

UniKrak 2



Gruppe 1075 - Intelligente Multimedier

Lars Peter Thomsen

7. Juni 2007

AALBORG UNIVERSITET

Synopsis:

Titel: UniKrak 2
Semester: 10. semester,
Intelligente Multimedier
Projektgruppe: 1075
Forfatter: Lars Peter Thomsen
Vejleder: Christian Fischer Pedersen

Oplag: 4
Rapportsider: 77
Appendikssider: 11
Sider totalt: 88
Afsluttet: 7. Juni 2007

Denne rapport omhandler udviklingen af et kortsystem til Aalborg Universitet, der baseres på et eksisterende system som blev udviklet i foråret 2006. Det nye system kan lokalisere brugeren gennem det etablerede trådløse netværk samt gennem det trådede netværk, afhængigt af brugerens valg. Derudover kan brugergrænsefladen bruges til at søge efter personer og lokaler, gemme og hente viden om lokaler og personer i form af bogmærker, samt beregne ruter til angivne destinationer, eventuelt via nogle definerede punkter, og vise dem på et navigerbart kort.

Endvidere er der udviklet et værktøj til redigering af de bagvedliggende grafer, som bruges til ruteberegningen og lokalesøgningen i UniKrak. Værktøjet er henvendt til systemadministratorer, som ønsker at tage UniKrak i anvendelse, og ud fra kort over bygningerne hjælper det til at producere de tilhørende navigationsgrafer. Hvis kortet opfylder nogle bestemte præmisser kan værktøjet selv generere et forslag til en graf, som administratoren derefter kan redigere.

Disse programmer er udviklet gennem analyser, design og tests, hvilket dokumenteres i denne rapport.

Den vedlagte DVD indeholder rapporten, kildekode og testdata.

Synopsis:

Title: UniKrak 2
Semester: 10th semester,
Intelligent Multimedia
Project group: 1075
Author: Lars Peter Thomsen
Supervisor: Christian Fischer Pedersen

Number of copies: 4
Report pages: 77
Appendix pages: 11
Total pages: 88
Finished: 7th of June 2007

The enclosed DVD contains the report, source code and test data.

This report concerns the development of a map system for Aalborg University, based on an existing system which was developed in the spring of 2006. The new system can locate the user through the established wireless network and through the wired network, depending on the user's choice. Furthermore, the user interface can be used to search for people and rooms, save and load knowledge about people and rooms in the form of bookmarks, and calculate routes to selected destinations, possibly via some defined points, and show them on a navigable map.

A tool has also been developed for editing the underlying navigation graphs, which are being used for the pathfinding and room search in UniKrak. The tool is aimed at systems administrators who wish to deploy UniKrak at their site, and based on maps of the buildings, it helps producing the associated navigation graphs. Also, if the map meets certain criteria, the tool can automatically generate a proposal for a graph, which the administrator subsequently may edit.

These programs are developed through analyses, designs and tests, which is documented in this report.

Indhold

1	Forord	9
1.1	Rapportens opbygning	9
2	Indledning	11
3	Foranalyse	13
3.1	Det eksisterende UniKrak	13
3.2	Initierende problem	17
4	Problemanalyse	18
4.1	Trådet netværk (Ethernet)	18
4.2	Trådløst netværk (WiFi)	19
4.3	Eksisterende WiFi-positioneringssystemer	20
4.4	Brugergrænseflade	24
4.5	Grafproduktion	26
4.6	Automatisering af grafproduktionen	27
5	Kravspecifikation	31
5.1	Kravspecifikation	31
6	Design	33
6.1	Design af Ethernet-positionering	33
6.2	Design af WiFi-positionering	34
6.3	Brugergrænseflade	39
6.4	Design af Grafredigeringsværktøjet	43
7	Test	57

7.1	Accepttest af grafredigeringsværktøjet	57
7.2	Accepttest af positioneringen	59
7.3	Accepttest af UniKraks brugergrænseflade	60
7.4	Usability-test af UniKraks brugergrænseflade	61
8	Konklusion	76
8.1	Perspektivering	77
A	Spørgeskemaer	78
A.1	Tilladelseserklæring	78
A.2	Screening Questionnaire	79
A.3	Testscenarier	81
A.4	Post-test spørgeskema	82
A.5	Usability-telt spørgeskema	85

Forord¹

Dette projekt er udarbejdet på 10. semester på linien for Intelligente Multimedier på Institut for Elektroniske Systemer ved Aalborg Universitet, i perioden fra den 1. februar til den 7. juni 2007. Projektet er et afgangsprøveprojekt, og emnet ”UniKrak 2” er foreslået og valgt af projektets forfatter.

Projektet omhandler udvidelsen af et eksisterende system kaldet ”UniKrak”, der udvikledes på Aalborg Universitet i foråret 2006. Udvidelsen er ganske omfattende, og indeholder udvikling af en ny brugergrænseflade der er henvendt til større skærme, positionering med trådløst og trådet netværk samt et værktøj til afhjælpning af en af det eksisterende UniKraks største administrationsopgaver.

For at imødegå eventuel senere forvirring vil det UniKrak som udvikledes i foråret 2006 i denne rapport blive benævnt ”det eksisterende UniKrak”, mens det system der udvikles i dette projekt benævnes ”UniKrak”, som implicit henviser til projektets titel *UniKrak 2*.

Navnet UniKrak blev oprindeligt valgt fordi det på meget kort form beskriver hvad systemet har til hensigt at være. ”Krak” er navnet på en meget kendt kortservice, der i sin onlineform tilbyder bl.a. søgning, ruteberegning og visning på kort over Danmark. UniKrak læner sig således op ad dette image, men idet navnet ”Krak” allerede er et eksisterende registreret varemærke ejet af Kraks Forlag A/S [1], kan det blive nødvendigt at ændre UniKraks navn hvis det skal tjene som mere end et universitetsprojekt.

Rapportens litterære og tekniske niveau er henvendt til læsere med samme faglige forudsætninger som forfatteren.

1.1 Rapportens opbygning

Rapporten består af en indledende foranalyse, der undersøger det eksisterende UniKrak og resulterer i et initierende problem, som danner grundlag for det videre forløb. Derfra foretages en analyse af problemstillingen, med hensyn til de forskellige teknologier der skal benyttes, hvad der eksisterer på området og hvad grundlaget for udviklingen skal være. Dette udmunder i en kravspecifikation, der formelt opstiller krav til den udviklede software.

Fra kravspecifikationen udvikles projektets software gennem et designforløb, der behandler hvert af delprogrammerne separat og beskriver opbygningen af disse. Den udviklede software evalueres efterfølgende i et testkapitel, og slutteligt konkluderes og perspektiveres der på projektet.

Indledning²

Computerstøttet vejvisning og navigation på vejnettet med positionering gennem det Globale Positioneringssystem (GPS) nyder i disse år større og større popularitet og udbredelse, muligvis fordi bilisterne ønsker effektivt at kunne finde den rigtige vej til deres destinationer uden at fare vild. Med et sådant system kan køretøjets position findes automatisk, og med et elektronisk vejkort fremvises en rute fra denne position til den valgte destination. Dog er det ikke nødvendigvis kun på trafiknettet at en sådan vejvisning kunne være nyttig; i et indendørs miljø med hundredvis af lokaler forbundet med korridorer, stakket i flere etager, kan det ligeledes være vanskeligt at finde en ønsket destination for personer som ikke er stedkendt.

Med et elektronisk kort over den givne bygning er det muligt at udvikle en sådan service til indendørs navigation, eksemplificeret ved det eksisterende UniKrak-system, som beskrives nedenfor. Ydermere giver den stadig større udbredelse af trådløse opkoblingspunkter, især i bymidter (Se f.eks. [19], [21] og [25]), bedre mulighed for lokalisering af brugeren gennem almindelige trådløse netværk, fremfor gennem systemer som GPS, som fungerer ringe indendøre idet bygningselementerne blokerer kraftigt for signalerne [6].

I foråret 2006 blev der på Aalborg Universitet gennemført et studieprojekt, UniKrak [22], omhandlende en kortapplikation, der med kort over universitetets afdeling på Fredrik Bajers Vej kan hjælpe brugere med at lokalisere lokalenumre og ansattes kontorer samt finde vej gennem bygningerne.

Applikationen fungerer efter dens definerede hensigt, men kan forbedres på flere områder; bl.a. er den kun udviklet til skærmstørrelsen på en PDA (300 pixels i bredden), og er således ikke optimal til brug på andre platforme, og ydermere er applikationen vanskelig at sætte op på nye steder grundet en omstændig proces med behandling af kort og produktion af tilhørende navigationsgrafer. Dertil kommer, at den automatiske positionering af brugeren gennem det anvendte "BlipNet" kræver tilstedeværelsen af endnu ikke opsatte BlipNoder. Dette BlipNet er et trådløst netværk baseret på Bluetooth-teknologi, som opsættes med BlipNoder der tilkobles det trådede netværk.

Med afsæt i UniKrak-projektet søger dette projekt at afdække og udvælge forbedringsmuligheder i applikationen, og udnytte disse gennem udvikling af hjælpeapplikationer og udbygning af den eksisterende applikation. Specifikt drejer det sig om indførelse af positionering gennem det eksisterende trådede og trådløse netværk, samt udvikling af et værktøj til produktion af navigationsgrafer. Dette gøres med henblik på at forenkle opsætningen og brugen af UniKrak, så systemet potentielt kan anvendes på andre afdelinger og institutioner. Med den opsætningen af flere og flere trådløse opkoblingspunkter i større bygninger samt bymidter vil UniKrak potentielt kunne finde anvendelse mange andre steder end på Aalborg Universitet.

Positioneringen implementeres ved hjælp af et eksisterende system, Place Lab [12], som fungerer på klientsiden ved at måle hvilke trådløse opkoblingspunkter der er til stede og sende

informationerne til UniKrak-serveren, som associerer dataene med klienten, beregner positionen ud fra de fundne opkoblingspunkter og opdaterer brugerpositionen.

Grafværktøjet udvikles som et grafisk java-program, der kan bruges til at indlæse et baggrundskort samt anbringe og redigere knudepunkter og forbindelser i en navigationsgraf. Ydermere kan der, hvis kortet er i SVG-format og repræsenterer vægge på en bestemt måde, genereres en navigationsgraf automatisk ud fra principper om anbringelse af knudepunkter i forhold til døråbninger og hjørner. Den genererede navigationsgraf kan efterfølgende redigeres af brugeren. Endelig kan navigationsgrafen gemmes til brug i UniKrak.

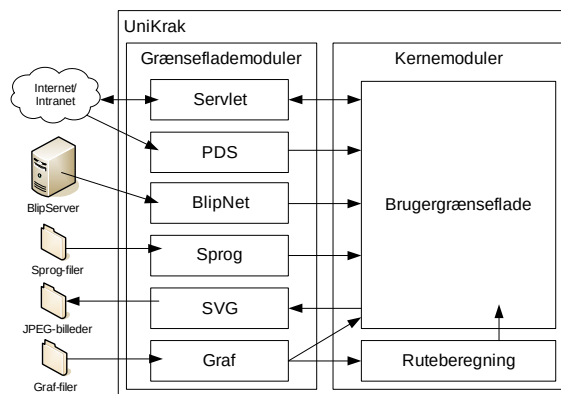
3.1 Det eksisterende UniKrak

Det eksisterende system ved navn "UniKrak" [22] er en Java Servlet-baseret kortapplikation udviklet i 2006 på Aalborg Universitet. Applikationen afvikles på en server og tilgås af klienterne gennem en browser. Med det eksisterende UniKrak kan der foretages:

- Grov lokalisering af brugeren gennem et Bluetooth-netværk.
- Søgning på personer og lokaler.
- Beregning af ruter mellem punkter, der følger bygningernes gange og lokaler.
- Visning af positioner og ruter på et navigerbart kort.

3.1.1 Opbygning

Det eksisterende UniKraks grundlæggende opbygning er vist i figur 3.1, hvor en central brugergrænseflade gennem servlet-interfacet modtager klienternes forespørgsler, foretager behandling af disse ved brug af de øvrige moduler, og genererer et svar.



FIGUR 3.1: Moduler i det eksisterende system. [22]

Som det ses i figuren benytter flere af modulerne eksterne datakilder og -lagre, der læses fra og skrives til, bl.a. filer som indeholder grafer og ord til brugergrænsefladen på flere sprog. Disse filer indlæses ved systemstart gennem dertil udviklede parsere. Systemet bruger en navigationsgraf til ruteberegning og til at finde lokaler ud fra deres numre, sprogfiler til at lagre alle brugergrænsefladens ord, PDS-systemet til søgning efter personer, SVG-filer og -behandling til visning af kort, og BlipNettet til positionering.

3.1.1.1 Positionering

BlipNet [2] er et Bluetooth-baseret trådløst netværk, hvor nogle hardwareenheder ("BlipNodes") fungerer som opkoblingspunkter for trådløse enheder, f.eks. PDA'er, der således får adgang til BlipNettet. BlipNoderne er tilsluttet en BlipServer via Ethernet, og BlipServeren kan således opretholde en liste over hvilke klienter der er tilsluttet hvilke BlipNoder.

Det eksisterende UniKrak kan benytte BlipNettet til en grov lokalisering af klienten gennem sit BlipNet-modul, ved at klientens Bluetooth-adresse benyttes til at afgøre hvilken BlipNode enheden er opkoblet til. Positionen af disse BlipNodes er kendt af UniKrak-serveren, som således kan afgøre klientens omtrentlige position.

Ud over anvendelsen af BlipNettet har brugeren også mulighed for at angive sin position manuelt ved enten at markere et lokale på kortet eller indtaste et lokalenummer.

3.1.1.2 Søgning

Det eksisterende UniKrak tilbyder søgning på personer og lokaler gennem brugerinterfacet, hvor en bruger kan indtaste en søgestreng (figur 3.2) og modtage en liste af matchende resultater (figur 3.3).



FIGUR 3.2: Eksemplificerende skærbillede af det eksisterende systems søgeside.



FIGUR 3.3: Eksemplificerende skærbillede af det eksisterende systems resultatside.

Til lokaler benyttes kort over bygningerne med tilhørende grafer over lokaler og gange, repræsenteret i graf-modulet. De knudepunkter som repræsenterer lokaler har tilknyttet lokalets nummer, og således kan disse knudepunkter benyttes til at finde et lokales position ud fra et lokalenummer. Det eksisterende UniKrak har implementeret en søgefunktionalitet som givet et lokalenummer eller en del heraf gennem søger grafen for matchende lokaler. Resultaterne vises i en liste.

Desuden tilgås en ekstern database "PersonDataSystemet" (PDS) som indeholder informationer om Universitetets ansatte, deriblandt deres eventuelle kontor, og det benytter det eksisterende UniKrak til at tilbyde søgning på navne eller dele heraf. Webservicen PDS tilgås med PDS-modulet gennem et WSDL-interface, hvor der oprettes en liste af søgekriterie-objekter som sendes til webservicen, og efterfølgende modtages et objekt med søgeresultater.

Ud fra databasens informationer om et eventuelt kontor findes dette i grafen ved at benytte den tidligere omtalte lokalesøgning, og informationer om de fundne personer, deriblandt deres navn og lokalenummer, vises i en liste af resultater.

For hvert af de fundne resultater i listen tilbydes en række muligheder, navnlig at vise lokalet på et kort, at beregne ruter til lokalet, at benytte lokalet i en viapunktsliste, og at gemme resultatet i et bogmærke.

3.1.1.3 Ruteberegning

Det eksisterende UniKraks ruteberegningsmodul kan, givet en brugerposition og et søgeresultat med kendt lokale, beregne en rute mellem de to punkter ved brug af en ruteberegningss algoritme gennem dens navigationsgraf. Her anvendes en breadth first algoritme, men algoritmer der benytter depth first og A* (depth first med heuristisk estimering) er også implementeret, og kan vælges af en administrator. Desuden er der for brugeren mulighed for at angive flere punkter i en viapunktsliste, og beregne ruter til punkterne i den angivne rækkefølge eller i optimal rækkefølge (ved brug af en traveling salesman-algoritme).

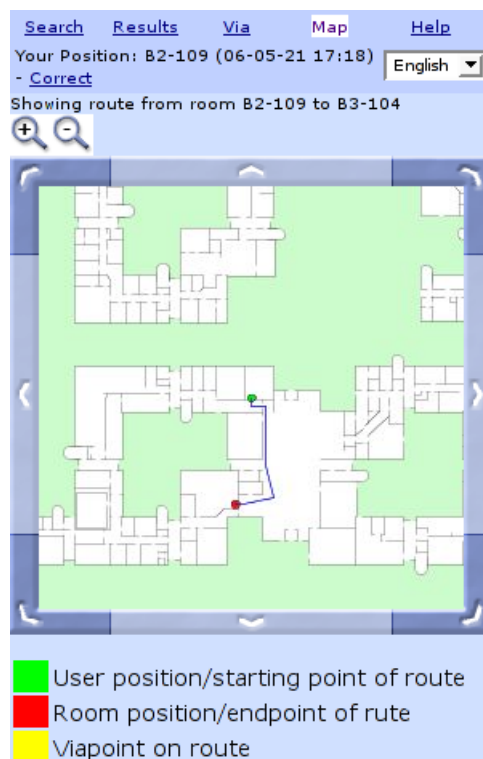
3.1.1.4 Grafisk visning

Det valgte udsnit af kortet, med eventuelle lokalemarkeringer og ruter, behandles som SVG-grafik og konverteres til et bitmap-billede af SVG-modulet, som vises i klientens browser (Se eksempel i figur 3.4). Til kortvisningen medfølger navigationselementer, som kan benyttes til at panorere kortet i otte retninger, zoome ind og ud samt skifte etage.

