och fasskillnader av en ljudkälla som ytterörat och de andra delarna av kroppen åsamkar.

2.2 GPS

GPS är ett system för satellitnavigering där användare med en GPS-mottagare kan bestämma sin position. Positionen bestäms med hjälp av triangulering från 3 satelliter där varje satellit räknar ut avståndet mellan satellit och användare. Med tre olika avstånd kan position bestämmas och nämns i longitud (breddgrader) och latitud (längdgrad) (Kaplan and Hegarty, 2005). Altitud kan också bestämmas med en fjärde satellit men används inte i denna studie.

2.3 Absolut och relativ bäring



Figur 2.1: Bärning

Bärning är ett vinkelmått och har i denna uppsats två innebörder. Den absoluta bärningen är vinkeln från användaren, relativt norr, till en målpunkt. Den absoluta bärningen påverkas inte av användarens kurs eller riktning och antar ett värde mellan 0 och 360 grader.

Den relativa bärningen tar hänsyn till användarens kurs relativt norr och anger den vinkel som användaren måste rotera för att ha en kurs rakt mot målet.

Med hjälp av två positioner med varsin lat- och longitud kan absolut bäring från en position till den andra räknas ut. Den kortaste distansen mellan två koordinater blir här inte en rak linje utan en båge eftersom jorden är en sfär. Därför måste följande funktion användas:

2.3. ABSOLUT OCH RELATIV BÄRING

$$\theta = \text{atan2}(\sin(\Delta lon) \cdot \cos(lat_2), \cos(lat_1) \cdot \sin(lat_2) - \sin(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \cos(\Delta lon))$$

Figur 2.2: Beräkna bäring från punkt 1 till punkt 2

Kapitel 3

Prototypen

Baserat på teorin utvecklades en prototyp för att användas under undersökningen. Prototypen skapades i utvecklingsmiljön Xcode med programmeringsspråket Swift 2, för att användas på en iPhone/iOS. För att det spatialiserade ljudet ska fungera krävs att användaren använder hörlurar.

Prototypen tar emot en lista på GPS-koordinater och skapar utifrån dessa en rutt. När användaren startar navigeringen längst rutten identifieras användarens position samt riktning, varpå prototypen beräknar avstånd samt relativ bäring till den aktiva ruttpunkten. Dessa värden används sedan för att spatialisera ljudkällan.

När användaren är tillräckligt nära ruttpunkten signalerar prototypen ruttpunktsbytet genom att spela upp ett pling-ljud och därefter byta den aktiva ruttpunkten till nästa i listan. Detta upprepas tills det inte finns några ruttpunkter kvar på rutten.

3.1 Spatialisering av ljudkällan

AVFoundation är Apples grundläggande ramverk för att processera ljud och bild. Det ger utvecklaren tillgång till klasser för att interagera med ljud via så kallade noder och dela upp funktionaliteten i logiska bitar. För att spatialisera ljudet skapades en spelarnod samt en omgivningsnod. Spelarnoden är ansvarig för att spela upp ljudet, som behöver vara i mono för att senare kunna spatialiseras.

Omgivningsnoden förväntar sig att bli ihopkopplad med en spelarnod och om denna spelarnod skickar in en mono-signal kan den spatialisera ljudet. Spatialiseringen skapas genom att spelarnoden samt omgivningsnoden tilldelas en plats i ett högerortienterat tredimensionellt kartesiskt koordinatsystem. Enhetslängden är en verklig meter vilket lämpar sig väl för prototypen. Omgivningsnoden kan även tilldelas en orientering i yaw, pitch och roll för den implicita lyssnaren (som är användaren).

Vid användning för spatialisering av ljud använde vi oss av ramverkets inbyggda HRTF-algoritm. Den förväntar sig att positionen för spelarnoden och omgivningsnoden tillsammans med omgivningsnodens orientering är definierad.

För att undvika allt för komplicerade algoritmer i ljud-klasserna tilldelades omgivningsnoden (lyssnaren) positionen (0,0,0) i det simulerade koordinatsystemet och spelarnoden platsen (0, 5, -z) där -z betyder avståndet “rakt fram” från omgivningsnoden. 5:an betyder att punkten befinner sig 5 meter upp i luften. Anledningen till att spelarnoden befinner sig 5 meter upp i luften är för att detta gör det enklare att avgöra hur nära användaren befinner sig. För att simulera ljudkällans riktning roterades omgivningsnoden genom att hela tiden uppdatera dess yaw-värde (implicita lyssnarens rotering) till den relativa bäringen. Relativa bäringen beräknas utifrån telefonens riktning (som är användarens riktning) varje gång telefonens hårdvara uppdaterar riktningen och avståndet till spelarnoden beräknas genom GPS-datan av användarens position och ruttpunktens position.

På grund av som tidigare nämnt att det kan vara svårt att skilja på ljud framför eller bakom implementerades en “obstruction” (ljudet går inte rakt till örat, utan måste gå runt ett hinder. I detta fallet måste det gå runt själva örat) när ljudet ligger bakom användaren. Denna obstruktion verkar som ett lågpassfilter.

Ljudkällan valdes till musikstycket Walk On The Wild Side med Lou Reed. Låten är dynamisk och utan några tysta partier, något som studien ONTRACK rekommenderat. Ljudfilen som ursprungligen var i stereo gjordes om till mono i programmet Audacity och sattes i prototypen på upprepande spelning.

3.2 Förenklingar

Hårdvaran i iPhone 6 uppdaterar med den mest batterikrävande inställningen GPS-position en gång per sekund. Prototypen har inte utvecklats med någon algoritm för väg-följande, utan utgår från den senast rapporterade positionen. Uppdateringsfrekvensen är enligt utvecklingsstudien tillräckligt hög för att ljudet inte ska upplevas som ryckigt

För att kunna uppdatera telefonens riktning förväntas applikationer först specificera vilken orientering telefonen kommer att användas i. Prototypen använder sig av porträtt-läget vilket innebär att vektorn för att beräkna riktningen går vertikalt längst med iPhones långsida. Den inbyggda kompassen har hög precision och rapporterar direkt den känner av en ändring. Prototypen är utvecklad med ett filter på 1 grad, vilket betyder att riktningen bara rapporteras som uppdaterad om skillnaden från den senast rapporterade riktningen är mer än 1 grad.

Om ljudet befinner sig bakom användaren har ett filter implementerats med avsikt att göra det enklare för användaren att uppmärksamma detta. AVFoundation ger tillgång till ett filter kallat obstruction, detta simulerar en bortfiltrering av det direkta ljudet från spelarnoden.

3.3 Utvecklingsstudie

Under slutfasen av prototypens utveckling utfördes en utvecklingsstudie med avsikt att kalibrera vissa parametrar. Detta gjordes iterativt med kontinuerlig utvärdering

3.3. UTVECKLINGSSTUDIE

av oss för att hitta värden som var bäst lämpade för det tilltänkta utvärderingsområdet. De parametrar som bestämdes under utvecklingsstudien var uppfångsradien, vilket avstånd ljudet skulle sluta försvagas samt filter för ljud bakom.

Utvecklingsstudien gick till så att en av oss skapade en påhittad rutt i området där testrutten senare skulle läggas varpå den andra testade rutten utan att veta om dess utformning. Sedan diskuterades de eventuella svårigheter och kalibrerade värdena därefter.

Efter utvecklingsstudien bestämdes uppfångsradien till 15 meter. Detta var det avstånd vid vilken navigeringen kändes naturlig. Vid mindre uppfångsradien var vi ofta tvungna att stanna och vänta in att GPS:en skulle rapportera en korrekt position. Då uppfångsradien är mindre ökar sannolikheten att felaktiga positioner är utanför uppfångsarean. Målet var att göra uppfångsradien så liten som möjligt, då detta möjliggör mer precis navigering.

Ljudstyrkans referensavstånd fastställdes i stil med uppfångsradien till 15 meter, vilket betyder att ljudet vid detta avstånd har maximal styrka. Styrkan avtar sedan linjärt tills användaren befinner sig på 200 meters avstånd, där ljudstyrkan är 0.4 av den maximala. Ett längre avstånd än detta påverkar inte ljudets styrka.

Kapitel 4

Metod

För att kunna utvärdera möjligheterna och begränsningarna med ett system för navigering baserad på spatialiserat ljud utfördes observerade användartester med en prototyp samt en uppföljande enkät. Testet utfördes enskilt av deltagarna.

Fältstudier innebär att det är svårt att testa specifika hypoteser och variabler. Det leder till att det kan vara problematiskt att finna orsaker för beteende eller problemen med det som testat. Det går däremot att se hur användare använder produkten och hur de reagerar på den. (Rogers et al., 2011)

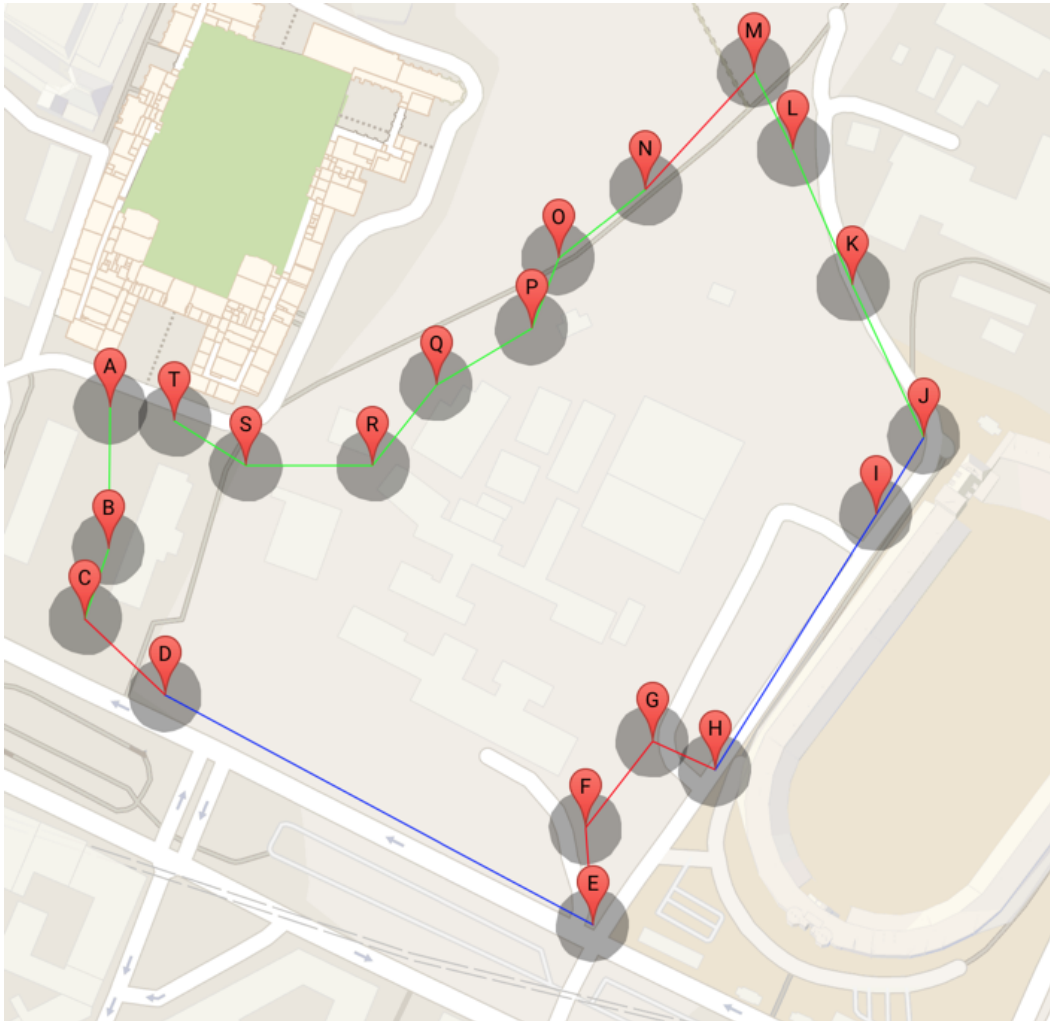
I prototypen skapades en rutt bestående av cirka 30 ruttpunkter. Dessa ruttpunkter läggs i ordning och prototypen använder sig av telefonens hårdvara för att hämta användarens position och riktning för att räkna ut den relativa bäringen samt avståndet till nästa ruttpunkt. Dessa värden används för att filtrera ljudkällan så att användaren uppfattar ljudet att komma ifrån ruttpunktens position.