3.1.2 Problemstilling

Selvom Det eksisterende UniKrak fungerer efter hensigten og tilbyder de nævnte muligheder er der fortsat interessante udviklingsmuligheder, bl.a.:

Positionering Den tydeligste mangel er, at der på universitetet ikke er opsat permanente BlipNoder, kun midlertidigt til eksperimenter med bl.a. UniKrak. Da hver BlipNode indendøre kun dækker et område med radius på omtrentligt 10 meter [9], og hver af de kvadratiske bygninger der udgør hovedparten af det Teknisk-naturvidenskabelige fakultet er 50 meter på hver led, med en udækket gård i midten, vil en dækning af en enkelt bygning på en enkelt etage kræve overslagsmæssigt 16 BlipNodes (arrangeret til at følge omkredsen med 5 noder på hver led). Hver BlipNode er prissat til 2.500 - 3.000 kr, så en dækning af en enkelt bygnings ene etage vil koste 40.000 - 48.000 kr.



FIGUR 3.4: Eksemplicerende skærbillede af det eksisterende systems kortside, med positioner og rute indtegnet.

Dækning af fakultetets øvrige bygninger, som ikke har denne form, vil ligeledes være omkostningsfuldt, og til dækning af hele bygningernes område vil kræves et anseligt antal BlipNoder som skal indkøbes og opstilles, en proces der vil være meget omkostningsfuld om muligvis unødvendig, da der allerede er etableret et dækkende trådløst netværk (802.11b/g) som muligvis kunne varetage opgaven med positionering. Endvidere er den mest benyttede netværkstilslutning på universitetet almindeligt ethernet, som også giver mulighed for positionering.

Positionering varetages traditionelt med GPS, men som beskrevet i [14] er der ofte problemer forbundet med brug af GPS indendøre, især fordi signalerne fra GPS har vanskeligt ved at gennemtrænge mure og tage.

Grafproduktion Det eksisterende UniKrak fungerer ved, at der til beregningerne af ruter anvendes grafer, som repræsenterer bygningernes lokaler og gange som et navigationsnetværk. Disse grafer er imidlertid produceret manuelt under udviklingen, gennem midlertidig indsættelse af cirkler på kortet og efterfølgende udtrækning af deres datarepræsentation samt datakonvertering og tekstuel angivelse af forbindelser, da der ikke forefandt et værktøj til løsning af denne opgave.

Interface Desuden er det eksisterende UniKrak grafisk optimeret til skærmstørrelsen på en PDA, og brugergrænsefladen er således meget lille i forhold til skærmen på f.eks. en almindelig

PC/MAC. Hvis UniKrak skal kunne anvendes hensigtsmæssigt på større enheder end PDA, i særdeleshed på de mest anvendte og tilgængelige enheder på universitetet, PC'ere, bør brugergrænsefladen tilsvarende ændres til dette formål.

Telefonbogsdatabase Den telefonbogsdatabase som anvendes, PDS, har siden udgivelsen af det eksisterende UniKrak ændret sig, så det ikke længere er muligt med den nuværende implementation at foretage søgninger efter personer på universitetet. For at UniKrak fortsat skal kunne tilbyde denne funktionalitet bør dets interface til PDS revideres.

3.2 Initierende problem

Ud fra det eksisterende system vil dette projekt søge at imødekomme nogle af de identificerede udviklingsmuligheder gennem analyse og udvikling af supplerende software, navnlig den indledende kortbehandling og grafproduktion samt positionering med det etablerede trådløse netværk og indførsel af en ny brugergrænseflade.

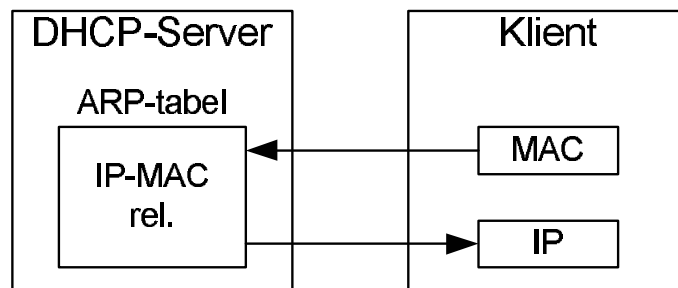
Disse mål resulterer i formuleringen af det initierende problem:

Hvordan kan det eksisterende UniKrak forbedres, så den indledende proces med produktion af navigationsgraf forenkles, der opnås positionering gennem det etablerede netværk, og brugergrænsefladen tilpasses større skærme.

Problemanalyse⁴

4.1 Trådet netværk (Ethernet)

Netværk gennem en trådet forbindelse ved brug af standard Ethernet (802.3) en meget anvendt form for opkobling til et lokalnetværk, og er den dominerende trådede netværkstype på det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet ved Aalborg Universitet. Forbindelsens fysiske medium er normalt kendetegnet ved Kategori 5 kabler (CAT-5), RJ-45-stik og Ethernet hubs/switches, med standardkapaciteter på 10, 100 og 1000 megabit pr. sekund (Mbps). En klient der kobler sig på et sådant netværk udsender almindeligvis sin Media Access Control (MAC)-adresse til den lokale Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)-server og bliver tildelt en Internetprotokol (IP)-adresse (se figur 4.1). Sammenhængen mellem MAC- og IP-adresser lagres i serverens lokale Address Resolution Protocol (ARP)-tabel, som således kan forespørges om hvilken MAC-adresse der tilhører en given IP-adresse og omvendt. Tilsvarende oplysninger kan udtrækkes af de forskellige netværksswitches, så det i teorien bliver muligt at lokalisere en bruger gennem det trådede netværk.



FIGUR 4.1: Simplificering af IP-tildeling: klientens MAC-adresse sendes til DHCP-serveren, som tildeler den en IP-adresse og gemmer relationen i en tabel. Klienten gemmer efterfølgende den modtagne IP-adresse og anvender den til kommunikation på netværket.

Netop denne serie af forespørgsler af information er delvist implementeret på Aalborg Universitets Afdeling for Elektroniske Systemer, hvor netværksadministratorerne har udviklet et system til lokalisering af en given klient via dennes IP-adresse. Det sker gennem følgende trin:

- Ud fra IP-adressen findes MAC-adressen i routerne og DHCP-servernes ARP-tabeller.
- Denne MAC-adresse slås op i switchenes MAC-tabeller for at finde den benyttede switchport, som MAC-adressen sidst blev set på.
- Med en liste over hvilke vægstik de enkelte switchporte fører til findes stiknummeret.
- Med en liste over hvilke lokaler der indeholder hvilke stik findes brugerens lokale.

På Aalborg Universitets Institut for Elektroniske Systemer findes således et stykke software, der kan give en entydig sammenhæng mellem brugerens unikke MAC-adresse og det lokale brugeren befinder sig i. Softwaren kan dermed benyttes til lokalisering af brugere (MAC-adresser) via trådede netværk, hvorfor denne software er interessant for dette projekt. Der skal dog gøres opmærksom på den begrænsning der ligger i, at softwaren kun fungerer med en netværksopsætning som den der findes på Institut for Elektroniske Systemer.

4.2 Trådløst netværk (WiFi)

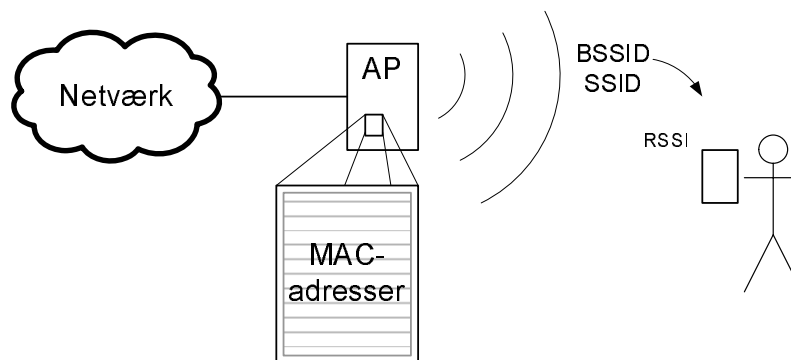
Trådløst lokalnetværk (også kendt som Wireless LAN) er en netværksteknologi der på det fysiske lag benytter en trådløs radioforbindelse til at skabe en kommunikationslinie mellem et opkoblingspunkt og klientenhederne. Basisstationen vil typisk være koblet til en server gennem trådet netværk, så de services og ydre forbindelser der stilles til rådighed gennem serveren kan tilgås over den trådløse forbindelse.

Trådløse lokalnetværk er opdelt i en række standarder, der kronologisk følger hinanden, og er udstedt af IEEE med betegnelsen 802.11x [10]. Som generelt dækkende beskrivelse af disse netværksstandarder kan også benyttes akronymet WiFi (Wireless Fidelity). Den første standard, 802.11a, opererer i 5 GHz-båndet med en maksimal overførselshastighed på 54 megabit pr. sekund (Mbps). Fordelen ved dette frekvensbånd er, at båndet er mindre optaget af anden kommunikation og derfor optræder der mindre interferens. Til gengæld absorberes radiobølger ved denne frekvens mere af bygningselementer, så rækkevidden begrænses kraftigt. Senere standarder som 802.11b og 802.11g opererer ved 2.5 GHz-båndet, som også benyttes til megen anden trådløs kommunikation, og drager fordel af længere rækkevidde (ca. 35 meter indendøre for 802.11b mod ca. 25 meter for 802.11a). 802.11b har en maksimal overførselshastighed på 11 Mbps, mens 802.11g overfører med maksimalt 54 Mbps.

Hvert trådløst opkoblingspunkt har, ligesom de fleste andre netværksenheder, en unik MAC-adresse der identificerer enheden på Data Link laget i protokolstakken, hvilket er det næstnederste lag lige over det fysiske lag [10]. Addresserummet for MAC-adresserne er på 48 bit, hvilket betyder at der kan eksistere op til 2^{48} forskellige MAC-adresser. Ifølge [10] er forbindelsens Basic Service Set Identifier (BSSID) i et infrastrukturnetværk (almindelig klient/server konfiguration) lig med denne MAC-adresse, med andre ord er BSSID'et for et opkoblingspunkt indenfor et lokalnetværk dets MAC-adresse. I et ad-hoc netværk er BSSID'en genereret tilfældigt.

Ud over BSSID'en udsender opkoblingspunktet også et Service Set Identifier (SSID), som er en tekststreng der oftest angiver hvilket netværk der udbyder den trådløse service. I et bygningskompleks hvor flere opkoblingspunkter anvendes til udbydelse af den trådløse service er denne SSID ofte den samme, hvilket f.eks. ses på Aalborg Universitet med SSIDen "AAU".

BSSID'en udsendes af opkoblingspunktet til klienterne, hvorved disse kan afgøre hvilket opkoblingspunkt signalet kommer fra (se figur 4.2). I forbindelse med trådløs positionering kan denne information, sammen med signalstyrken for de enkelte opkoblingspunkter i nærheden, anvendes til at afgøre hvilket opkoblingspunkt der er tættest på klienten, og hvis opkoblingspunktets position er kendt på forhånd kan klientens omtrentlige position således afgøres.



FIGUR 4.2: Koncepttegning af en klientopkobling på et trådløst netværk. Opkoblingspunktet (AP) udsender sit SSID og BSSID, og klienten modtager disse samt måler den modtagne signalstyrke (Received Signal Strength Indication, RSSI).

Desuden opretholder hvert opkoblingspunkt en learning table over hvilke klienter der benytter sig af punktet, identificeret ved deres MAC-adresse. Når en klient tilkobler og benytter sig af et opkoblingspunkt, tilføjes klientens MAC-adresse i opkoblingspunktets tabel, og således indeholder tabellen for et givet opkoblingspunkt MAC-adresserne for de klienter som for nylig har benyttet opkoblingspunktet. Tabellen for et givet opkoblingspunkt kan fra serveren forespørges via SNMP-protokollen, og gøres dette for alle opkoblingspunkter indenfor et givet netværk, kan der opnås et overblik over hvilke klienter på netværket der er tilkoblet hvilke opkoblingspunkter.

Ud over datatrafik kan et trådløst netværk også benyttes til positionering, til hvilket der allerede eksisterer en række projekter som vil blive diskuteret i næste afsnit.

4.3 Eksisterende WiFi-positioneringssystemer

Ligesom der findes udbredte systemer til positionering ved brug af GPS, er der også etableret enkelte systemer til positionering med trådløse netværk. Ud fra informationer der modtages fra de tilgængelige basisstationer kan disse systemer fortælle brugeren hvor han/hun befinder sig, og informationerne kan anvendes af andre programmer, f.eks. kortapplikationer. Nogle af disse systemer beskrives i dette afsnit.

4.3.1 HereCast

Herecast [15] er en åben infrastruktur, der i sin basale form kan identificere BSSID'et på nærliggende opkoblingspunkter og måle signalstyrken til disse (eksempel på figur 4.4). For hvert opkoblingspunkt kan følgende data associeres:

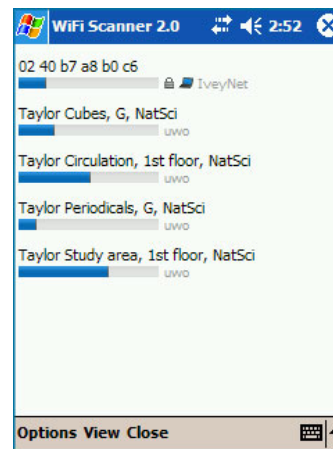
- Land, Landsdel og By
- Område

- Bygning (bygningsnavn og adresse)
- Etage og position i bygningen

Ved at associere disse data med BSSID'et kan systemet oplyse brugeren om hvor denne befinder sig (figur 4.3, linie 2, hvor det fremgår at personen befinder sig nær "NatSci, G, Taylor Periodicals"). Dog kræves det at disse data på forhånd er lagt ind i systemet, men en global database benyttes til at indsamle en stigende mængde af sådanne informationer fra brugere. Med adgang til denne database over internettet kan programmet finde oplysninger om positionen af nyfundne opkoblingspunkter der matcher databasen, uden at brugeren selv har lagt dem ind i systemet.



FIGUR 4.3: Skrivebordet på en Pocket PC, hvor HereCast oplyser brugeren om hvor denne befinder sig (se linie 2 fra oven).



FIGUR 4.4: HereCasts målinger af signalstyrken for forskellige opkoblingspunkter.

Programmet HereCast kører på klienten og kræver ingen serversoftware, kun en forbindelse til den globale database via internettet. Det er dog kun tilgængeligt til platformene Microsoft Windows XP og Pocket PC, hvilket gør at ikke alle klienter vil kunne benytte softwaren. Da det eksisterende UniKrak er serverbaseret, skal oplysningerne om den fundne position, i tilfælde af at HereCast bliver taget i anvendelse til formålet, overføres til UniKraks server.

HereCast begyndte som et afgangprojekt af Mark Paciga på University of Western Ontario i September 2003. Kildekoden er åben og tilgængelig for udviklere, så UniKrak kan potentielt benytte HereCast som lokaliseringmaskine, og da HereCast er uafhængig af den underliggende netværksopbygning kunne UniKrak følgelig opstilles og anvendes hvor som helst der er trådløse opkoblingspunkter til rådighed.

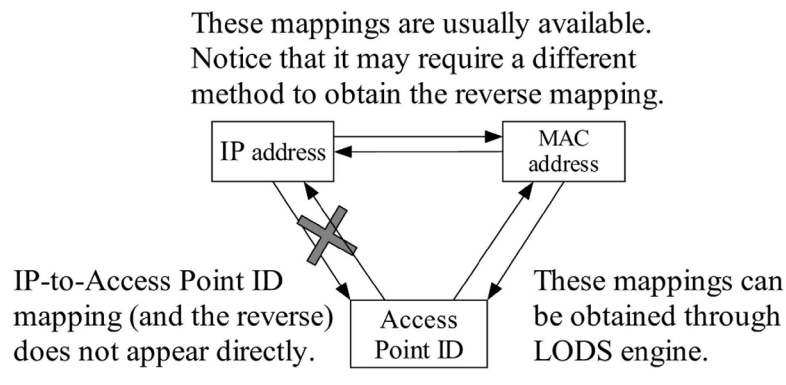
4.3.2 SkyHook

Skyhook Wireless [21] er et firma som udbyder en kommerciel positioneringsservice kaldet "Wi-Fi Positioning System" (WPS). Positioneringen foregår, ligesom Herecast, ved at et program på klienten måler tilstedeværelsen og signalstyrken på nærliggende opkoblingspunkter og sammenligner dem med en database. Database indeholder opkoblingspunktets koordinater, og kan vælges til enten at ligge komprimeret på klienten eller tilgås over netværket. Med disse data beregner klienten enhedens position, hastighed og retning i realtid. Via APIs kan disse data udtrækkes og anvendes i andre programmer, f.eks. kortapplikationer.

Dog er Skyhooks database for tiden kun dækkende i en række større byer i USA, og kan ikke udvides manuelt, så indtil databasen også dækker i Europa kan systemet ikke anvendes her. Ydermere findes systemet indtil videre kun til Windows XP og Windows Mobile, og kan således ikke anvendes på andre platforme.

4.3.3 LODS

"Location Discovery Service" (LODS) [11] er en universitetsimplementeret webservice til lokationsbestemmelse, udviklet på Purdue University, som afvikles på en server og således ikke kræver installation af hverken software eller hardware på klienten. Lokaliseringen foregår ved at en webservice modtager en IP-adresse og bestemmer hvilket opkoblingspunkt adressen er knyttet til. Denne information kan således benyttes til at bestemme positionen ved sammenligning med en liste over opkoblingspunktets placering. Den direkte oversættelse af IP-adresser til opkoblingspunkter er dog normalt ikke mulig, så webservicen må først bestemme hvilken MAC-adresse der er tilknyttet IP-adressen og følgelig bestemme hvilket opkoblingspunkt MAC-adressen er tilknyttet (se figur 4.5).