4.1 Utforming av rutten

Rutten lades runt Sophiahemmet för att det fungerade bra med att ha starten i utkanten av KTH:s campus, något som skulle göra det enklare för testdeltagarna. Sophiahemmet är även ett lugnt område med få bilar och med relativt lite folk i rörelse. Alternativet hade varit att navigera runt Östermalm, men detta förslag förkastades eftersom en för stor sannolikhet för oberäkneliga/oförutsedda variabler skulle kunna ha en för stor påverkan av resultaten. Mängden byggnader skulle också kunna inverka negativt på GPS:ens precision för mycket.

Vid utformningen av rutten låg fokus på att täcka så många av de möjliga navigationssituationerna som möjligt en viktig faktor. Sekundärt fokus var att göra rutten så verklighetsbaserad som möjligt, trots att start och slutpunkten skulle vara i samma område.

4.1.1 Navigeringskategorier Långa raksträckor är i figuren markerade med blått och utmärker sig genom att avståndet mellan ruttpunkterna är långt och att det är en raksträcka Rutten innehåller två partier med dessa: D-E är utformad för att innehålla så få ruttpunkter som möjligt. HIJ där undersökningen istället är



Figur 4.1: Rutten

utformad för att ge testdeltagaren feedback när den nått punkt I, trots att den efter det ska fortsätta i samma riktning som den kom ifrån.

Svaga svängar är i figuren markerat med grönt och det är här tre partier av dessa. ABC

Dela in i kategorier. Raksträcka / hårda svängar / svaga svängar. Nära eller långt mellan ruttpunkterna. Dessa är figuren markerade med rött och undersöker hur prototypen lyckas med att guida testdeltagaren till att göra skarpa svängar. I samtliga fall finns det även visuell feedback i omgivningen som kan komma att guida testdeltagaren. Det finns tre partier.

CD, EFGH samt MN.

CD samt FGH kräver alla att användaren svänger i närheten av 45 grader, medans EF samt NM båda kräver att användaren svänger mer än 45 grader och

4.2. STUDIENS UTFORMNING

alltså byter riktning helt.

4.2 Studiens utformning

Testdeltagaren blev först tilldelade ett papper med instruktioner för undersökningen, som även innehöll ett användningstips för prototypen baserat på ett observerat framgångsrikt beteende i ONTRACK-studien (Jones et al., 2008).

Testdeltagaren tilldelades efter detta prototypen med en uppvärmningsrutt aktiverad. Denna rutt bestod av två ruttpunkter placerade i närheten av studiens startplats.

När testdeltagaren slutfört testet av prototypen ändrades rutten till den för undersökningen avsedda och loggningen aktiverades. Testledaren förklarade testet inlett och observerade genom att följa i deltagarens spår med ett avstånd på cirka 20 meter. Förutom att observera testdeltagarens position och rörelse så hade testledaren möjlighet att avbryta testet om testdeltagaren under en minut inte rört sig närmare ruttpunkten.

Efter avklarat eller avbrutet test fick testdeltagaren fylla i en utvärderingsenkät på en dator i lokalen där undersökningen inleddes, samtidigt som testledaren ritade rutten som deltagaren gått på en karta samt antecknade eventuella händelser under testet. Inga diskussioner fördes med deltagaren innan denne kunde fylla i enkäten, detta för att inte påverka svaren.

4.3 Enkätens utformning

För att svara på studiens problemformulering och arbetsfrågor samt försöka mäta användarupplevelse och användbarhet togs en enkät fram. Enkäten använde både stängda kvantitativa semantiska skalor och öppnare kvalitativa kommentarer. Semantiska skalor är en skala mellan två polära attityder. Detta användes för att få en allmän överskådning om prototypen var användbar inom de frågor som ställs i denna studie och om upplevelsen var god för användarna så att de är benägna att använda tekniken. De utförliga kommentarerna användes för att samla mer information om vad de gillade och inte gillade, intressanta situationer och fel, och tankar om själva produkten. (Rogers et al., 2011)

4.4 Urval av testdeltagare

Alla de tretton testdeltagarna är studenter från det Medietekniska programmet vid Kungliga Tekniska Högskolan vid campus Valhallavägen i Stockholm. Åldersspannet var 19 till 27 år och de anses på grund av sin utbildning ha hög teknisk kompetens. Samtliga testdeltagare blev tilldelade att delta i denna undersökning som en del av sin utbildning via kursen Programintegrerande kurs i medieteknik.

De kontaktades via mail med en länk för att välja en tid för undersökningen, där antalet tillgängliga tider var tre gånger så stort som antalet tilldelade testdeltagare.

KAPITEL 4. METOD

Detta med avsikten att alla testdeltagare skulle kunna hitta en passande tid och därmed inte känna någon stress under undersökningen, vars tidsåtgång varierar mellan deltagarna.

Kapitel 5

Resultat

Undersökningen pågick under två veckodagar. Vädret var båda dagarna halvklart och temperaturen var likadan.

Testdeltagare sex har strukits från resultatet på grund av att denne missuppfattat skalorna och frågorna i enkäten och därför har svar som signifikant skiljer sig från resten. Mer om detta i metodkritiken.

Av de tolv testdeltagarna var det sju som framgångsrikt navigerade hela rutten. Fyra av dessa hade en eller fler gånger problem att hitta en ruttpunkt. Medans de tre resterande hela tiden höll sig till den avsedda vägen.

Av de fem testdeltagarna som inte navigerade hela rutten fick en avbryta innan ruttpunkt M på grund av problem med GPS. Samtliga andra av det avbrutna fick avbryta testet innan ruttpunkt Q eftersom de fastnat på fel sida av ett staket.

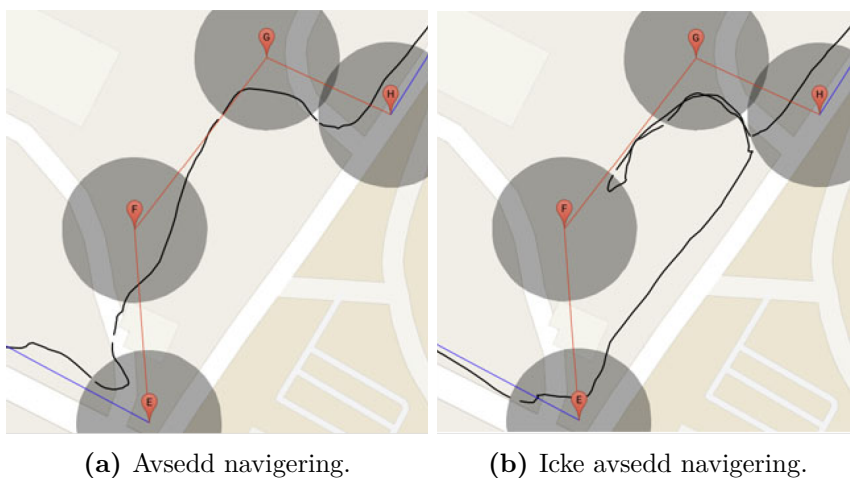
5.1 Resultat av navigering

Ruttpunkt	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Nådde via avsedd väg	11	11	11	12	8	12	12	12	12	12	12	10	11	11	10	4	6	7	7
Nådde via ej avsedd väg	1	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	1	0	0
Testet avbröts	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0

Tabell 5.1: Resultat utifrån varje enskild ruttpunkt

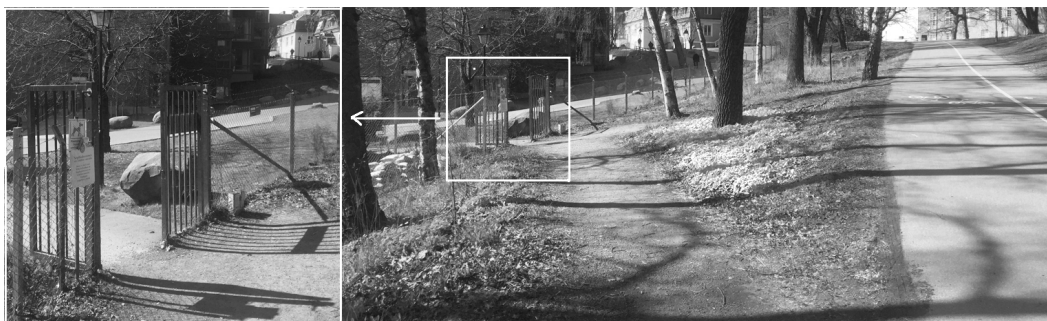
Tabell 1 visar för varje ruttpunkt vilken mängd testdeltagare som nådde den och på vilket sätt. Rutten är uppdelad i en delrutt för varje ny ruttpunkt. "Nådde via avsedd väg" betyder att testdeltagaren tog den kortast möjliga vägen till nästa ruttpunkt. "Nådde via ej avsedd väg" innebär att deltagaren antingen gjorde ett fel i navigeringen så att den var tvungen att gå tillbaka, eller att den fastnat bakom t.ex. ett staket. "Testet avbröts" betyder att testledaren i enlighet med metoden beslutade att avbryta testet eftersom användaren kommit allt för långt bort från den avsedda rutten.

Figur 5.1b är ett exempel på navigering som klassificeras som ej avsedd. Testdeltagaren har missat att göra en skarp sväng vänster när den nått ruttpunkt E



Figur 5.1: Exempel på typer av navigering.

och sedan tagit en omväg på grund av att den hamnat på fel sida av ett staket. Samtliga fyra testdeltagare som nått ruttpunkt F via en ej avsedd väg har navigerat på ett liknande sätt.



Figur 5.2: Bild tagen från ruttpunkt O i riktning mot ruttpunkt Q. Ruttpunkt P befinner sig precis bakom grinden som visas förstörd till vänster.

Fig. Y.3. visar en deltagare vars test avbrutits efter att den missat en viktig del av navigationen. Navigationen från ruttpunkt P till ruttpunkt Q var den delrutt där flest användare var tvungna att avbryta testet eller navigerade på ett icke avsett sätt. Figur Y.2. är typiskt för de användare som klarat navigationen men begått ett misstag. Figur Y.3. är typisk för de användare som vars test avbrutits.

5.2 Allmän användarupplevelse

På enkätfrågan “Hur var den generella upplevelsen?” som besvarades på en tiogradig skala där 1 motsvarade “mycket dålig” och 10 motsvarade “mycket god” svarade

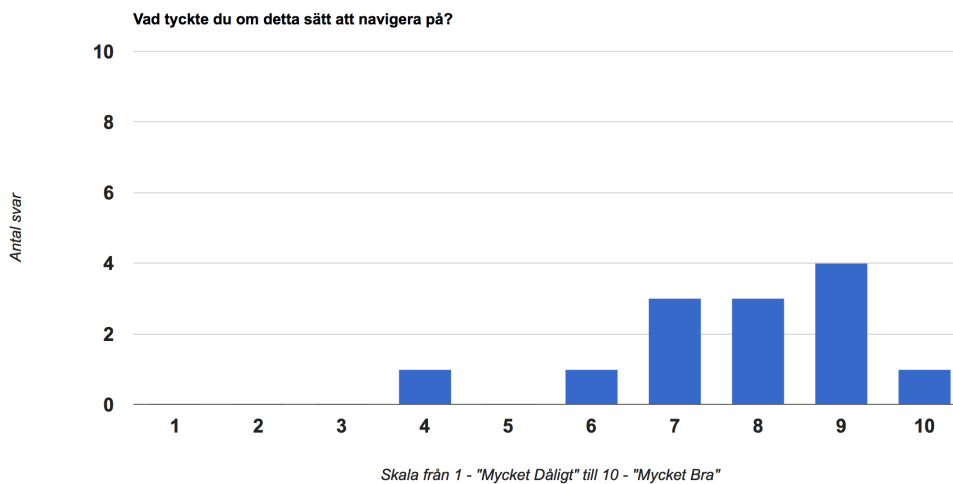
5.2. ALLMÄN ANVÄNDARUPPLEVELSE



Figur 5.3: Exempel på navigering kring OPQR.

alla deltagare inom betyget 8-10 där medelbetyget var 8,42 (standardavvikelse 0,67), medianen 8 och typvärdet 8.