FIGUR 4.5: Sammenhæng mellem IP-adresse, MAC-adresse og opkoblingspunkt i LODS [11].

Oversættelsen fra IP til MAC kan enkelt foretages ved opslag i servernes ARP-tabeller, der indeholder lister over IP/MAC relationer for det enkelte lokalnetværk.

Oversættelsen fra MAC-adresse til opkoblingspunkt er dog mere kompliceret. LODS udforsker to tilgangsvinkler; en løsning baseret på en "Remote Authentication Dial In User Service" (RADIUS)-server, og en alternativ løsning som kan anvendes i tilfælde at denne server ikke understøtter den nødvendige funktion. En RADIUS-server er almindeligt anvendt, og en sådan benyttes på netværket på Institut for Elektroniske systemer. Den anvendes normalt til autorisation af brugere på netværket, så når en klient tilgår netværket via et opkoblingspunkt, beslutter serveren om klienten har rettigheder til netværket. En udvidet konfiguration af serveren kaldet "Extensible Authentication Protocol" (EAP), som ikke altid anvendes, gør det muligt for serveren at føre log over hvilke MAC-adresser der er associeret med hvilke opkoblingspunkter, og ved inspektion af denne log kan den ønskede oversættelse foretages.

Den alternative tilgang benytter protokollen "Simple Network Management Protocol" (SNMP) til at forespørge de enkelte opkoblingspunkter hvilke MAC-adresser der er tilknyttet, som beskrevet i afsnit 4.2. Hvert opkoblingspunkt vedligeholder en tabel ("learning table") over klienter som for nyligt har anvendt opkoblingspunktet, så ved at forespørge alle opkoblingspunkter om deres tabeller via SNMP kan en komplet oversigt over hvilke MAC-adresser der hører til hvilke opkoblingspunkter uddrages og anvendes til lokalisering.

Opsætningen af LODS er dog ikke problemfri; selvom systemet tager hensyn til forskellige netværksopstillinger (såsom VPN) kræver det enten en RADIUS server som med EAP opretholder en log over tilsluttede MAC-adresser, eller at de enkelte opkoblingspunkter har SNMP aktiveret. Hvis ingen af disse præmisser er til stede har LODS ingen mulighed for at lokalisere klienten.

4.3.4 Place Lab

I lighed med Herecast er Place Lab [12] en klientbaseret positioneringsapplikation, der detekterer de tilgængelige opkoblingspunkter og deres signalstyrker, og sammenligner dem med en database. Kildekoden er også åben, men til forskel fra HereCast søger Place Lab at fungere på tværs af platforme, indtil videre på Mac, Linux, Win32, WinCE og Nokia Serie 60 telefoner. Således er størstedelen af programmet implementeret i Java, og den platformsspecifikke kode, som forespørger hardwaren om opkoblingspunkter, er implementeret i C med en version til hver platform, med interfacet mellem disse varetaget af et Java Native Interface (JNI). Place Lab henvender sig primært til implementering i andre programmer, og har således et detaljeret API til rådighed.

4.3.5 Klient-løsning vs. server-løsning

At bestemme brugerens position kan gøres med software på enten klienten selv eller på en server, hver med sine fordele og ulemper. Problemstillingen belyses i [14], hvor den klientbaserede og den serverbaserede løsning sammenlignes:

Den klientbaserede løsning lader et program på klientenheden måle hvilke opkoblingspunkter der befinder sig i nærheden, vælger det med den højeste signalstyrke og kontrollerer om opkoblingspunktets BSSID er genkendt i en eksisterende database. Det giver den fordel at ethvert opkoblingspunkt potentielt kan anvendes til lokalisering, da udbyderen af den trådløse service

i opkoblingspunktet ikke behøver installere software eller for den sags skyld gøre noget som helst. Ydermere kan klienten ikke alene bruge positionen for ét opkoblingspunkt som reference, men principielt triangulere eller interpolere sin position ud fra flere opkoblingspunkter og deres signalstyrker, hvilket kan resultere i øget præcision. Til gengæld kræver løsningen at brugeren installerer software på sin enhed der kan tilbyde eller interface med den service der ønskes. I forbindelse med UniKrak betyder det, at klienterne skal have et program installeret til lokalisering, og at UniKrak kan kommunikere med dette program. Systemerne HereCast, SkyHook og Place Lab anvender den klientbaserede løsning.

Den serverbaserede løsning lader et program på serveren modtage klientens IP-adresse. IP-adressen skal så oversættes til en MAC-adresse ved enten at gennemse DHCP-serverens log eller forespørge ARP-tabellen om klientens gateway. Med MAC-adressen skal det afgøres hvilket opkoblingspunkt adressen er associeret med, ved enten at forespørge samtlige opkoblingspunkter eller gennemse en RADIUS logfil. Fordelen ved denne løsning er at klienten ikke behøver installere nogen programmer, og således er systemet uafhængigt af brugerens platform. I forbindelse med UniKrak betyder det ydermere at serversoftwarens lettere kan interface med UniKrak eller ligefrem være en del af denne. Til gengæld er løsningen omstændig og kræver assistance fra systemadministratorerne. Systemet LODS anvender den serverbaserede løsning.

4.3.6 Udvalgelse

Disse løsninger, med deres tilhørende fordele og ulemper, taget i betragtning udvælges til dette system en klientbaseret løsning, Place Lab. Dette er valgt på baggrund af de fordele der ligger i klientbaserede løsninger generelt, navnlig at ethvert opkoblingspunkt kan anvendes uden at netværksstrukturen har indflydelse, at der enkelt kan udtrækkes en liste over opkoblingspunkter i nærheden uden at samtlige opkoblingspunkter skal forespørges fra serversiden, samt at Place Lab specifikt er tilgængeligt på flere platforme og stiller et omfattende API til rådighed.

Lokaliseringen med WLAN i UniKrak reduceres dermed til udtrækning af de relevante data fra Place Lab, transport af disse data til UniKrak-serveren, og anvendelse af dataene i UniKrak. For at gøre det så enkelt for brugeren som muligt bør al software som skal installeres på klienten samles i én pakke som kan tilbydes til download.

4.4 Brugergrenseflade

Det eksisterende UniKraks brugergrenseflade er henvendt til skærmstørrelsen på en PDA, og har således nogle indbyggede begrænsninger. Da de fleste, mest anvendte og mest tilgængelige elektroniske enheder på universitetet er computere vil det være et naturligt skridt at udvikle en ny brugergrenseflade til UniKrak, der udnytter den større skærm og de muligheder platformen giver. Brugere er således ikke bundet til at skulle have en PDA eller tilgå en webside som er optimeret dertil, men kan bruge UniKraks funktioner på den platform de arbejder på dagligt.

Idet positionering med trådet og trådløst netværk skal udvikles, skal deres funktioner også kunne tilgås gennem brugergrensefladen, der der ligesom det eksisterende UniKrak er nødt til at

have en vis information om hvor brugeren befinder sig for at kunne beregne ruter. Positioneringens resultater skal derfor indgå og bruges i brugergrænsefladen sammen med brugerens mulighed for selv at angive positionen, som han også kunne det i det eksisterende UniKrak.

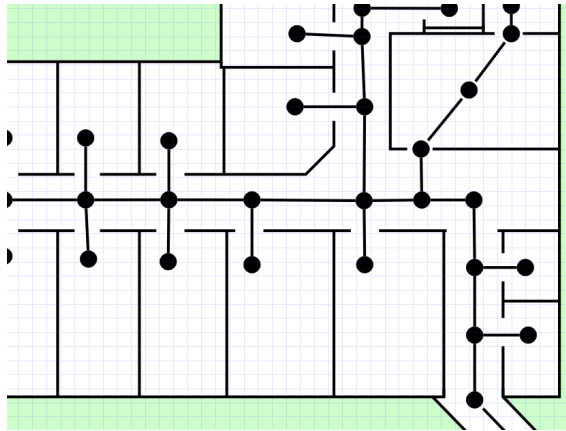
Det eksisterende UniKrak opnåede ud fra brugertests en vurdering af brugervenligheden på 3,4 på en skala fra 1 til 5. Den nye brugergrænseflade bør, med de forøgede muligheder der ligger i den nye platform, søge at være intuitiv, let anvendelig og let forståelig. Ligesom det eksisterende UniKrak bør der være mulighed for panorering og zoom af kortet samt etageskift, da disse muligheder må anses for at være essentielle for at brugeren kan se de ønskede udsnit af kortet.

Det eksisterende UniKrak benyttede sig af farvede cirkler på kortet for at markere positioner, hvor forskellige farver angav brugerposition, destination og viapunkter. Dette koncept bibeholdes i den nye brugergrænseflade, med anvisning til hvilke farver der betyder hvad. Ruterne i det eksisterende UniKrak illustreredes med blå streger, der på andre etager end den viste blev gjort gennemsigtige. Dette koncept bibeholdes, og fordi ruterne er meget vigtige skal disse være tydeligt synlige på kortet.

På grund af den lille skærmstørrelse har brugergrænsefladen i det eksisterende UniKrak måttet strækkes over otte sider, hvilket har gjort at brugerne ikke kan se alle dele af brugergrænsefladen samtidig, med den information der følger med. Med den udvidede skærmstørrelse er der mulighed for at samle al brugergrænsefladens information på én side, så brugeren har overblik over alle relevante informationer. Dette kræver dog at brugergrænsefladen og de enkelte dele af den er forståelige og overskuelige, så brugeren ikke drukner i informationer og mister overblikket. De vigtigste udgangspunkter for ruteberegningen er brugerens position, destination og viapunkter, så disse skal først og fremmest være forståelige for at brugeren har et fornuftigt udgangspunkt.

4.5 Grafproduktion

Det eksisterende UniKraks navigation foregår ved at en graf repræsenterer de lokaler og korridorer der kan navigeres ad (eksempel figur 4.6). Hvert lokale har et knudepunkt tilknyttet, ligesom gangene har knudepunkter på udvalgte steder, så ingen forbindelser krydser gennem vægge. Knudepunkternes koordinater svarer til at de passer ind på baggrundskortet, selvom grafen er lagret separat fra dette. Dette betyder at et kort i hvilket som helst format i princippet kan benyttes, selv bitmapgrafik, fordi navigationsgrafen ikke er tilknyttet det anvendte SVG-format. I dette projekt begrænses dog til et udvalg af udbredte billedformater.



FIGUR 4.6: Navigationsgraf i UniKrak. Udsnit af skærmbillede fra programmet InkScape, der viser SVG-kort og manuelt indlagt graf fra det oprindelige UniKrak.

Grafproduktionen i det eksisterende UniKrak foregår ved, at en udvikler åbner et kort i en SVG-editor, i det tidligere projekt benyttedes programmet InkScape [8], og anbringer cirkler på kortet de steder knudepunkterne skal være. Når alle knudepunkter er anbragt, eventuelt kun for en enkelt bygning, gemmes filen og åbnes i en teksteditor, så SVG-koden kan ses (se listing 4.1). De anbragte cirkler er automatisk nummererede og har deres koordinater angivet, så den den af koden som repræsenterer cirklerne udtrækkes og behandles i en separat tekstfil. Behandlingen omformer hvert knudepunkts SVG-kode til det format som benyttes i UniKrak, og der oprettes forbindelser mellem knudepunkterne ved tilføjelse af dertil indrettede kodestykker. Betragt for eksempel følgende SVG-kode (fra det oprindelige UniKrak [22]):

LISTING 4.1: SVG-kode for to knudepunkter

```

1 <path
2   sodipodi:type="arc"
3   style="stroke:#000000;stroke-width:0.132;stroke-miterlimit:4;stroke-dasharray:none;stroke-opacity:1;display:inline"
4   id="path33554"
5   sodipodi:cx="943"
6   sodipodi:cy="172"
7   sodipodi:rx="3"
8   sodipodi:ry="3"
9   d="M 946 172 A 3 3 0 1 1 940,172 A 3 3 0 1 1 946 172 z"
10  transform="translate(591.934,625.066)" />
11
```

```
12 <path
13   sodipodi:type="arc"
14   style="stroke:#000000;stroke-width:0.132;stroke-miterlimit:4;stroke-dasharray:none;stroke-opacity:1;display:inline"
15   id="path33556"
16   sodipodi:cx="943"
17   sodipodi:cy="172"
18   sodipodi:rx="3"
19   sodipodi:ry="3"
20   d="M 946 172 A 3 3 0 1 1 940,172 A 3 3 0 1 1 946 172 z"
21   transform="translate(591.934,653.066)" />
```

Behandlingen vil oversætte dette til UniKraks format som følger:

LISTING 4.2: Tilsvarende grafkode for to knudepunkter med indbyrdes forbindelse

```
1 node 33554 {
2   type = 0;
3   pos = 1534.934, 797.066;
4   desc = ;
5   edges = 1234;
6 }
7
8 node 33556 {
9   type = 0;
10  pos = 1534.934, 825.066;
11  desc = ;
12  edges = 1234;
13 }
14
15 edge 1234 {
16  node1 = 33554;
17  node2 = 33556;
18  cost = 28.0;
19 }
```

Under udviklingen af det eksisterende UniKraK tog denne proces adskillige arbejdsdage for behandlingen af hele grafen, og for at lette opgaven for fremtidig brug af UniKraK vil der i dette projekt blive udviklet et værktøj til forenkling og delvis automatisering af denne proces.

Intuitivt kræver det, at et baggrundskort kan indlæses i en grafisk editor, at administratoren kan anbringe og forbinde knudepunkter, og at grafen kan gemmes i et format som UniKraK kan læse, med de informationsfelter der allerede benyttes (knudepunktstype, position og beskrivelse samt forbindelsesomkostning). Baggrundskortet er i det eksisterende UniKraK i SVG-format, hvilket derfor naturligvis skal understøttes i redigeringsværktøjet. Dog er der principielt ikke nogen forhindringer for, at også bitmapgrafik skulle kunne bruges i både redigeringsværktøjet og UniKraK, bortset fra mistet præcision ved zoom. Således vil det også være et optionelt krav at redigeringsværktøjet og den nye version af UniKraK skal kunne indlæse og vise bitmapgrafik i almindelige bitmapformater som jpeg, png og bmp.

4.6 Automatisering af grafproduktionen

Selv med et grafisk værktøj til rådighed vil det for en administrator være en tidskrævende opgave at producere navigationsgrafen. Det eksisterende UniKraks navigationsgraf indeholder

2139 knudepunkter og 2666 forbindelser. For at lette denne opgave foreslås to automatiserede processer:

Automatisk oprettelse af forbindelser mellem knudepunkter Hvis redigeringsværktøjet kan afgøre om to givne knudepunkter bør forbindes eller ej, kan processen med oprettelse af forbindelser automatiseres, og kræver således kun brugerens godkendelse eller eventuelle rettelser for at færdiggøre denne del af navigationsgrafen.

Automatisk oprettelse af knudepunkter Det blev observeret under udviklingen af det eksisterende UniKrak, at oprettelsen af knudepunkter for almindelige bygninger følger et bestemt mønster. Hvis dette mønster kan gengives i en algoritme, kan grafens knudepunkter også automatisk anbringes, og med brugerens ændringer og accept af grafen kan også denne del af navigationsgrafen færdiggøres.

Begge disse processer kræver naturligvis at programmet forstår det kort der danner model for navigationsgrafen; hvordan vægge er definerede skal være entydigt. Derfor vælges det, at der defineres et standardformat for et sådant kort, som på utvetydig vis beskriver kortets vægge, og som et kort således kan konverteres til. Dette er dog kun nødvendigt for den automatiske grafproduktion, så almindelige kort skal stadig kunne benyttes til manuel grafproduktion. Men med et kort i dette standardformat skal der også være mulighed for automatisk grafproduktion.

Naturligvis vil dette standardformat være omsonst hvis ikke de forhåndenværende kort er i dette format eller kan konverteres til det. Derfor skal et eksemplificerende modul udvikles til at fortolke en række kort i et udvalgt format for at demonstrere konverteringen. Dette format vælges at være de svg-kort som benyttes i det eksisterende UniKrak, hvor vægge er entydigt repræsenteret ved enkelte sorte streger af en fast tykkelse. Andre formater, bl.a. de kort som oprindeligt blev modtaget af universitetets tekniske forvaltning [22] tages ikke i betragtning for konvertering, idet de:

- Har indbyrdes forskellig repræsentation af flere elementer, bl.a. vægge.
- Indeholder mange elementer, bl.a. loftsstrukturer, trappetrin og vinduer, som er irrelevante for konverteringen, men som kan forveksles med vægge hvis forskellene mellem repræsentationer beskrevet i det første punkt skal tages i betragtning.
- Manuelt kan konverteres til UniKraks repræsentation, med sorte vægge som eneste elementer, med relativ lethed.