Enkätfrågan “Vad tyckte du om detta sätt att navigera på?”, besvarades enligt figur x där medelbetyg var 7,75 (standardavvikelse 1,66), medianen 8 och typvärdet 9.



Figur 5.4: Vad tyckte du om detta sätt att navigera på?

Kommentarerna från deltagarna visade att de flesta var positiva till denna metoden. Många var positivt överraskade över att det funkade bra samt tyckte det var roligt och spännande att testa ny teknik. Två nämner att det var praktiskt om man ändå lyssnar på musik samtidigt. Tre stycken nämner explicit det positiva med att man inte behöver titta på en skärm, medan en deltagare skriver att han var för

koncentrerad på hörseln för att vara uppmärksam på omgivningen. Deltagare 9 tyckte att det fungerade men att det inte var “super praktiskt” [sic]. Svar inkluderar också att det var ovant men att man lärde sig som Deltagare 12 skriver:

“Efter ett tag när man lärt sig kunde man slappna av och gå utan att tänka på att man går åt rätt håll.” -Deltagare 12

5.3 Användbarhet

Alla deltagare svarade “Ja” på att de kände sig säkra på var det skulle gå under navigeringen. Kommentarer och observationerna visade dock att vissa osäkerheter dök upp under rutten. Många kommentarer handlar om det visuella. De hörde och förstod vilken riktning ljudet kom ifrån men de var osäkra på om de fick gå där. Några få fall försökte de följa ljudet för exakt, vilket testledarna också såg under deras observation; de gick i skogen bredvid gångvägen och i några få fall försökte de i början av rutten gå rakt igenom hinder istället för att gå runt eller följa vägar och stigar.

En deltagare tyckte det var enklare när det var längre och raka sträckor i jämförelse till Deltagare 10 som hade svårt att höra rakt fram. Deltagare 8 nämner att det blev osäkert när låten slutade och började om eftersom ljudet blev tyst.

Alla deltagare svarade “Ja” på frågan om de skulle kunna tänka sig att använda denna tekniken. Intervjuszvaren visade också här ett återkommande positivt inställning till att kunna navigera utan att ta upp mobilen eller titta på en karta. De nämner möjliga användningsområden som när man joggar eller navigerar i urbana miljöer där det är mer saker att hålla reda på. Deltagare 8 lyssnar ofta på musik när denne navigerar och tycker det skulle kunna vara ett bra sätt att navigera på. Deltagare 13 tror att det skulle passa bättre i öppnare områden ifall vad man hör inte överensstämmer med vad man ser. Två deltagare hade inte samma åsikter som de andra; Deltagare 7 skulle inte använda detta till just navigering och Deltagare 9 hade endast använt detta om karta absolut inte var tillgänglig.

“Jag tänker att det beror på i vilken situation jag ska navigera. Ska jag nånstans och har bråttom skulle jag nog vilja se vägen i förväg. Om jag tex hade navigerat genom en ny plats för att upptäcka platsen hade jag väldigt gärna använt detta sätt. Jag skulle dock verkligen kunna tänka mig det här sättet i kombination med karta, så att jag kan titta på kartan om jag känner mig osäker.” -Deltagare 10

På frågan “Var detta ett effektivt sätt att navigera på? Jämför med karta till exempel.” deltagarna:

De flesta som svarade “Övrigt” var positivt inställda men några få var mer splittrade. Några nackdelar som togs upp var att inte få en överblick över hela rutten eller veta hur nästa ruttpunkt ligger och att man kanske inte har hörlurar på sig i alla situationer. Deltagare 10 nämner att det kanske inte är effektivt om

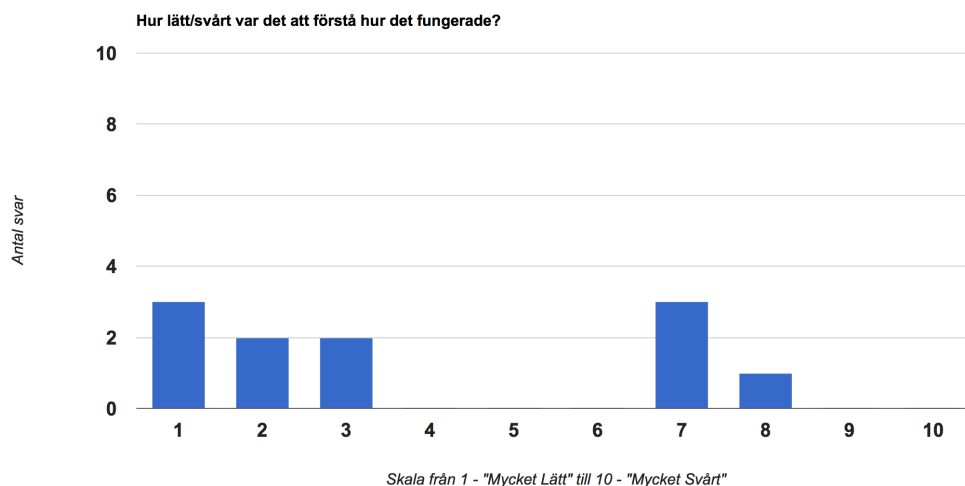
5.3. ANVÄNDBARHET

Svar	Antal svar
Ja	4
Nej	2
Övrigt/Kommentarer	6

Tabell 5.2: Var detta ett effektivt sätt att navigera på?

man har bråttom då det är lättare att få en snabb överblick på rutten om man har en karta. Deltagare 4 är inne på samma spår:

“Med karta kan det vara svårt att veta vilket håll man går på en väg, dock kan karta ge en överblick av hela vägen vilket detta inte kan.”
-Deltagare 4



Figur 5.5: Hur lätt/svårt var det att förstå hur det fungerade?

På frågan “Hur lätt/svårt var det att förstå hur det fungerade? (Varför?)” svarade de allra flesta att det var lätt att lära sig och förstå hur det fungerade. Tre stycken svarar att de hade lite svårt att förstå i början men att de sedan lärde sig. En deltagare nämner att det var lätt att höra vart man skulle gå men att det var svårt att höra om man gick åt rätt håll. Testledarnas observationer överensstämmer med denna data.

Enligt svaren från frågan “Hur lätt/svårt var det att lokalisera ljudet? (Förklara varför?)” hade de flesta deltagarna inga större problem med att lokalisera ljudet. De flesta använder ordet “lätt” i kommentarer även om några hade lite svårare i början så lärde de sig efter ett tag. Några kommentarer nämner de olika ljudnivåerna på musiken i prototypen som ett litet problem för att de inte hörde då ljudet var lågt. En deltagare kommenterade också om att övriga ljud gjorde det svårt ibland. Att



Figur 5.6: Hur lätt/svårt var det att lokalisera ljudet?

rotera mobilen för att snabbare lokalisera nämndes av två deltagare som en lätt metod för att lokalisera sig på och en utav de två kommenterade även hur viktigt det är att det inte har en fördröjning när man snurrar. Bara en deltagare hade problem med att höra avstånd och bara en deltagare nämnde att det var svårt att höra skillnad på rakt fram och rakt bakåt såsom det är lätt att skilja höger och vänster.

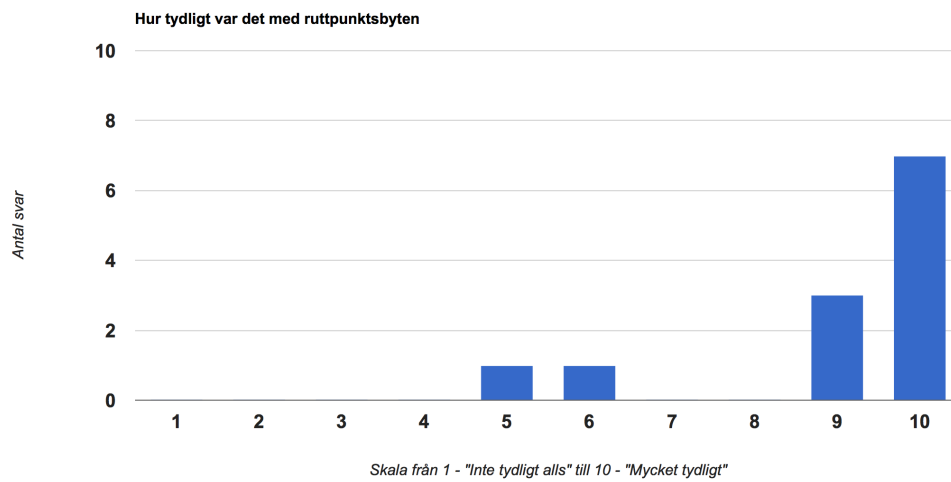
“Övriga ljud gjorde det lite svårt ibland, samt när låten tog slut innan den började om var det lite svårt att höra.” - Deltagare 4

5.4 Ruttpunktsbyten

På frågan “Hur tydligt var det med ruttpunktsbyten?” var det överväldigande viktat mot att det var tydligt och lätt. Majoriteten svarade med en 10 eller 9 på en skala på hur tydligt det var från “Inte alls tydligt” till “Mycket tydligt”. I de följande kommenteraren nämner flera att det var en tydlig signal och att man tydligt hörde att ljudet kom från en ny plats. Två deltagare hade lite svårare i början, men en vände sig efter ett tag och den andra som hade svårt menade att det berodde på att musiken sänktes och det hjälpte att roterara på telefonen

Observationer under testerna visade också en viss osäkerhet, speciellt vid vissa ruttpunkter. Bytet mellan ruttpunkt G och H tog de flesta utan att stanna upp medans ruttpunkt P (grinden) gav de flesta huvudbry. Förutom dessa två byten var det varierande under ruttpunktsbytena då de flesta stannade upp när det var ruttpunktsbyte för att omorientera sig. Några få fortsatte utan att stanna upp.

5.5. GPS-FEL



Figur 5.7: Hur tydligt var det med ruttpunktsbyten?

5.5 GPS-fel

Deltagare 10:s undersökning avbröts på grund av att GPS. Testledaren observerade att deltagaren trots att den missat en ruttpunkt fortsatte att gå mycket bestämt åt fel håll. Efter ett tiotal meter stannade deltagaren till och bytte riktning helt, efter vilket deltagaren verbalt uttryckte sina problem med att tyda instruktionerna till testledaren. Testledaren bestämde att avbryta testet.

Kapitel 6

Analys / Diskussion

6.1 Generellt

Med grund i att nästan alla deltagare klarade av att navigera rutten fram till punkt P går det att dra slutsatser om att den i prototypen implementerade tekniken går att använda sig av för navigering. Svagheter med tekniken visar sig när placeringen av ruttpunkterna är bristfällig och när GPS tappas kontakt/noggrannheten.