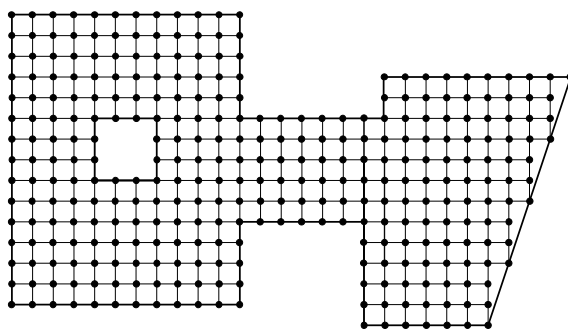
4.6.1 Eksisterende automatiske grafgeneratorer

Konceptet med brug af og generering af navigationsgrafer er ikke ukendt. Navigationsgrafer benyttes især i spilindustrien, hvor AI-styrede enheder skal bevæge sig gennem et område eller en "bane", besøge forskellige punkter, og undgå forhindringer. Dette sker oftest gennem navigationsgrafer, som er tilpasset banen og ofte er fremstillet af designeren, men kan være

delvist genereret automatisk. Et eksempel er spillet "Unreal Tournament", hvis navigationsgrafs-generator (Pathnode Generator) forsøger at dække en given bane med en navigationsgraf, som brugeren også kan redigere [17].

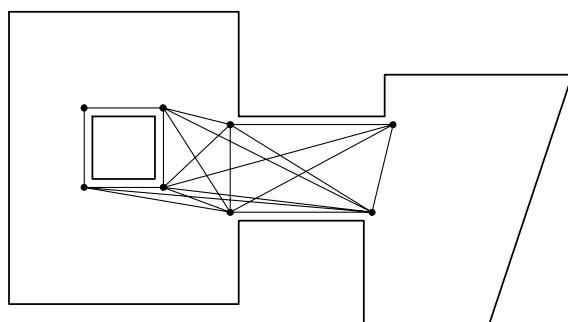
I de fleste tilfælde genereres grafer manuelt, men til produktion af grafer findes allerede flere metoder, beskrevet i [18]:

Grid graphs overlægger kortet med et net, hvis masker kan være rektangulære, kvadratiske, sekskantede eller triangulære. Alle knudepunkterne i dette net som ligger inde i forhindringer, og alle forbindelser som krydser en væg, fjernes, og resultatet bliver en meget finmasket navigationsgraf som vist i figur 4.7, hvor der anbringes unødvendigt mange knudepunkter i positioner der ikke nødvendigvis er optimale. Desuden kan ruterne der fremkommer af denne metode være mindre optimale, idet forbindelserne mellem knudepunkterne følger maskerne i nettet, og således ikke nødvendigvis repræsenterer den kortest mulige rute mellem to punkter som kan se hinanden.



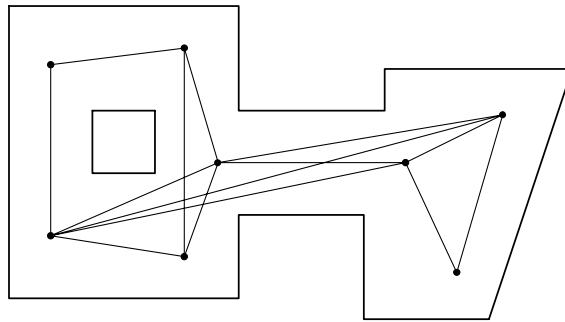
FIGUR 4.7: Navigationsgraf baseret på et kvadratisk overlægsnet.

En anden fremgangsmåde, kaldet *Corner graph*, identificerer forhindringerne og anbringer knudepunkter i disses konvekse hjørner, hvorefter alle knudepunkter, som direkte kan forbindes uden at linien mellem dem støder ind i mellemliggende vægge, forbindes (se eksempel i figur 4.8). Resultatet af dette er at grafen dækker kortet på en sådan måde at der navigeres meget mellem hjørner af forhindringer, resulterende i ganske optimale grafer over kortet, idet der ikke opstår spild i form af omveje og for lange ruter mellem punkter som direkte kan se hinanden.



FIGUR 4.8: Navigationsgraf baseret på knudepunkter anbragt ud fra forhindringernes konvekse hjørner.

Waypoints graphs anbringer knudepunkter i midten af lokaler og gange, hvor der er rigeligt med plads omkring knudepunkterne (Se figur 4.9). Knudepunkterne forbindes på samme måde som i corner graphs, med kontrol af alle par af knudepunkter for mellemliggende forhindringer. Waypoints graphs er en meget anvendt metode i computerspil, og fungerer generelt godt i miljøer der repræsenterer virkelighedens arkitektur, såsom bygninger med lokaler og gange. Til gengæld giver store åbne områder, som f.eks. udendørsarealer, problemer for denne metode, og resulterer i kunstige begrænsninger som ikke findes i den virkelighed der skal repræsenteres.



FIGUR 4.9: Navigationsgraf baseret på knudepunkter anbragt centralt i større områder.

For almindelige bygningskort, som de forhåndenværende af universitetet, spiller døråbninger og væghjørner en afgørende rolle for hvordan der kan navigeres gennem kortet. Derfor vælges det at der i dette projekt skal udvikles en algoritme som kan analysere kortet og ud fra bl.a. døråbninger og hjørner anbringe knudepunkter i en navigationsgraf. Der anvendes således koncepter fra Corner Graph i anbringelsen af knudepunkter, og oprettelsen af forbindelser er identisk med den som benyttes i både Corner Graph og Waypoint Graph.

Kravspekifikation5

5.1 Kravspekifikation

Den foregående analyse har bearbejdet problemstillingen og undervejs beskrevet hvad produktet i dette projekt skal opfylde. Disse krav opsummeres i dette afsnit, som danner grundlag for udviklingen i de næste kapitler, med design, implementering og test af de enkelte programmer. Kort fortalt er målet for udviklingsfasen at fremstille:

- Et grafredigeringsværktøj, der kan anvendes af en administrator til at producere en navigationsgraf som passer til et indlæst bygningskort. Navigationsgrafen kan derefter gemmes og anvendes af UniKrak.
- En ny brugergrænseflade til UniKrak, der henvender sig til PC'ere og MACs, og inkorporeerer de nye positioneringssystemer.
- Et system til positionering med trådløst netværk, der afvikles på klienten og sender positionsinformation til UniKraks server, hvor de anvendes i UniKrak.
- Et system til positionering med trådet netværk, der afvikles på serveren og gennem klientens opkobling lokaliserer denne. Informationen anvendes i UniKrak.

5.1.1 Krav til grafredigeringsværktøj

- A1** Redigeringsværktøjet skal kunne indlæse og vise svg-billeder samt billeder i bmp-, jpeg- og png-format.
- A2** Brugeren skal kunne anbringe knudepunkter på den grafiske visning af billedet.
- A3** Brugeren skal kunne forbinde knudepunkter efter eget valg til en navigationsgraf.
- A4** Knudepunkter skal som minimum have informationerne position, type og beskrivelse tilknyttet. Disse skal kunne redigeres gennem applikationen.
- A5** Forbindelser skal som minimum have en omkostning tilknyttet. Denne skal kunne beregnes euklidisk, men også redigeres gennem applikationen.
- A6** Den producerede navigationsgraf skal kunne gemmes i en fil der kan indlæses af UniKrak.
- A7** Systemet skal definere et standardiseret, vektorbaseret format for kort, men selv for kort der ikke er i dette format skal kravene A1 til A6 gælde.
- A8** Systemet skal kunne benytte eksterne plugins til konvertere billeder til dette standardformat.
- A9** Et udviklet plugin skal kunne konvertere en række eksempelkort til dette format.
- A10** Givet et standardiseret kort skal en funktion kunne generere et forslag til en navigationsgraf.

5.1.2 Krav til positioneringen

- B1** Systemet *Place Lab* skal anvendes til detektering af nærliggende opkoblingspunkter.
- B2** Givet at klienten er tilkoblet afdelingens trådløse netværk skal dennes position bestemmes med en præcision svarende til det nærmeste opkoblingspunkt.
- B3** Givet at klienten er tilkoblet afdelingens trådede netværk skal dennes position bestemmes med en præcision svarende til det lokale klienten er fysisk koblet til.

5.1.3 Krav til brugergrænsefladen

- C1** Brugergrænsefladen skal understøtte og bruge positioneringen med trådløst og trådet netværk.
- C2** Brugergrænsefladen skal være let forståelig
- C3** Der skal inkorporeres zoom og panorering af kortet samt etageskift.
- C4** Positioner skal vises med tydelige farver, der kan associeres med det de betyder.
- C5** Ruter skal være tydeligt synlige, og der skal kunne kendes forskel på delruter som går på den viste etage og på andre etager.
- C6** Brugergrænsefladen skal vise alle relevante informationer på én side.
- C7** Koncepter som brugerposition, destination og viapunkter skal være let forståelige.

6.1 Design af Ethernet-positionering

Ethernet-positioneringen har som udgangspunkt viden om klientmaskinens IP-adresse, og udfordringen ligger da i at oversætte dette til et lokale som kan findes i UniKraks graf. Den eksisterende positionering, som omtales i afsnit 4.1, er implementeret og under løbende udvikling af systemadministrationen på Aalborg Universitets Afdelingen for Elektroniske systemer, navnlig under administratoren Per Mejdal. Denne løsning foretager oversættelsen fra IP-adresse til lokalenummer som følger:

- Routers og DHCP-serverens ARP-tabeller hentes med jævne mellemrum (hver 15. minutter), og disse udtrukne data benyttes til at finde klientens MAC-adresse ud fra klientens opgivne IP-adresse.
- Ligesom ARP-tabellerne udtrækkes med jævne mellemrum udtrækkes også netværksswitchenes MAC-tabeller, som angiver hvilken switchport en given MAC-adresse sidst blev fundet på. Således findes den switchport som hører til den angivne klient.
- Hver switchport fører til et vægstik et sted på universitetet, og med en oversigt over dette koblingsforhold (manuelt vedligeholdt af administratorene) benyttes den fundne switchport til at finde klientens stiknummer.
- Endelig hører hvert vægstik til et lokale, hvor de fleste lokaler på universitetet, især grupperum, har flere stik tilknyttet. Med en oversigt over dette samhørsforhold, atter vedligeholdt manuelt, findes klientens lokalenummer.

Scripts til at udføre hver af disse handlinger kaldes af et samlende PHP-script, som modtager en IP-adresse og returnerer et lokalenummer. Det er stillet specielt til rådighed for UniKrak på adressen <http://harley.kom.aau.dk/unikrak/lookup.php>. Ved simpelt kald af denne side med parameteren `ip` angivet i `http-requestet` returneres den angivne IP-adresses tilhørende lokalenummer, såfremt dette kunne findes. At foretage denne forespørgsel med Java i UniKrak er et simpelt spørgsmål om at afsende et HTTP GET-request, hvilket f.eks. kan gøres med kodeeksemplet i liste 6.1.

LISTING 6.1: Java-kode til afsendelse af et HTTP request [4]

```
1 String ip = request.getRemoteAddr(); // Klientens IP-adresse, som ligger i det modtagne request fra brugeren
2 String room = null;
3
4 try {
5     URL url = new URL("http://harley.kom.aau.dk/unikrak/lookup.php?ip="+ip);
6     BufferedReader in = new BufferedReader(new InputStreamReader(url.openStream()));
7     room = in.readLine(); // Giver null hvis lokalet ikke kan findes
8     in.close();
```

```
9 }  
10 catch (MalformedURLException e) {}  
11 catch (IOException e) {}
```

Det modtagne resultat fra scriptet er, hvis lokalet kunne findes, en streng som udgør et lokalenummer, som f.eks. "A4-205" eller "NJ14_3-309". Da skal UniKrak slå strengen op i sin navigationsgraf; metoder til dette blev udviklet i det oprindelige UniKrak. Positionen skal dernæst anvendes som brugers position til visning og ruteberegning.

I visse tilfælde kan den eksterne løsning dog ikke lokalisere brugeren, f.eks. hvis denne er tilkoblet et vægstik som endnu ikke er medtaget i systemet, eller hvis brugeren tilgår systemer udenfor universitetet. I den situation skal UniKrak meddele brugeren om at positionen ikke kunne findes, og vende tilbage til den tidligere kendte position, hvis en sådan forefandtes.

6.2 Design af WiFi-positionering

Som beskrevet i kravanalysen og specificeret i krav B1 er det valgt at systemet Place Lab skal anvendes til lokalisering. Da målingen af opkoblingspunkter foregår på forskellig vis på forskellige operativsystemer og ikke kan gøres gennem Java, benytter Place Lab sig af native code, på Linux i form af .so-filer, på Windows som .dll og .sys-filer, og på Mac som .jnilib-filer. De øvrige funktioner i Place Lab er implementeret i Java og kan således fungere på alle disse platforme. De omfatter blandt andet vedligeholdelse og anvendelse af en lokal database over opkoblingspunkter, lokalisering med GPS, GSM og Bluetooth samt kommunikation med en global database over opkoblingspunkter.

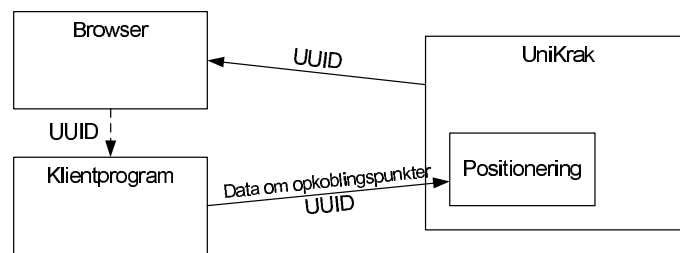
6.2.1 Opdeling i klient- og serversoftware

I forbindelse med kobling til UniKrak er det nødvendigt at overføre de opfangede positionsdata til UniKrak-serveren, hvorfor et modul udvikles til at modtage disse data og sende dem til serveren over netværket. Place Lab distribueres i forvejen som en pakket .jar-fil, så denne fil vedlægges i distribueringen, sammen med kommunikationsmodulet som også pakkes til en .jar-fil. Disse filer, sammen med en vejledning til hvordan programmet startes, pakkes i en fil som kan downloades til klienten.

UniKrak ses fra klienten gennem en browser, men der er ikke nogen direkte mulighed for at overføre dataene fra Java-programmet til serveren gennem browseren, da der på klientsiden ikke kan tilgås data fra et lokalt program (hvilket også ville være en sikkerhedsbrist). Dette er dog heller ikke nødvendigt, da der uden problemer vil kunne overføres data separat fra Java-programmet direkte til UniKrak-serveren med et HTTP POST-request. Opstillingen er illustreret i figur 6.1.

Eftersom flere klienter kan tænkes at anvende denne form for positionering skal positionsdata på serveren unikt kunne associeres med tilkoblede klienter. Et "unique user id" (UUID) benyttes allerede i UniKrak til angivelse af hver klient, og med dette id vil klientens data kunne hentes frem og opdateres med en funden position. Id'et er genereret med Javas indbyggede metode `java.util.UUID.randomUUID()`, og udgør et tal på 128 bit. Hvis klientprogrammet kender

klientens UUID og kan identificere sig overfor serveren med dette, kan de overførte data på serversiden associeres med den rigtige klient.



FIGUR 6.1: Overførsel af positionsdata fra PlaceLab til UniKrak-serveren, til visning i klientens browser.

Denne id kan f.eks. overføres til klientprogrammet ved at det vises i browseren af UniKrak sammen med instruktioner om hvordan klientprogrammet bruges. Når brugeren således vælger at der skal benyttes trådløs positionering, vises der i browseren instruktioner om download og brug af klientprogrammet samt hvilket input det skal have.

Det er dog ikke nødvendigt at anbringe al Place Labs funktionalitet på klienten; hele Place Labs .jar-fil fylder 5 MB, og indeholder mange funktioner som ikke er nødvendige for anvendelse i forbindelse med UniKrak. Dertil kommer, at databasen over opkoblingspunkter er fælles for hele universitetet, så opslaget i denne samt eventuel triangulering ud fra resultatet vil med fordel kunne afvikles så serveren. Således vælges det at programmet på klienten blot foretager målinger af dens nærmeste opkoblingspunkter, og sender disse data til UniKrak-serveren der foretager den resterende behandling.

Da der ikke kan forventes at være et fast antal opkoblingspunkter skal antallet af afsendte parametre indstilles efter antallet af fundne opkoblingspunkter. Parametrene som skal sendes fra klienten til serveren vælges derfor til at være:

numAPs - Antal fundne opkoblingspunkter - i de efterfølgende parametre angiver heltallet n et opkoblingspunkt i listen, hvor n er et heltal fra 0 til $\text{numAPs}-1$.

bssid n - BSSID for opkoblingspunkt n .

ssid n - SSID for opkoblingspunkt n .

rssin - Modtaget signalstyrke (RSSI) for opkoblingspunkt n .

Et eksempel på en sådan samling parametre kan således være:

```

numAPs=2
BSSID0=192.168.0.1
BSSID1=192.168.0.2
SSID0=AAU
SSID1=AAU
RSSI0=-25
RSSI1=-40
  
```

6.2.2 Klientapplikationen

På klientsiden er opgaven som beskrevet at udtrække informationer om de opkoblingspunkter der er indenfor rækkevidde og sende dem til UniKrak-serveren. Til indsamling af disse data har Place Lab klassen **WiFiSpotter**, der benytter native libraries til at hente informationerne fra netkortet. Et objekt af klassen kan oprettes til at køre som en tråd, hvor disse data udtrækkes og sendes til en specificeret `EventListener` med foruddefinerede mellemrum. Her overføres dataene i form af et objekt af klassen **BeaconMeasurement**, der indeholder en liste af **WiFiReadings**, ét for hvert fundet opkoblingspunkt, med informationer om punktets BSSID, SSID og RSSI. Der skal således udvikles en klasse til at modtage disse events, læse de relevante informationer (BSSID, SSID og RSSI), og sende disse til UniKrak-serveren med et HTTP POST-request.