Alla deltagare som nådde ruttpunkt Q var framgångsrika i den fortsatta navigeringen, vilket tyder på att det

I utvecklingen av prototypen valde författarna att inte lägga mycket vikt på vilket ljud det är som spelas upp, då det enligt tidigare studier inte har någon stor påverkan. Det upptäcktes dock under utveckling att monotoma ljudtoner blev väldigt enformigt och jobbigt för upplevelsen vilket gjorde att en neutral låt valdes. Deltagarnas svar visade att ingen hade någon invändning mot detta vilket i sig kan betyda att det var ett för bra val av musik (förutom att det förekom tystare partier som när låten startade om). Under utvecklingstester märktes det dock att det var svårt att urskilja fram och bak vilket ledde till att ett filter implementerades om ljudet ligger bakom användaren. Det verkar dock inte som att ljudet spelar någon större roll, förutom de aspekterna som deltagarna nämnde. Detta resultatet ligger i samma linje som CYKELSTUDIEN vilket visar att detta skulle kunna vara ett bra sätt att implementera som en passiv navigations-assistans då användarna själva får välja ljudet. Om användarna själva får välja ljud, om de ens vill lyssna på på något med hörlurar, får de mer frihet i att använda detta. De kan även komplementera med karta om de så själva vill. Författarna föreslår då att denna teknik skulle kunna mjukt införas som en extra komplement i dagens navigationstjänster som till exempel Google Maps.

Enligt resultaten var det inga stora problem för användarna att höra vilken riktning ljudet kom ifrån.

Prototypen som användes i undersökningen använde positions-data och riktning från en handhållen smarttelefon vilket betyder att användaren hörde ljudet i relation till hur de höll mobilen och hur den var riktad. Testledarna förklarade hur detta

fungerade och gav tips till om hur man kunde använda det på bäst sätt och inte bli förvirrad. Att ljudet inte följer det egna huvudets rotation är såklart inte naturligt vilket kan förklara en liten inlärningströskel. I framtiden ser vi att det kommer smarta hörlurar med motion-sensor/GPS/kompass vilket kan göra denna tekniken ännu mer naturlig och användbar.

ONTRACK (Jones et al., 2008) hade liknande resultat. När allting fungerade som det skulle tyckte användarna om det.

6.2 Fördelar

Det som flest deltagare kommenterat är möjligheten till att inte behöva titta på en skärm för att navigera, något som både i tidigare undersökningar och som antyds av deltagarna skulle göra användarna mer uppmärksamma på sin omgivning. Även om en deltagare uttrycker att den varit väldigt fokuserad på ljudet så är det för dem som har möjlighet en stor möjlighet..

Slipper använda extra hårdvara

Kan använda sig av vilken ljudkälla som helst.

De flesta positiva till att använda denna teknik i fortsättningen.

Inga problem att lokalisera ljudet.

Inga jätteproblem att förstå hur det fungerar,

6.3 Nackdelar

Måste ha hörlurar.

Det är mobilen, inte huvudet som bestämmer riktningen. Inte naturligt.

GPS inte alltid tillförlitligt.

6.4 GPS-fel

Detta upptäcktes även under utvecklingstester. Om det är mycket obstruktioner som höga träd eller byggnader påverkar detta GPS-noggrannheten. Eftersom ljudet är så exakt mot positionen kan det ställa till bekymmer i till exempel skog eller bredvid höga byggnader. Assisted GPS som används i moderna smartphones ser till att positionen ofta har hög noggrannhet men en "fail-safe" krävs förmodligen. Där ser författarna ett problem som behöver lösas genom bättre hårdvara, tekniker eller algoritmer. Ett förslag är att använda predictive(?). När användare följer en rutt och GPS:en tappar noggrannhet kan programvaran "anta" att användaren fortfarande följer rutten i samma takt.

Om användarens rapporterade GPS-position inte stämmer med verkligheten blir navigeringen felaktig utan att användaren har någon möjlighet att dubbelkolla sin position.

6.5. PLACERING AV RUTTPUNKTER

Om användaren missförstår riktningen de ska navigera uppstår det problem med att dynamiskt guida dom rätt. Detta är dock mer ett problem med implementationen än med själva tekniken

6.5 Placering av ruttpunkter

De två delar av rutten som flest testdeltagare upplevde problem med var från ruttpunkt E till ruttpunkt F samt mellan ruttpunkterna O, P och Q.

Resultatet och testledarnas observationer indikerar att anledningen till svårigheterna med navigationen till ruttpunkt O beror på att ruttpunktsplaceringen var undermålig. När deltagarna nått ruttpunkt O var det ingen som hade problem med att nå ruttpunkt P. Ruttpunkt P var placerad bakom en grind som det var tänkt att testdeltagaren skulle gå igenom. Indikationen om att användaren nått ruttpunkt P kom dock innan testdeltagaren nått fram till eller gått igenom grinden. Detta beror på uppfångsradien på 15 meter och borde ha kompensrats för genom att lägga ruttpunkten längre in bakom grinden, så att ytterkanten av dess uppfångsradietangerade grindens öppning.

Något som vidare styrker detta argument med att ruttpunkt P var undermåligt placerad är att av de som gick igenom grinden klarade samtliga resten av rutten.

För att motverka problemen som uppstod vid grinden finns det flera lösningar. Uppfångsradiusen och placering av ruttpunkter är två möjliga variabler där det finns möjligheter för justering. När det är små svängar och många byten av punkter skulle en mindre uppfångsradiet kunna vara en lösning. När uppfångsradien är låg kräver det dock mer precis placering av ruttpunkten. Placeringen av punkten bakom grinden hade också kunnat vara längre bak med bibehållen uppfångsradiet. Detta kan dock leda till förvirring om det även är en karta implementerad. Möjligen hade route-navigering fungerat bättre för att navigera genom detta parti. Detta ligger i linje med en tidigare studie där en slutsats var att route-navigering fungerar bättre på icke-familiär miljö och svårare partier (Albrecht et al., 2016) men att båda metoder fungerade lika bra.

6.6 Metodkritik

När man mäter användarupplevelse kan den styras av variabler som inte togs i beaktning i denna undersökningen som till exempel miljö, väder och val av musik. Denna studien använde ett musikstycke som författarna valde ut. Uteblivna kommentarer och svar utifrån musikvalen verkar det inte ha påverkat resultaten mot det negativ upplevelse, men kan däremot ha påverkat det mot positiv upplevelse.