En måling af opkoblingspunkterne modtages i et objekt af klassen **BeaconMeasurement**, der indeholder et antal målinger af separate opkoblingspunkter, defineret i objektets metode `numberOfReadings()`. Disse er af klassen **WiFiReading**, og kan udtrækkes med metoden `getReading(i)`, hvor `i` er målingens nummer. I hver **WiFiReading** kan BSSID, SSID og RSSI udtrækkes med henholdsvis `getId()`, `getSsid()` og `getRssi()`, og fremgangsmåden bliver derfor, at en parameterstreng genereres i henhold til de tidligere beskrevne parametre, ud fra oplysningerne i det modtagne **BeaconMeasurement**-objekt og dets **WiFiReading**-objekter, som derefter sendes til serveren. Et HTTP POST-request med parametre kan afsendes på samme måde som beskrevet i liste 6.1, med adressen ændret og parametrene indført.

6.2.3 Serverdelen

Et modul på serversiden skal modtage disse requests og anvende de overførte data til beregning af brugerens position. Når et request behandles i UniKraks servlet, læses parametre i requestet med linien:

```
String parameterValue = request.getParameter("parameterName");
```

Hvis parameteren ikke er sat af klienten er resultatet `null`. Denne konstruktion skal benyttes til at udtrække alle parametre fra klienten, så når et request modtages fra klienten, og det afgøres at der er tale om en liste af opkoblingspunkter, skal antallet af opkoblingspunkter og efterfølgende hvert af de supplerede parametre indlæses og lagres i en dertil indrettet klasse.

Med de modtagne informationer om klientens nærliggende opkoblingspunkter og deres signalstyrker (RSSI) skal disse sammenlignes med data om opkoblingspunkternes placering. Den bedste information som umiddelbart kan skaffes om opkoblingspunkterne er hvilke lokaler de befinder sig i, og hvilke koordinater der er associeret med disse lokaler. Opkoblingspunkternes associerede lokaler kan anvendes direkte i UniKrak i forbindelse med positionsvisning og ruteberegning, og er således tilstrækkeligt til brug i UniKrak.

Med de fundne opkoblingspunkters positioner kan klientens position estimeres. Dertil foreslås følgende metoder:

Nærmeste opkoblingspunkt Ud fra listen af fundne opkoblingspunkter vælges det med den bedste signalstyrke (RSSI). Dets lokale anvendes som klientens position. Denne metode er den simpleste, og er direkte inspireret af krav B2.

Gennemsnitlig position Givet en samling fundne opkoblingspunkter har Place Lab implementeret en klasse (*CentroidTracker*) til estimering af klientens position med centroidepositionering, som er en simpel middelværdi for de fundne opkoblingspunkters positioner [13].

Vægtet gennemsnit (Interpolation) Place Labs centroidepositionering tager ikke de målte signalstyrker i betragtning, men med en estimering af afstanden til hvert opkoblingspunkt ud fra signalstyrken kunne dette forbedres, så en mere præcis position muligvis findes.

De to sidste metoder åbner mulighed for at klientens position estimeres til et utilgængeligt sted, f.eks. inde i en mur eller skillevæg. Derfor må positionen justeres til det nærmeste meningsfulde sted ved at betragte navigationsgrafen, hvis knudepunkter og forbindelser angiver kendte valide positioner. I navigationsgrafen kan enten vælges det nærmeste knudepunkt som justering, eller det nærmeste punkt på den nærmeste forbindelse. Den letteste løsning af disse to vil være det nærmeste knudepunkt, idet der ikke skal indføres et nyt punkt i ruteberegningen på en eventuelt nærmeste forbindelse. Desuden vil en estimeret position alligevel have en lav præcision, hvorfor det nærmeste knudepunkt oftest vil være en tilstrækkelig tilnærmelse.

Således bliver processen på UniKrak-serveren:

1. Modtag data om opkoblingspunkter fra klienten.
2. Find disse opkoblingspunkter i navigationsgrafen.
3. Find klientens position ud fra de fundne opkoblingspunkter.
4. Hvis en anden metode end den første anvendes, vælg det knudepunkt i navigationsgrafen som er tættest på den estimerede position.

Med klientens position fundet skal denne kunne benyttes i UniKrak til visning i brugergrænsefladen samt til ruteberegning.

6.2.3.1 Uddybelse af den vægtede interpolation

At benytte middelværdien af de fundne opkoblingspunkters x- og y-koordinater, som Place Lab giver mulighed for, er naturligvis en mulig fremgangsmåde, omend den er noget upræcis, idet den ikke tager de målte signalstyrker i betragtning. Som alternativ er derfor foreslået en anden metode, som medtager signalstyrkerne i beregningerne. Beregningen af middelværdien vægtes i forhold til afstanden til opkoblingspunkterne, og denne afstand findes ud fra den målte signalstyrke. Naturligvis har tilstedeværelsen af vægge, etageadskillelser, møblelement og personer i bygningen stor indflydelse på fordelingen af signalet og dermed den målte signalstyrke, men som udgangspunkt kan følgende simple signaludbredelsesmodel benyttes, som beskrevet i [5]:

$$P(r_i)[dBm] = P(r_0)[dBm] - 10 \cdot \alpha \cdot \log \frac{r_i}{r_0}$$

Hvor $P(r_i)$ er signalstyrken for opkoblingspunkt i hos modtageren, r_i er afstanden til opkoblingspunkt i , $P(r_0)$ er signalstyrken i et kendt referencepunkt og r_0 er afstanden til dette referencepunkt. α angiver den rate hvormed signalstyrken formindskes når afstanden forøges. [5] sætter α til konstanten 2, men dette skifter naturligvis fra sted til sted.

Formlen kan omskrives til:

$$\frac{P(r_i) - P(r_0)}{-10 \cdot \alpha} = \log \frac{r_i}{r_0}$$

$$r_i = r_0 \cdot 10^{\frac{P(r_0) - P(r_i)}{10\alpha}}$$

og således kan afstanden r_i estimeres, givet at de øvrige variabler er kendt. Til interpolation mellem flere opkoblingspunkter benyttes som nævnt en vægtning, der kan beregnes ved først at definere en midlertidig variabel I_i for hvert knudepunkt, som er den reciprokke værdi af r_i .

$$I_i = \frac{1}{r_i}$$

samt summen af disse

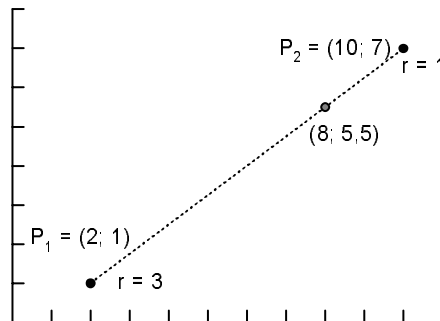
$$I_{total} = \sum_{i=1}^n I_i = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Denne model oprettes for at definere en værdi for hvert opkoblingspunkt, som angiver hvor meget punktet ”trækker” i positionen. Således vil to opkoblingspunkter, hvor det ene punkt har en r på det halve af det andet punkts r , dobbelt så stor ”tiltrækning” af det estimerede punkt, og det indbyrdes forhold har direkte indflydelse på positionsestimatet. De beregnede værdier kan skaleres direkte til opkoblingspunkternes vægte:

$$w_i = \frac{I_i}{I_{total}}$$

Med vægtene for hvert opkoblingspunkt fundet er interpolationen af positionen simpel:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \left[\sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \cdot w_i \right]$$



FIGUR 6.2: Eksempel på interpolation mellem to opkoblingspunkter.

Beregningen af vægtene kan, med interpolationsformlen på plads, efterprøves med et eksempel:

Antag at to opkoblingspunkter p_1 og p_2 er anbragt i koordinaterne $(2, 1)$ og $(10, 7)$ (se figur 6.2), med beregnede værdier for r på 7,5 og 2,5. Dette vil give:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{1}{r_1} = \frac{1}{7,5} = \frac{2}{15} \\ I_2 &= \frac{1}{r_2} = \frac{1}{2,5} = \frac{2}{5} \\ I_{total} &= \frac{2}{15} + \frac{2}{5} = \frac{8}{15} \\ w_1 &= \frac{I_1}{I_{total}} = \frac{2}{15} \cdot \frac{15}{8} = \frac{30}{120} = \frac{1}{4} \\ w_2 &= \frac{I_2}{I_{total}} = \frac{2}{5} \cdot \frac{15}{8} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4} \\ x &= 2 \cdot \frac{1}{4} + 10 \cdot \frac{3}{4} = 8 \\ y &= 1 \cdot \frac{1}{4} + 7 \cdot \frac{3}{4} = 5,5 \end{aligned}$$

Hvilket stemmer med figuren. Dog skal det noteres at denne metode tager forholdet mellem de målte afstande i betragtning, frem for afstandene selv, og enhver estimeret position vil således ligge mellem de målte opkoblingspunkter, selvom den reelle position kan være anderledes. Således vil afstandene til opkoblingspunkterne fundet gennem interpolationen ikke nødvendigvis stemme med inputværdierne for r_i .

6.3 Brugergrænseflade

Den grafiske brugergrænseflade i det eksisterende UniKrak er henvendt til skærmstørrelsen på en PDA, og er således meget kompakt. Teksten er lille, kortet tilpasset størrelsen, og funktionerne spredt over otte sider. Dette fungerer for en enhed med denne begrænsede skærmstørrelse, men til brug på PC'er og andre enheder med større kapacitet er brugergrænsefladen uhensigtsmæssigt lille.

Det tidligere UniKrak oplevede dog også gennem usability-tests, at lærevenligheden og navigationsvenligheden lå lidt over middel, med en gennemsnitlig score på 3.4 på en skala fra 1 til 5 [22]. For at imødekomme brugen af UniKrak på PC'er udvikles en ny brugergrænseflade, der er tilpasset de større muligheder. De nøglepunkter der sættes ind på i udviklingen af den nye brugergrænseflade tæller bl.a.:

- Navigationen mellem sider fjernes - alt holdes på én side.
- I stedet for at brugeren skal navigere kortet ved at klikke på navigationspile indføres et kort med glidende panorering - dette forkorter også ventetiden idet serveren ikke skal generere et nyt kort hver gang kortet panoreres.
- Koncepter som brugerposition, destination og viapunkter klargøres for brugeren, og oversigter over disse anbringes overskueligt.
- Positionering med WiFi og ethernet, som også udvikles, indføres i brugergrænsefladen hvor brugeren kan vælge positioneringsmetoden.

Et udkast til den nye brugergrænseflade kan ses i figur 6.3. Navnet "UniKraK" bibeholdes, men bør eventuelt ændres senere, idet navnet "KraK" er et eksisterende registreret varemærke ejet af Kraks Forlag A/S [1].

UniKraK		
Navigation	Kort	Bogmærker
Position		Søgning
Destination		Resultater
Viapunkter		

FIGUR 6.3: Udkast til brugergrænsefladens struktur.

I det følgende vil de enkelte elementer og koncepter i denne brugergrænseflade blive gennemgået med hensyn til deres funktion og hvilke muligheder de skal stille til rådighed for brugeren.

6.3.1 Position, destination og viapunkter

Koncepterne brugerposition, destination og viapunkter deles tydeligt op, og hvert af disse ordnes i deres eget område, med tilhørende muligheder for ændring af disse anbragt deri. Således indeholder et område af brugergrænsefladen information om brugerens position og stiller værktøjer til rådighed for at ændre eller slette denne. Da positionering med WiFi og ethernet i høj grad angår brugerens position, skal dette område indeholde valgmuligheder hvor brugeren

kan vælge positioneringsmetoden. Således fremgår et forslag til konceptet for denne del af brugergrænsefladen i figur 6.4.

Position	
Din position er: Fredrik Bajers Vej 7 Lokale B3-104	
Angiv din position:	
☐ WiFi ☐ Ethernet ☐ Manuelt:	

FIGUR 6.4: Udkast til området for brugerposition.

Destination	
Din destination er: Fredrik Bajers Vej 7 Lokale B2-109	
Angiv ny destination:	

FIGUR 6.5: Udkast til området for destination.

Samme koncept benyttes på destinationen, dog uden valgmulighederne for positionering med WiFi og ethernet. Se figur 6.5.

Viapunktlisten skal naturligvis indeholde en liste over de eksisterende viapunkter, og give mulighed for at tilføje nye viapunkter. For hvert viapunkt skal informationer som adresse og lokalenummer vises, sammen med muligheder for at fjerne viapunktet samt flytte punktet op og ned i listen. Endeligt skal der ud fra viapunktslisten kunne beregnes sekventielle ruter (med viapunkter i rækkefølge) og optimale ruter (kortest mulig rute som besøger alle viapunkter), hvilket blev implementeret i det oprindelige UniKrak. Se udkast til viapunktsområdet i figur 6.6.

Viapunkter		
<u>Sekventiel rute</u>		
<u>Optimal rute</u>		
A1-105	↑↓	
A4-205	↑↓	
C4-209	↑↓	

FIGUR 6.6: Udkast til området for viapunkter.

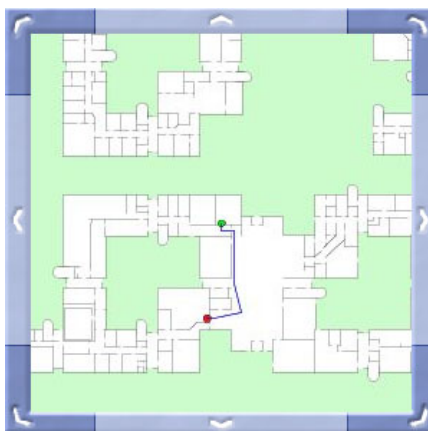
Alle disse brugerinteraktioner fungerer ved at et link eller formularinput på siden sender en eller flere parametre til serveren. Når den nye side skal genereres, undersøges det hvilke parametre der er sat og til hvad, og ud fra disse data foretages datamanipulation der reflekterer de foretagne handlinger, som f.eks. at flytte et viapunkt op i listen, resette destinationen eller foretage en søgning.

6.3.2 Kort

Kortet i midten af brugergrænsefladen udgør det vigtigste medium til formidling af information til brugeren, og skal ligesom i det eksisterende UniKrak vise ruter og positioner ud fra brugerens valg. De forskellige positioner, som f.eks. brugerens position, valgte destination og viapunkter skal vises med farvede cirkler.

Når en position og en destination er valgt af brugeren, skal en rute mellem de to punkter beregnes og vises på kortet. Med opsætning af viapunkter og efterfølgende beregning med disse til sekventielle eller optimale ruter skal de fundne ruter naturligvis også indtegnes på kortet.

I det eksisterende UniKrak panoreredes kortet med navigationsknapper anbragt ved kortets kant (se figur 6.7), så et tryk på en af disse knapper frembragte et nyt udsnit af kortet et stykke i den ønskede retning. Mens denne løsning er brugbar, er den også ufleksibel, idet brugeren ikke har kontrol over hvor meget der panoreres i den ønskede retning, og serveren skal ved hver opdatering gennemgå SVG-dataene og renderere et nyt billede til visning.



FIGUR 6.7: Visning af kortet i det eksisterende UniKrak [22].

Således foreslås en ny metode til panorering, inspireret af andre applikationer (f.eks. Google Maps [7]), hvor brugeren med musemarkøren kan tage fat i et punkt på kortet og trække billedet rundt flydende, hvorved brugeren hurtigt kan bringe en ønsket del af kortet i fokus.

6.3.3 Bogmærker

Bogmærkekonceptet fungerer efter samme princip som i det oprindelige UniKrak. En liste af eksisterende bogmærker vises, og givet et valgt bogmærke vises dets informationer og tilhørende muligheder. I tilfælde af et lokale omfatter disse informationer:

- Lokalenummer
- Adresse
- Bygning

Endvidere skal der gives følgende muligheder:

- Visning af lokalet på kortet
- Brug af lokalet som udgangsposition
- Brug af lokalet som destination
- Tilføj lokalet som viapunkt
- Fjern visning af bogmærkets informationer
- Slet bogmærket

I tilfælde af en person omfatter gælder informationerne:

- Navn
- Telefonnummer

samt følgende muligheder:

- Gå til profil på pds.aau.dk
- Gå til personens hjemmeside

Hvis et lokalenummer kan associeres med personen vises også informationerne og mulighederne for et lokale sammen med de øvrige personinformationer.

6.3.4 Søgning og resultater

Søgningsfeltet følger linien fra det oprindelige UniKrak, hvor et enkelt tekstfelt og en aktiveringsknap udgør brugerens inputmuligheder. Når en søgestreng er angivet og modtaget på serveren foretages en personsøgning med universitetets PersonDataSystem, PDS, samt lokalesøgning i UniKraks interne graf. Resultaterne vises efterfølgende i resultatområdet.

Ud fra brugerens seneste søgning vises en liste af resultater, hvor hvert resultat indeholder samme informationer og muligheder som de ovennævnte bogmærker, med den undtagelse at felterne ”fjern visning” og ”slet bogmærke” er erstattet af en mulighed for at tilføje søgeresultatet som et bogmærke.

6.4 Design af Grafredigeringsværktøjet

Ud fra kravene til grafredigeringsværktøjet opdeles programmet i fire logiske moduler for at gøre systemet struktureret samt for at forenkle både udviklingen og forståelsen af programmet:

Grafisk brugergrænseflade Sørger for interaktionen med brugeren og håndterer den basale redigering (krav A1 til A5).

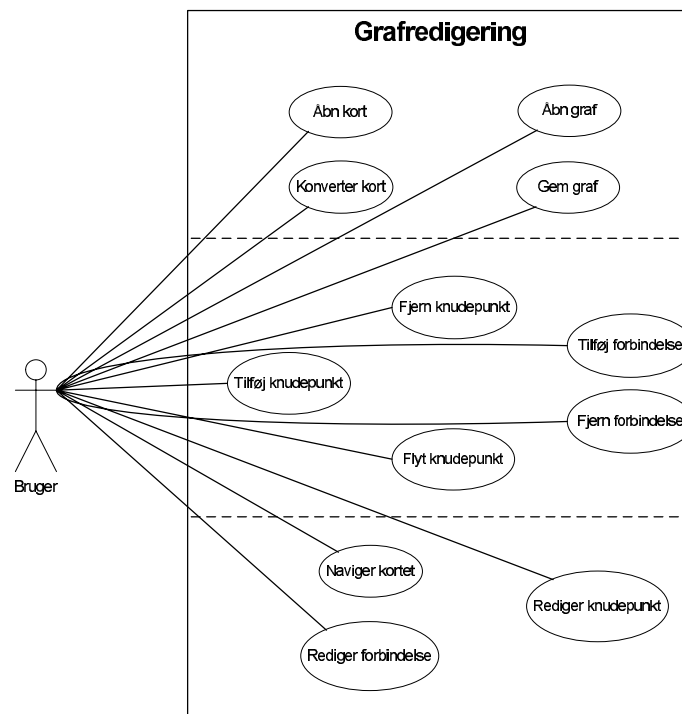
Fil I/O Indlæser og gemmer grafer i UniKraks format (krav A6).

Kort Import Indlæser og konverterer kort til standardformatet, til brug i den automatiske grafproduktion (krav A7 til A9).

Autograph Genererer et forslag til en navigationsgraf ud fra et standardiseret kort (krav A10).

6.4.1 Grafisk brugergrænseflade

De handlinger der rimeligvis kan antages skal udføres af brugeren er opstillet i Use Case diagrammet i figur 6.8. Da flere af disse handlinger er beslægtede, grupperes de i menuer i brugergrænsefladen, f.eks. en menu som indeholder knapper til udførsel af de første fire handlinger.



FIGUR 6.8: Use case diagram over de operationer der skal udføres med grafredigeringsværktøjet.

6.4.1.1 Fil I/O

Åbn kort Skal åbne en fildialog, hvor brugeren kan vælge et kort der skal indlæses. Dette kan da være i svg, bmp, jpeg eller png-format. Når en fil af et af disse formater er valgt skal den indlæses og vises i brugergrænsefladen.

Konverter kort Skal analysere en indlæst svg-fil og finde vægge. Dette udføres af modulet "kort import".

Åbn graf Skal åbne en fildialog, hvormed der kan vælges en graf-fil som skal indlæses. Grafen skal da indlæses og vises i brugergrænsefladen, og overskrive en eventuelt eksisterende graf.

Gem graf Skal åbne en fildialog hvormed brugeren kan vælge en placering i filsystemet. Den nuværende graf skal da gemmes til den valgte placering i et format der kan indlæses af UniKrak.

6.4.1.2 Redigering

Tilføj knudepunkt Skal lade brugeren kunne tilføje knudepunkter til grafen ved at klikke på kortet på det ønskede sted.

Fjern knudepunkt Skal lade brugeren fjerne knudepunkter fra grafen. Når et knudepunkt fjernes skal dets forbindelser til andre knudepunkter naturligvis også fjernes.

Flyt knudepunkt Skal lade brugeren kunne flytte knudepunkter til nye positioner.

Tilføj forbindelse Skal lade brugeren kunne oprette forbindelser mellem knudepunkter.

Fjern forbindelse Skal lade brugeren kunne fjerne forbindelser.

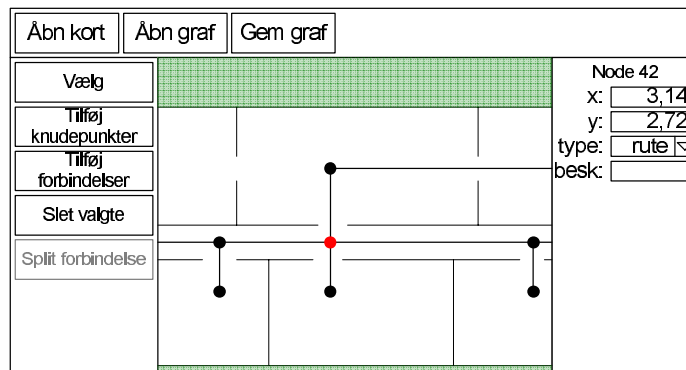
Rediger knudepunkt Skal lade brugeren kunne redigere knudepunktets attributter, navnlig position, type og associeret tekststreng.

Rediger forbindelse Skal lade brugeren kunne redigere forbindelsens attributter, navnlig dens knudepunkter og omkostning.

Naviger kortet Skal give brugeren mulighed for at panorere og zoome kortet.

6.4.1.3 Layout

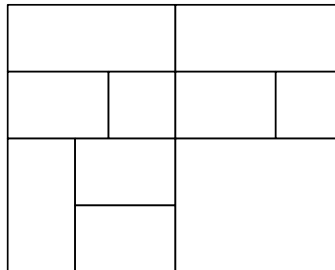
Brugergrænsefladen tænkes udført med indlæsning- og gemmemulighederne placeret langs toppen af billedet, som det typisk er kendt fra andre programmer. Redigeringsværktøjerne anbringes langs venstre kant, kortet i midten og redigerbare attributter for valgte elementer til højre. Udkastet er illustreret i figur 6.9.



FIGUR 6.9: Udkast til den grafiske brugergrænseflade i grafredigeringsværktøjet.

Det viste udkast har tilnærmelsesvis samme overordnede struktur som den nye brugergrænseflade i UniKrak (se afsnit 6.3 og i særdeleshed figur 6.3), hvor den tydeligste lighed findes i kortets centrale position, omgivet på venstre og højre side af interaktive elementer. Grundet de to applikationers forskellige anvendelsesområder er der dog naturlige forskelle, som f.eks. er tydeligt i panelernes indhold.

Ligesom UniKrak udvikles grafredigeringsværktøjet i Java for at opnå platformsuafhængighed. Til grafiske brugergrænseflader i Java eksisterer pakken Swing, som indeholder klasser til definition af grafiske elementer, og dette benyttes til konstruktion af brugergrænsefladen i grafredigeringsværktøjet (til forskel fra selve UniKrak, hvor programmet producerer HTML-kode der fortolkes af klientens browser). Opbygningen af en brugergrænseflade foregår her ved oprettelse af objekter af swing-klasser og organisering af disse i et hierarki. Elementernes indbyrdes placering dikteres af en "Layoutmanager". Hertil vælges Layoutmanageren "GridBagLayout", der lader elementer ordne i en tabelstruktur med rækker og søjler, hvor elementer kan defineres til at spænde over flere rækker eller søjler (se figur 6.10).



FIGUR 6.10: Eksempel på tabellayout i swing - de enkelte celler kan frit spænde over flere rækker og søjler.

Der skal således blot oprettes en serie knapper og andre elementer som indsættes i en sådan tabelstruktur, for at skabe brugergrænsefladens udseende.

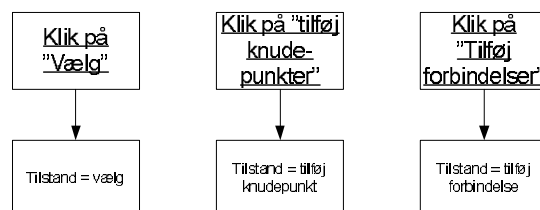
6.4.1.4 Funktionalitet

Til alle de data som skal bruges i behandlingen af navigationsgraferne oprettes et objekt, som indeholder den graf der skal redigeres samt den tilstand editoren er i (om brugeren er ved at tilføje knudepunkter, forbindelser, eller er ved at vælge blandt disse).

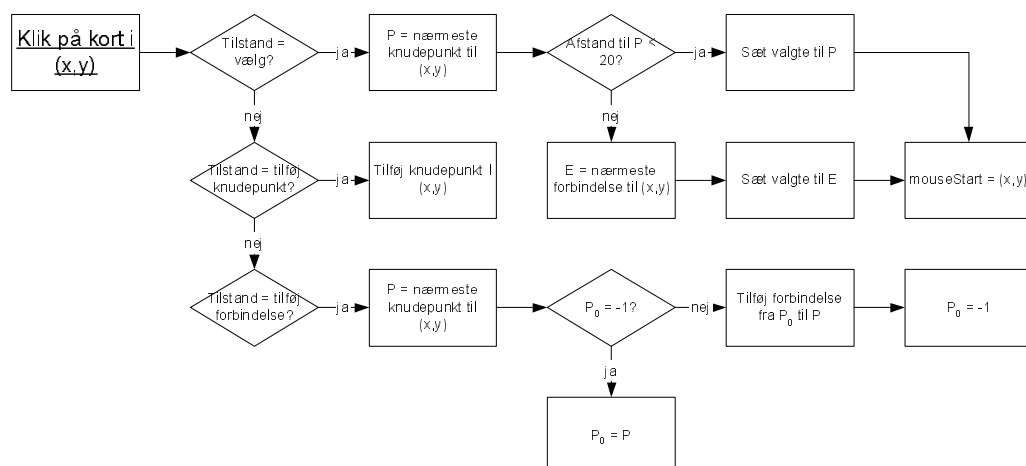
Repræsentationen af grafen som er gemt i denne struktur skal implementere metoder til at indsætte og fjerne knudepunkter og forbindelser, hvorfor grafens lister over knudepunkter og forbindelser implementeres som samlinger af typen **ArrayList**, i stedet for almindelige arrays. Derved fungerer indsættelser og sletninger af knudepunkter og forbindelser meget hurtigere end ellers.

Knapperne til at vælge samt tilføje knudepunkter og forbindelser skal som det eneste sætte en tilstand i en tilstandsmaskine til den ønskede værdi (se figur 6.11), og efterfølgende vil brugerinteraktioner med hovedvinduet igangsætte læsning af denne tilstand og reaktion derefter (se figur 6.12). Således udføres handlingen "tilføj knudepunkt" ved, at der ved klik på kortet

aflæses editorens tilstand, og hvis denne er sat til at der skal tilføjes knudepunkter, oprettes et knudepunkt i de valgte koordinater og indsættes i slutningen af grafens liste over knudepunkter.



FIGUR 6.11: Flowdiagrammer over knapperne "vælg", "tilføj knudepunkter" og "tilføj forbindelser". Disse sætter tilstanden til den associerede værdi.



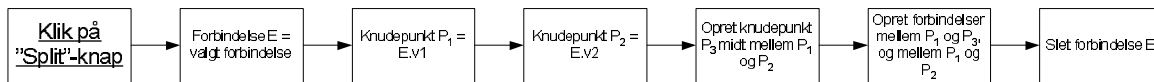
FIGUR 6.12: Flowdiagram over klik på kortet, hvor tilstanden afgør hvad et sådant klik skal resultere i.

Handlingen "tilføj forbindelse" skal udføres når brugeren klikker på kortet og tilstanden er sat til at der skal oprettes forbindelser. Ud fra brugerens klik vælges det nærmeste knudepunkt, som således markeres. Det næste knudepunkt som brugeren vælger på samme måde, forbindes med det første ved at der oprettes en forbindelse som definerer de to knudepunkter, og denne indsættes efterfølgende i slutningen af grafens liste over forbindelser.

Klikker brugeren derimod på kortet i tilstanden "vælg", skal det nærmeste knudepunkt indenfor en minimumsafstand vælges, og hvis ingen sådanne knudepunkter er tæt nok på, vælges den nærmeste forbindelse. Det valgte element farves rødt, dets data indsættes i redigeringsfelterne til højre, og sletteknappen bliver tilgængelig. Ydermere, hvis der er valgt en forbindelse skal knappen "split" også gøres tilgængelig.

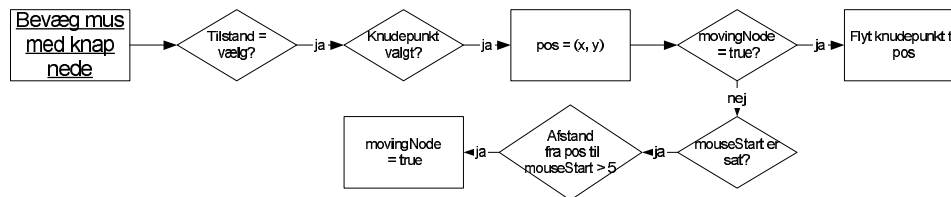
Når et knudepunkt eller en forbindelse er valgt, og sletteknappen er gjort tilgængelig, skal et tryk på denne aktivere grafens metode til at fjerne det valgte knudepunkt eller forbindelse.

Når en forbindelse er valgt og splitknappen er gjort tilgængelig, skal et tryk på denne oprette et nyt knudepunkt midt mellem den valgte forbindelses knudepunkter, oprette nye forbindelser fra dette knudepunkt til de oprindelige knudepunkter, og slette den gamle forbindelse (se figur 6.13).



FIGUR 6.13: Flowdiagram over splitknappen, der anbringer et nyt knudepunkt midt på en eksisterende forbindelse.

Endelig skal det være muligt at flytte de valgte knudepunkter ved at trække dem rundt på kortet. Således, når musen trækkes rundt på kortet (med knappen nede), hvis tilstanden er "vælg", og et eller flere knudepunkter er valgt, skal de valgte knudepunkter følge musens position (se figur 6.14).



FIGUR 6.14: Flowdiagram over flytning af musen på kortet med venstre museknap nede, som, hvis de rette betingelser er til stede, skal flytte knudepunkter efter musens bevægelser.

Alle disse handlinger, som reagerer på brugerinput, implementeres igennem Javas dertil indrettede koncept "Listeners". Det sker ved at en funktion som indeholder de ønskede operationer tilknyttes det element der interageres med, og når brugeren udfører den rigtige handling med elementet, som f.eks. klik eller flytning af musen, aktiveres den tilknyttede kode. Handlingerne er således organiseret efter hvilket element og elementhandling de er tilknyttet, og er opsummeret i de følgende flowdiagrammer.

6.4.2 Fil I/O

Dette modul skal tage sig af at indlæse og gemme grafer i UniKraks format. For indlæsningen af grafer i tekstformat anvendes UniKraks eksisterende grafparser, der indlæser en tekstfil i UniKraks format og producerer en graf til brug i programmet. En modsvarende funktion til at gemme grafer i dette format udvikles. I denne åbnes en fil til skrivning, listen over knudepunkter gennemgås, og for hvert knudepunkt skrives de relevante data (id, position, beskrivelse, forbindelser og type) til filen i UniKraks format. Det samme gøres derefter for listen over forbindelser, med informationerne id, knudepunkter og omkostning.

I UniKraks format er knudepunkter repræsenteret på følgende måde:

```
node 12 {  
  type = 1;  
  pos = 835.0,1367.07;  
  desc = A1-234;  
  edges = 126, 127, 128, 129, 131, 266;  
  floor = 1;  
}
```

og knudepunkter på formen:

```
edge 860 {  
  node1 = 688;  
  node2 = 677;  
  cost = 280.0;  
}
```

Disse konstruktioner bruges i lange lister over knudepunkter og forbindelser, der er indsat i den overordnede struktur i filen:

```
frb7="Fredrik Bajers Vej 7";  
nj12="Niels Jernes Vej 12";
```

```
frb7 nodes {  
  (liste af knudepunkter)  
}
```

```
frb7 edges {  
  (liste af forbindelser)  
}
```

```
nj12 nodes {  
  (liste af knudepunkter)  
}
```

```
nj12 edges {  
  (liste af forbindelser)  
}
```

6.4.3 Kort Import

For at den automatiske grafgenerering skal have mulighed for at fungere ud fra kortet er det nødvendigt at fortolke svg-dataene og oprette en repræsentation af kortets vægge. Denne

repræsentation holdes så simpel som mulig, så en væg udgøres af dets endepunkter, repræsenteret med todimensionelle koordinater. De eksisterende kort, og de fleste andre bygninger hvor UniKraK kunne komme i betragtning, indeholder hovedsageligt lige vægge, hvorfor denne repræsentation er velegnet til formålet. Endvidere kan repræsentationen af buede vægge i forbindelse med grafproduktionen nedbrydes i et endeligt antal lige vægge med begrænset tab af præcision.

For de kort der skal fortolkes er en sekvens af vægge eksempelvis repræsenteret ved en ”sti”, der kan udgøres af flere sammenhængende liniestykker, på følgende måde:

```
1 <path style=" fill :none; fill -opacity:0.75; fill -rule:evenodd;stroke:#000000;stroke-width:1px;stroke-linecap:butt;stroke-linejoin:
   miter;stroke-opacity:1;display:inline" d="M 284,394.04075 L 284,333.04075 L 167,333.04075 L 167,216.04075 L
   148,216.04075" id="path17876" sodipodi:nodetypes="ccccc" />
```

De interessante informationer i denne repræsentation er stiens koordinater, i dette eksempel angivet ved `d="M x,y L x,y L x,y L x,y L x,y"` (decimaltal indsættes for `x` og `y`). Under fortolkningen af en sådan sekvens af kommandoer lagres et koordinat som ”det aktive punkt”, og dette punkt tjener som udgangspunkt i de fleste kommandoer, således at de specificerede koordinater sammen med det aktive punkt definerer en streg eller en kurve. Derefter sættes de specificerede koordinater som det nye aktive punkt. Ifølge [24] kan attributten `d` antage følgende former:

M (x,y)+ (Moveto) Udgangspunktet for en ”sti”, som kan bestå af et arbitrært antal liniestykker.

En sti begynder med denne konstruktion (som eksemplet ovenfor også viser), og de efterfølgende kommandoer specificerer stiens videre forløb. Hvis flere koordinatsæt er inkluderet betragtes disse som Lineto-kommandoer. Kommandoen indeholder naturligvis ikke de viste parenteser; disse vises her sammen med plustegnet for at illustrere, at der er mulighed for specifikation af flere koordinatsæt.