Formulärets utformning var inte helt genomtänkt. Vissa frågor hade dåliga svarsalternativ. Frågan "Var detta ett effektivt sätt..." var alternativen endast Ja, Nej eller Övrigt vilket ledde till om man svarade Ja eller Nej kunde de inte kommentera svaret. Då det var två som svarade Nej går det nu inte att veta varför de svarade

“Nej”. Skalorna var inte heller konsistenta med vilket nummer som var bra eller dåligt.

Några följde ljudet för exakt och använde inte tekniken som en navigationsassistent. Våra instruktioner innehöll denna uppmaning, att inte försöka följa visuella ledtrådar. Testledarna var noga med att förklara att inte se någon prestige eller tävling i testet. Många deltagare verkade dock ta det lite för seriöst och försökte verkligen ‘lyckas’ bra.

Enkäten svarades på direkt efter utfört test. Deltagarna hade innan testet inte fått någon information innan om vad de exakt skulle göra vilket förmodligen gav dem väldigt neutrala förväntningar, vilket låter bra i grunden. Svaren på enkäten visade att testet kanske överträffade deras förväntningar och genom att svara på frågor så tätt inpå kanske påverkade deras svar mot det mer positiva.

Enkäten frågade om hur lätt det var att förstå/lära sig. Men under undersökningen hade vi en uppvärmingsrutt och ett användartips för att de skulle lära sig.

Låg validitet, men ändå ett acceptabelt antal testdeltagare för att få svar på hur användare reagerar på prototypen.

Kapitel 7

Slutsats

En tekniskt enkel implementation av ett system för navigering med hjälp av spatialt sonifierat ljud gav goda resultat för navigering längst en bana utformad för att testa olika navigationssituationer. Tekniken lämpar sig väl för användare som har nytta av att ha sina händer samt visuella sinne befriat. Det kräver att användaren använder sig av hörlurar, men valet av ljudkälla är upp till användaren själv, där denna undersökning visat att musik är dugligt.

Snäv navigering med hinder ställer krav på att uppfångsradie och placering av ruttpunkter är finjusterade. Route-navigering kanske bättre möjlighet inom denna aspekten.

Det var 12 deltagare med i studien. Det är en acceptabel siffra för att testa användares behaviour och reaktioner på tjänsten, men inte nog för att ge några definitiva svar.

Svagheter med systemet är att det är väldigt känsligt mot felaktig positionsdata. Användaren kan inte själv försäkra sig om att systemet utgår från dess riktiga position, vilket gör det systemet svårt att lita på.

Prototypen fungerar relativt bra med tanke på hårdvaran och begränsningarna, vissa förbättringar kan göras och hjälpande algoritmer kan skrivas. Testet visar det finns en vilja att använda tekniken och användare ser positivt på att inte behöva använda skärmen. Som tidigare studier verkar det inte spela någon större roll om vilket ljud man egentligen använder förutom att det inte är för låg ljudnivå eller för låga ljudsegment under ljudklippet. Ser inga problem med att användare får använda sitt egna ljud.

Litteraturförteckning

Robert Albrecht, Riitta Väänänen, and Tapio Lokki. Guided by music: pedestrian and cyclist navigation with route and beacon guidance. *Personal and Ubiquitous Computing*, 20(1):121–145, 2016. ISSN 1617-4917. doi: 10.1007/s00779-016-0906-z. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-016-0906-z>.

Durand R Begault and Leonard J Trejo. 3-D sound for virtual reality and multimedia. 2000.

W Bray, M D Burkhard, K Genuit, and H W Gierlich. Development and Use of Binaural Measurement Technique. In *Proc. Noise-Con*, sep 1991. URL <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=5743>.

Joseph S Dumas and Janice C Redish. *A practical guide to usability testing*, volume Rev. ed. 1999. ISBN 1841500208.

Simon Holland, David R Morse, and Henrik Gedenryd. AudioGPS: Spatial Audio Navigation with a Minimal Attention Interface. *Personal and Ubiquitous* Holland, S., Morse, D. R., & Gedenryd, H. (2002). *AudioGPS: Spatial Audio Navigation with a Minimal Attention Interface. Personal and Ubiquitous Computing*, 6(4), 253–259. <http://doi.org/10.1007/s007790200025> *Computing*, 6(4):253–259, 2002. ISSN 1617-4909. doi: 10.1007/s007790200025.

Matt Jones, Steve Jones, Gareth Bradley, Nigel Warren, David Bainbridge, and Geoff Holmes. ONTRACK: Dynamically Adapting Music Playback to Support Navigation. *Personal Ubiquitous Comput.*, 12(7):513–525, 2008. ISSN 1617-4909. doi: 10.1007/s00779-007-0155-2. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-007-0155-2>.

Elliott Kaplan and Christopher Hegarty. *Understanding GPS: principles and applications*. Artech house, 2005. ISBN 1580538959.

Roberta L Klatzky, James R Marston, Nicholas A Giudice, Reginald G Golledge, and Jack M Loomis. Cognitive load of navigating without vision when guided by virtual sound versus spatial language. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 12(4):223, 2006. ISSN 1939-2192.

- Gregory Kramer, Bruce Walker, Terri Bonebright, Perry Cook, John H Flowers, Nadine Miner, and John Neuhoff. Sonification report: Status of the field and research agenda. 2010.
- Jack M Loomis, Reginald G Golledge, and Roberta L Klatzky. Navigation System for the Blind: Auditory Display Modes and Guidance. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(2):193–203, apr 1998. ISSN 1054-7460. doi: 10.1162/105474698565677. URL <http://dx.doi.org/10.1162/105474698565677>.
- Jack Nasar, Peter Hecht, and Richard Wener. Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1):69–75, jan 2008. ISSN 0001-4575. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.04.005>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000145750700070X>.
- Yvonne Rogers, Helen Sharp, and Jenny Preece. Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction (3rd ed). *Lecture Notes in Computer Science including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*, 5623 LNCS:229,230, 2011. URL <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-EHEP001645.html>.
- Bruce N Walker and Jeff Lindsay. Auditory Navigation Performance is Affected by Waypoint Capture Radius. In *ICAD*, 2004.

Bilaga A

Bilaga A

hej

Bilaga B

Bilaga B

hej