L (x,y)+ (Lineto) Knudepunkt på en sti. Definerer det næste punkt i en række af lige linier, således at der fra det aktive punkt trækkes en streg til de angivne koordinater, og koordinaterne bliver til det nye aktive punkt. En serie af Lineto-kommandoer, påbegyndt af en Moveto-kommando, vil således definere en serie af sekventielt sammenhængende liniestykker.

Z (Closepath) valgfri afslutning på en sti, som definerer at der skal tegnes et liniestykke fra det nuværende punkt til startpunktet (angivet ved den første moveto-kommando i stien).

H x+ (Horizontal lineto) Knudepunkt på en sti, hvor `y`-koordinaten fra seneste punkt bibeholdes, så der tegnes en vandret linie til den angivne `x`-koordinat.

V y+ (Vertical lineto) Knudepunkt på en sti, hvor `x`-koordinaten fra seneste punkt bibeholdes, så der tegnes en lodret linie til den angivne `y`-koordinat.

C (x1,y1 x2,y2 x,y)+ (Curveto) Bezierkurve, der tegnes ud fra de angivne parametre, fra det nuværende punkt til `(x,y)`, med `(x1,y1)` og `(x2,y2)` som kontrolpunkter. I dette program inddeles kurven i et endeligt antal liniestykker ud fra matematikken bag bezierkurver (se f.eks. [16]).

Et indlæst svg-dokument har en træstruktur, der kan gennemgås rekursivt, og for hvert knudepunkt i træet kan det kontrolleres hvilken type der er tale om. Det ovenfor viste eksempel er af typen "path", og når det er afgjort om et givent knudepunkt er af denne type kan de resterende informationer fortolkes, deriblandt koordinatsættene. Fortolkeren gennemgår således svg-træets knudepunkter, afgør om deres type er "path", og i så fald indlæser de enkelte dele af `style` og `d`-attributterne.

Værdierne i "d"-attributten fortolkes efter regelsættet specificeret i [24], og derudfra oprettes enkelte liniestykker, repræsenterende vægge, som tilføjes i en liste. Når hele svg-træet er læst igennem returneres listen, der nu indeholder samtlige liniestykker som er fundet ud fra kortet.

6.4.4 Autograf

Ud fra datasamlingen som repræsenterer væggene i kortet skal dette modul generere en navigationsgraf i henhold til krav A10. Dette gøres efter følgende procedure, der opstilles ud fra erfaringer med manuel grafproduktion i det eksisterende UniKrak og de koncepter som blev udforsket i afsnit 4.6.1 på side 30:

1. Find døråbninger og anbring knudepunkter dér.
2. Find hjørner og anbring knudepunkter dér.
3. Sammensmelt knudepunkter som ligger tæt på hinanden.
4. Opret forbindelser mellem knudepunkter som ikke har vægge imellem.
5. Fjern overflødige forbindelser.

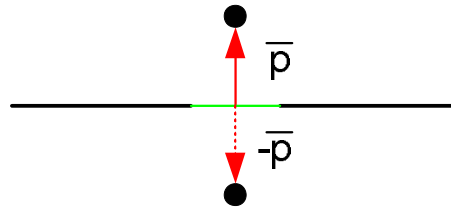
6.4.4.1 Knudepunkter ved døråbninger

Da døråbningerne spiller en væsentlig rolle i denne forbindelse er det første mål at identificere disse. Det gøres ved at sammenligne alle vægge for at finde vægpar som opfylder de rette betingelser for at der kan antages at være en døråbning. Disse betingelser omfatter:

- Væggene skal have samme vinkel i planen.
- Væggene må ikke overlappe hinanden.
- Væggenes nærmeste punkter skal have en indbyrdes afstand indenfor det korrekte interval.

Når en døråbning er fundet skal dens vektor gemmes i en dertil indrettet datasamling. Efter døråbningerne er lokaliserede benyttes disse til at anbringe knudepunkter. Disse ønskes anbragt for hver døråbning som vist i figur 6.15. Dertil bestemmes en tværgående vektor udgående fra midten af døråbningen (rød pil), og der anbringes et knudepunkt i denne retning, halvvejs mod nærmeste væg eller døråbning i denne retning, eller i en maksimal afstand, afhængigt af hvilken af disse er nærmest døren. Det samme gøres i den modsatte retning.

På denne måde er der oprettet to knudepunkter ud fra døråbningen, som sikrer at ruter der ankommer til det ene knudepunkt kan passere igennem døren til det andet knudepunkt og videre til eventuelle andre forbundne knudepunkter.

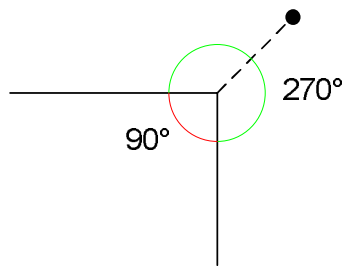


FIGUR 6.15: Vægge på et kort (sort), hvorudfra der findes en døråbning (grøn) som via en ortogonal vektor (rød) benyttes til at anbringe navigationspunkter (prikker).

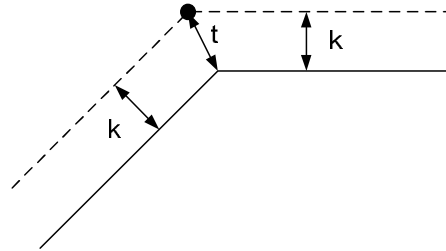
6.4.4.2 Knudepunkter ved hjørner

Efter at alle døre er blevet tildelt knudepunkter skal der anbringes knudepunkter i andre nøglepositioner, navnlig hjørner på gange, således at en rute kan passere et hjørne; forbindelser oprettes som lige linier mellem knudepunkter uden mellemliggende vægge, så væggene ved et hjørne ville forhindre forbindelsen hvis der ikke anbringes et knudepunkt i hjørnet.

Det gøres ved at detektere konvekse hjørner, hvor to vægge mødes, som vist i figur 6.16, ved at detektere om flere givne vægge mødes i et punkt og efterfølgende undersøge deres indbyrdes vinkel. Hvis en af vinklerne mellem væggene overstiger 180° skal der anbringes et knudepunkt i hjørnet i en given afstand. Dette skal naturligvis ske ud for den største vinkel i hjørnet for at garantere passage.



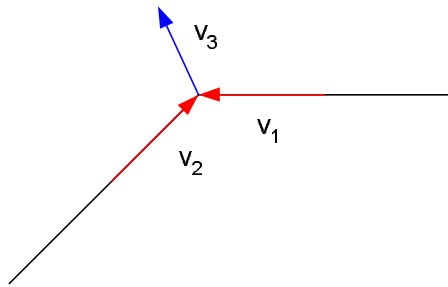
FIGUR 6.16: To vægge som mødes i en vinkel resulterer i oprettelse af et knudepunkt ud for hjørnet, idet den ene vinkel overstiger 180° . Hvis de to vægge lå parallelt i forlængelse af hinanden ville der ikke skulle oprettes et knudepunkt.



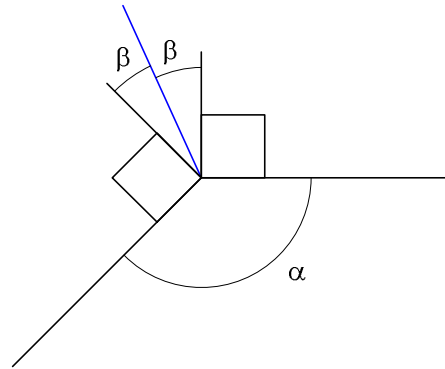
FIGUR 6.17: Oprettelse af knudepunkt ved hjørne: punktet anbringes hvor væggenes paralleller mødes. k er en fast defineret størrelse, mens t er ukendt og beregnes i det følgende.

Knudepunktet anbringes således, at de to vægges paralleller, som går gennem punktet, vil have en foruddefineret afstand k til væggene, som vist i figur 6.17.

Dette opnås ved først at definere to enhedsvektorer (v_1 og v_2) som går i væggenes retning og peger på hjørnet, samt summen af disse (v_3), som vist i figur 6.18.



FIGUR 6.18: Oprettelse af knudepunkt ved hjørne: to stedvektorer v_1 og v_2 findes, samt deres sum v_3 . Således er retningsvektoren fundet.



FIGUR 6.19: Oprettelse af knudepunkt ved hjørne: Vinklen β findes ud fra væggenes indbyrdes vinkel α .

v_3 er nu vinkelhalveringslinien i det konvekse hjørne, og punktet skal således anbringes et sted på den linie som v_3 definerer, i afstanden t fra hjørnet. Betragt nu figur 6.19, hvor vinklerne α og β er indført. Her kan α beregnes som den simple vinkel mellem v_1 og v_2 ved standardformlen:

$$\cos \alpha = \frac{v_1 \bullet v_2}{|v_1| \cdot |v_2|}$$

Men siden både v_1 og v_2 er enhedsvektorer kan ovenstående trivielt reduceres til:

$$\cos \alpha = v_1 \bullet v_2$$

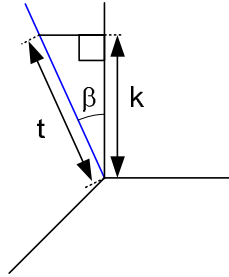
Ifølge figur 6.19 er β tydeligvis:

$$\beta = \frac{2\pi - \alpha - \pi}{2} = \frac{\pi - \alpha}{2}$$

Derefter findes afstanden t som sekanten til β (se figur 6.20) gange den specificerede vægafstand k :

$$t = k \cdot \sec \beta = \frac{k}{\cos \beta}$$

Således er både vektoren v_3 og afstanden t beregnet, og punktet anbringes ved at sætte længden af v_3 til t og lægge dette til hjørnets koordinater. Denne procedure udføres for alle identificerede konvekse hjørner.



FIGUR 6.20: Oprettelse af knudepunkt ved hjørne: afstanden t findes som k gange sekanten til β .

6.4.4.3 Sammensmeltning af knudepunkter

Denne proces skal fjerne knudepunkter, som er unødvendige fordi de ligger tilstrækkeligt tæt på et andet knudepunkt til at ét knudepunkt er nok i den position. Det gøres ved at gennemløbe listen af knudepunkter, og for hvert knudepunkt gennemløbe de resterende knudepunkter, så hvert par af knudepunkter kun undersøges én gang. Afstanden mellem knudepunkterne beregnes, og hvis denne er under en bestemt grænseværdi skal de to knudepunkter sættes sammen til ét.

Sammensætningen foregår ved at middelværdien af de to knudepunkters koordinater beregnes, så et punkt midt mellem knudepunkterne findes. Det ene knudepunkt får ændret sine koordinater til dette punkt, og det andet knudepunkt fjernes fra knudepunktslisten og slettes.

6.4.4.4 Oprettelse af forbindelser

Endeligt skal alle knudepunkter forbindes med forbindelser, hvilket gøres efter et simpelt line-of-sight princip: hvis to knudepunkter kan forbindes med en lige linie uden at denne krydser nogen vægge, skal der oprettes en forbindelse mellem de to knudepunkter. Dette gøres ved at gennemløbe alle knudepunkter, og for hvert knudepunkt undersøge forbindelsesforholdene til de knudepunkter som endnu ikke er besøgt. Dette er også beskrevet i [18]. Denne naive proces er omstændig, men desværre uundgåelig.

Den foregår ved, at for en given forbindelse og en given væg beregnes om de to liniestykker krydser hinanden. Her benyttes en formel hentet fra [3], som beskriver at krydspunktet kan findes som

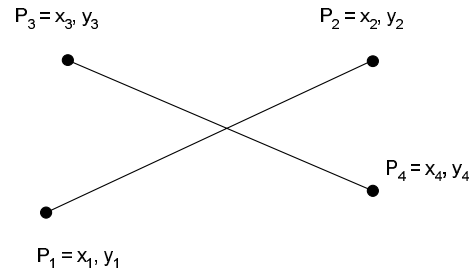
$$P_a = P_1 + u_a(P_2 - P_1)$$

$$P_b = P_3 + u_b(P_4 - P_3)$$

Se figur 6.21.

Her er værdierne u_a og u_b interessante, idet en eventuel krydsning af liniestykkerne resulterer i at disse får værdier mellem 0 og 1. Hvis liniestykkerne ikke krydser hinanden vil den ene eller begge have værdier udenfor dette område.

Det er så givet at krydspunktet ligger hvor $P_a = P_b$:



FIGUR 6.21: Krydsning mellem to linier, der udspændes af P_1 , P_2 , P_3 og P_4 . Tegnet ud fra [3].

$$x_1 + u_a(x_2 - x_1) = x_3 + u_b(x_4 - x_3)$$

$$y_1 + u_a(y_2 - y_1) = y_3 + u_b(y_4 - y_3)$$

ud fra dette kan u_a og u_b isoleres:

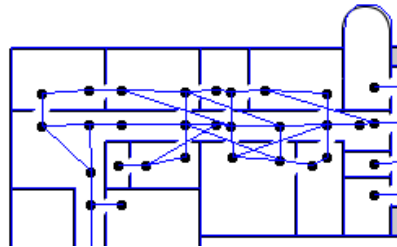
$$u_a = \frac{(x_4 - x_3)(y_1 - y_3) - (y_4 - y_3)(x_1 - x_3)}{(y_4 - y_3)(x_2 - x_1) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_1)}$$

$$u_b = \frac{(x_2 - x_1)(y_1 - y_3) - (y_2 - y_1)(x_1 - x_3)}{(y_4 - y_3)(x_2 - x_1) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_1)}$$

Bemærk at nævneren i u_a og u_b er ens. Hvis de to linier er parallelle vil denne være lig 0.

Så hvis enten nævneren er 0, eller u_a eller u_b er mindre end 0 eller større end 1, skærer liniestykkerne ikke hinanden. Hvis det findes at en væg og en potentiel forbindelse krydser hinanden, bliver forbindelsen naturligvis ikke yderligere undersøgt, og bliver ikke oprettet.

Ydermere er det nødvendigt at undersøge om forbindelsen vil krydse en døråbning i en for flad vinkel, for at undgå situationer som den vist på figur 6.22. Det gøres ved at sammenligne forbindelsen med de eksisterende døråbninger, ved brug af samme formel som ovenfor, og hvis de to linier skærer hinanden beregnes vinklen imellem dem. Hvis vinklen er for flad bliver forbindelsen ikke oprettet.



FIGUR 6.22: Eksempel på forkert forbindelsesoprettelse, hvor knudepunkter forbindes skævt gennem døråbninger.

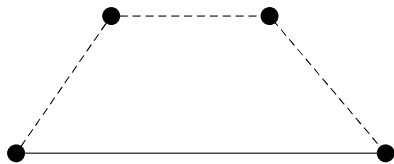
6.4.4.5 Beskæring af forbindelser

Til sidst skal listen af forbindelser beskæres. Den ovenstående oprettelse af forbindelser lader samtlige knudepunkter som kan se hinanden forbinde, selv hvis en lang lige gang indeholder hundredvis af knudepunkter. De overflødige forbindelser skal derfor fjernes for at forsimple grafen og lette ruteberegningen i UniKrak.

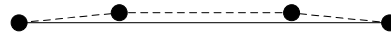
Dette gøres ved at gennemløbe de oprettede forbindelser, og for hver forbindelse afgøre om den er overflødig. Afgørelsen træffes ved brug af en modificeret Dijkstra-ruteberegningssgoritme, som betragter grafen og beregner en rute mellem forbindelsens endepunkter, men ser bort fra den forbindelse der er ved at blive undersøgt, samt alle de forbindelser der allerede er fjernet. Dette svarer til at der skal findes en rute mellem forbindelsens to endepunkter gennem en graf, hvor forbindelsen selv er fjernet (ellers ville ruten være åbenlys, men det er ikke det resultat der søges her), og de forbindelser som tidligere er blevet fjernet ved denne metode er også fjernet i grafen.

Endvidere, ved undersøgelsen af et givet knudepunkt i algoritmen beregnes afstanden fra punktet til forbindelsens to knudepunkter, og hvis en af disse overstiger forbindelsens længde gange en given faktor, ses der bort fra punktet. Dette gøres for at nedsætte processeringstiden, da punkter som ligger langt fra forbindelsen alligevel er irrelevante i denne sammenhæng.

Hvis en rute er fundet udenom den undersøgte forbindelse, sammenlignes dens længde med forbindelsens længde, og hvis forskellen overstiger en vis grænse er forbindelsen ikke overflødig (se figur 6.23) og fjernes således ikke. Hvis der ikke blev fundet en rute er forbindelsen essentiel, og fjernes heller ikke. Altså vil forbindelsen kun blive fjernet hvis der eksisterer en rute mellem dens endepunkter, hvis længde ligger tæt på forbindelsens længde (her benyttes en grænseværdi på 7,5, som eksperimentelt giver et godt resultat).



FIGUR 6.23: Brugbar forbindelse, der tilbyder en fornuftig genvej via den fuldt optrukne linie.



FIGUR 6.24: Overflødig forbindelse; den fuldt optrukne forbindelse giver ikke nogen væsentlig forbedring af ruten.

Hvis rutens længde derimod ligger tæt på forbindelsens længde er forbindelsen overflødig, idet den fundne rute kan erstatte forbindelsen (se figur 6.24).

7.1 Accepttest af grafredigeringsværktøjet

For at verificere om grafredigeringsværktøjet fungerer og opfylder kravspecifikationen i afsnit 5.1, opstilles en serie tests der skal efterprøve det udviklede program i forhold til de opstillede krav. Programmet skal gennemføre alle disse testscenarier med positivt resultat for at blive betragtet som acceptabelt.

Følgende tabel oplister testen af hvert krav i separate sektioner. For hvert krav listes kravets nummer til venstre, og kravet gentages for læsevenlighed i øverste celle. Derefter følger scenariet, hvor det beskrives hvordan testen udføres, og endelig vises resultatet af testen i nederste celle.

Skærm billeder som viser brugergrænsefladens udseende i de gennemførte scenarier kan forefindes på den vedlagte DVD-ROM, i mappen `test/grafredigering/dokumentation`.

A1	Redigeringsværktøjet skal kunne indlæse og vise SVG-billeder samt billeder i bmp, jpeg og png-format.
	Kort i bmp, jpeg, png og svg-format indlæses, i nævnte rækkefølge.
	Indlæsning af kortet i alle fire formater lykkes.
A2	Brugeren skal kunne anbringe knudepunkter på den grafiske visning af billedet.
	Der skiftes til "tilføj knudepunkt"-tilstand, og et antal knudepunkter anbringes på kortet.
	Ti knudepunkter anbringes uden problemer.
A3	Brugeren skal kunne forbinde knudepunkter efter eget valg til en navigationsgraf.
	Der skiftes til "forbind knudepunkter"-tilstand, og nogle af de anbragte knudepunkter forbindes.
	De ti knudepunkter forbindes uden problemer.
A4	Knudepunkter skal som minimum have informationerne position, type og beskrivelse tilknyttet. Disse skal kunne redigeres gennem applikationen.
	Der skiftes til "vælg"-tilstand, og et knudepunkt vælges. Informationer om knudepunktet skal da komme frem, og hver af disse redigeres efter tur.
	Det valgte knudepunkt bliver farvet rødt, og dets informationer vises i redigeringspanelet til højre. Ved redigering af koordinaterne reflekteres ændringerne i visningen af knudepunktets position. Tilføjelse af en beskrivelse til knudepunktet huskes til efterfølgende visninger af informationerne.
A5	Forbindelser skal som minimum have en omkostning tilknyttet. Denne skal kunne beregnes euklidisk, men også redigeres gennem applikationen.
	En forbindelse vælges. Informationer om forbindelsen skal da komme frem, dens omkostning betragtes og verificeres, og derpå ændres forbindelsens omkostning.
	Den valgte forbindelse farves rød, dens informationer vises i redigeringspanelet, og dens omkostning stemmer overens med det forventede ud fra dets knudepunkters indbyrdes positioner. Forbindelsens omkostning ændres til 50, og efterfølgende udvælgelser af forbindelser viser at denne værdi bibeholdes.

A6	Den producerede navigationsgraf skal kunne gemmes i en fil der kan indlæses af UniKrak.
	Grafen gemmes i en fil, som inspiceres for at verificere at den overholder UniKraks format.
	Grafen gemmes til en fil ved navn "testgraf.txt". Inspektion af filen viser at den overholder UniKraks format.
A7	Systemet skal definere et standardiseret, vektorbaseret format for kort, men selv for kort der ikke er i dette format skal kravene A1 til A6 gælde.
	I udviklingen af systemet blev formatet defineret, og dette afprøves ved indlæsning af et kort som overholder formatet.
	Kortet indlæses korrekt, og fortolkningen af kortet vises som blå streger.
A8	Systemet skal kunne benytte eksterne plugins til konvertere billeder til dette standardformat.
	Yderligere tre svg-kort, som består af enkelte sorte linier, der repræsenterer vægge, indlæses og sættes til fortolkning til standardformatet.
	Filerne indlæses, og fortolkningen af kortet vises som blå streger.
A9	Et udviklet plugin skal kunne konvertere en række eksempelkort til dette format.
	Kravet er eftervist under den foregående test.
A10	Givet et standardiseret kort skal en funktion kunne generere et forslag til en navigationsgraf.
	En navigationsgraf genereres automatisk, og dækker kortets bygninger godt. Efterfølgende manuelle korrektioner er primært af æstetisk karakter.
	Med det konverterede kort sættes programmet til at producere en navigationsgraf.

7.1.1 Konklusion på test

Som det fremgår af tabellen opfylder grafredigeringsværktøjet alle de opstillede krav, og er således at betragte som tilfredsstillende. Programmet kan indlæse de eksisterende grafer fra UniKrak, redigere dem og gemme dem igen til brug, hvilket har vist sig nødvendigt under finpudsningen af UniKraks graf. Det kan også tage kort over andre bygninger og hjælpe med oprettelsen af grafer til disse, og hvis kortet er i svg-format og følger det definerede format kan værktøjet endvidere producere et forslag til en navigationsgraf.

Programmet opfylder sine opstillede mål, men en uofficiel afprøvning af programmet fra forfatterens side afslører alligevel nogle enkelte problemer og komfortmæssige mangler, der i en eventuel senere iteration kan komme i betragtning:

- Små grafikfejl.
- Optimering af grafgeneratoren.
- Bedre håndtering af flere etager.
- Indlæsning af flere kort, et til hver etage.
- Mulighed for at skifte etage på valgte knudepunkter.
- Kopiering og indsættelse af knudepunkter og forbindelser.

7.2 Accepttest af positioneringen

For at verificere om positioneringen fungerer og opfylder kravspecifikationen i afsnit 5.1, opstilles en serie tests der skal efterprøve den udviklede software i forhold til de opstillede krav. Softwaren skal gennemføre alle disse testscenarier med positivt resultat for at blive betragtet som acceptabelt.

Følgende tabel oplister testen af hvert krav i separate sektioner. For hvert krav listes kravets nummer til venstre, og kravet gentages for læsevenlighed i øverste celle. Derefter følger scenariet, hvor det beskrives hvordan testen udføres, og endelig vises resultatet af testen i nedste celle.

Skærbilleder som viser brugergrænsefladens udseende i de gennemførte scenarier kan forefindes på den vedlagte DVD-ROM, i mappen *test/positionering*.

B1	Systemet <i>Place Lab</i> skal anvendes til detektering af nærliggende opkoblingspunkter.
	Den udviklede kode inspiceres for at verificere om <i>Place Lab</i> benyttes
	<i>Place Lab</i> er benyttet til detektering af opkoblingspunkter.
B2	Givet at klienten er tilkoblet afdelingens trådløse netværk skal dennes position bestemmes med en præcision svarende til det nærmeste opkoblingspunkt.
	Klienten anbringes i lokale A6-306, og UniKraks brugergrænseflade benyttes til at verificere positionen.
	Klientens position findes til lokale A6-306.
B3	Givet at klienten er tilkoblet afdelingens trådede netværk skal dennes position bestemmes med en præcision svarende til det lokale klienten er fysisk koblet til.
	Klienten tilkobles i lokale A6-316, og UniKraks brugergrænseflade benyttes til at verificere positionen.
	Klientens position findes til lokale A6-316.

7.2.1 Konklusion på test

Som tabellen viser opfylder positioneringen alle de opstillede krav, og kan således anvendes i brugergrænsefladen. Den trådede positionering fungerer helt automatisk, mens den trådløse positionering kræver mere interaktion med brugeren.

7.3 Accepttest af UniKraks brugergrænseflade

De opstillede krav i kravspecifikationen, som kan efterprøves eksperimentelt uden evaluering med eksterne brugere, gennemgås her for at eftervise om den udviklede brugergrænseflade opfylder disse krav. For at verificere om brugergrænsefladen fungerer og opfylder kravspecifikationen i afsnit 5.1, opstilles en serie tests der skal efterprøve programmet i forhold til kravene. Programmet skal gennemføre alle disse testscenarier med positivt resultat for at blive betragtet som acceptabelt.

Følgende tabel oplister testen af hvert krav i separate sektioner. For hvert krav listes kravets nummer til venstre, og kravet gentages for læsevenlighed i øverste celle. Derefter følger scenariet, hvor det beskrives hvordan testen udføres, og endelig vises resultatet af testen i nedste celle.

C1	Brugergrænsefladen skal understøtte og bruge positioneringen med trådløst og trådet netværk.
	Der forsøges at positionere med det trådløse og trådede netværk i lokale A6-316.
	Den trådløse positionering finder klienten til det tilstødende lokale, A6-318, hvor opkoblingspunktet er placeret. Den trådede positionering finder positionen til A6-316.
C3	Der skal inkorporeres zoom og panorering af kortet samt etageskift.
	Kortet forsøges zoomet og panoreret, og der skiftes etage.
	Panorering og etageskift lykkes, men der kan kune zoomes begrænset ind, da Java løber tør for hukommelse.
C4	Positioner skal vises med tydelige farver, der kan associeres med det de betyder.
	I brugergrænsefladen vælges der en position, en destination, et viapunkt og et lokale der skal vises, og kortet betragtes.
	Positionerne vises med udfyldte farvede cirkler med sort kant. Brugerpositionen er grøn, destinationen rød, viapunktet gult og det viste lokale lilla. Cirkler med de tilsvarende farver vises i de respektive områder af brugergrænsefladen.
C5	Ruter skal være tydeligt synlige, og der skal kunne kendes forskel på delruter som går på den viste etage og på andre etager.
	En position og destination vælges på forskellige etager, og ruten derimellem betragtes.
	Ruten vises som en blå linie på den viste etage, og som en stiplet blå linie på andre etager.
C6	Brugergrænsefladen skal vise alle relevante informationer på én side.
	Alle links i afprøves, og det betragtes om der vises mere end én side.
	Brugergrænsefladen er én enkelt side, hvis indhold udskiftes efter behov.

7.3.1 Konklusion på test

Som det fremgår af tabellen fungerer brugergrænsefladen efter hensigten, bortset fra et problem med zoomfunktionen, og opfylder de opstillede krav. Efterfølgende forsøges den tilgængelige hukommelse for serveren forøget, og der kan zoomes meget længere ind. Problemet bunder altså i at der ikke stilles nok hukommelse til rådighed, idet den benyttede java-server som standard begrænser den tilgængelige hukommelse til 64 megabyte. Brugergrænsefladen er således at betragte som tilfredsstillende i forhold til kravspecifikationen.

7.4 Usability-test af UniKraks brugergrænseflade

Med udvidelsen af det eksisterende UniKrak, i særdeleshed dens brugergrænseflade, vælges det at foretage en brugertest med den nye brugergrænseflade, med henblik på at undersøge brugervenligheden af denne og dens delelementer. Formålet med testen er at afdække usability-problemer med den nye brugergrænseflade gennem brugertests. Dette er problemer indenfor følgende kategorier:

- Forståelse af koncepter.
- Informationernes niveau og deres formidling til brugeren.
- Forståelse for og brug af enkeltdele af brugergrænsefladen.
- Forståelse for og brug af brugergrænsefladen som helhed.
- Brugergrænsefladens reaktioner på brugers input i forhold til det forventede.

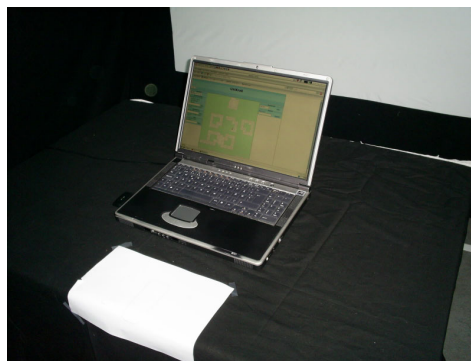
7.4.1 Testmetode

Testen gennemføres som almindelig Usability Test [20] ved at en række brugere (testpersoner) indkaldes til at bruge systemet til at løse nogle foruddefinerede opgaver, og under dette forløb indsamles data ved at observere brugeren og optage interaktionen på video under forløbet, samt efterfølgende at bede brugerne udfylde spørgeskemaer om deres oplevelser med systemet. Disse testdata skal afdække usability-problemer gennem efterfølgende analyse og fortolkning.

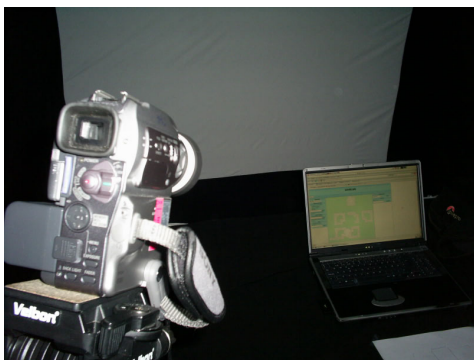
Testen foregår i et ”usability-telt”, stillet til rådighed af Afdelingen for Intelligente Multimedier ved Institut for Elektroniske Systemer. Dette telt består af en sort teltdug udspændt af en metalramme, og skal isolere brugeren fra omverdenen under testen for at lade brugeren koncentrere sig bedre. Billeder af teltet findes i figurerne 7.1, 7.2, 7.3 og 7.4.



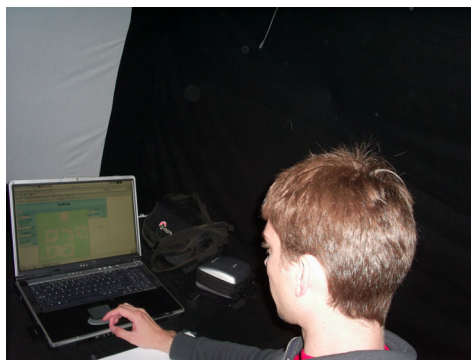
FIGUR 7.1: Usability-telt set udefra, opstillet i Lokale A6-316 på Aalborg Universitets afdeling på Niels Jernes Vej 12.



FIGUR 7.2: Testcomputer opstillet i usability-teltet, med UniKrak kørende. Det er ved denne computer at testbrugerne gennemfører de opstillede opgaver.



FIGUR 7.3: Videokamera som optager testforløbet, beskrevet yderligere i afsnit 7.4.3.



FIGUR 7.4: Projektets forfatter siddende ved testcomputeren, i færd med at bruge UniKrak.

7.4.2 Kvantitative datakilder

Inden testen for en given person går i gang, bedes testpersonen læse og udfylde to papirer. Det første er en tilladelseserklæring om, at testresultaterne kan offentliggøres, at testpersonen forbliver anonym, at testpersonen har forstået formålet med testen og har ret til at forlade testen når som helst. En sådan formular kan ses i Appendiks A.1.

Ydermere bedes testpersonerne udfylde en "screening questionnaire", som er et spørgeskema der spørger til testpersonens erfaringer med computere, internet og kortapplikationer, samt om brugeren har prøvet det eksisterende UniKrak. Disse informationer bruges senere til evaluering af resultaterne, hvor brugernes erfaringer kan have indflydelse på hvor let de forstår de forskellige koncepter og elementer i brugergrænsefladen og således påvirker deres besvarelser. Spørgeskemaet kan ses i Appendiks A.2.

Efter testen bedes brugerne om at udfylde to spørgeskemaer, hvoraf det ene henvender sig til brugernes mening om og oplevelse med UniKrak. For de enkelte koncepter spørges der, om brugerne mente de var lette at se, forstå og anvende. Dette udgør spørgeskemaet "Post-test questionnaire" (post-test spørgeskema), som kan findes i Appendiks A.4. Brugernes besvarelse af dette spørgeskema udgør den primære kvantitative datakilde.

Det sidste spørgeskema benyttes på foranledning af afdelingen for Intelligente Multimedier, som stiller usability-teltet til rådighed. I dette skema spørges til testpersonernes oplevelse ved at gennemføre testen i teltet, for at vurdere teltets effekt på sådanne tests. Resultaterne af disse spørgeskemaer afleveres derfor til de interesserede parter. Spørgeskemaet kan ses i Appendiks A.5.

Besvarelsen af spørgeskemaerne, i særdeleshed post-test spørgeskemaet, udgør testens kvantitative resultatdata.

7.4.3 Kvalitative datakilder

Under testen indsamles de kvalitative data, der sammen med de kvantitative data indgår i den efterfølgende analyse af testforløbet. Først og fremmest indsamles data af en testfacilitator (projektets forfatter) som er til stede i usability-teltet, og tager noter til testpersonens reaktioner og fundne usability-problemer, samt hjælper brugeren hvis denne er i tvivl om noget. Testpersonerne bedes om at "tænke højt", altså udtale hvad de tænker mens de gennemfører testen, og disse udtalelser reflekteres i noterne. Konceptet kaldes "Think Aloud", og er generelt anvendt i usability tests [20].

Disse noter suppleres af optagelser fra et videokamera, der filmer et udsyn af computerens skærm for efterfølgende dokumentation. Dette videokamera er af typen Sony DCR-PC115E, og de resulterende optagelser overføres til en computer og lagres i et digitalt videoformat. Videofiler fra disse optagelser kan findes på den vedlagte DVD-ROM, i mappen `test/GUI/dokumentation`.

Desuden lagrer et program på testcomputeren en video af skærbilledet, så brugerens handlinger kan ses i større detaljegrad. Her benyttes open-source programmet `gtk-recordMyDesktop` [23], der som standard findes i styresystemet Ubuntu GNU/Linux's udvidede pakkearkiver samt til mange andre distributioner. Video af skærbilledet lagres i formatet Ogg Theora.

7.4.4 Scenarier

I testen skal hver bruger gennemgå en række scenarier, der skal efterprøve følgende koncepter:

- Visning og valg af position.
- Visning og valg af destination.
- Tilføjelse, sletning, organisering og brug af viapunkter.
- Navigation på kortet.
- Brug af bogmærker.
- Brug af søgning og de dertil hørende resultater.

Ud fra denne liste udformes scenarierne, der hver især skal stille brugeren en opgave uden at forklare hvordan denne løses, og sammen afprøver til nævnte koncepter. Indledningsvis forklares det overfor brugerne hvad testen går ud på og hvad de bedes om, med følgende tekst:

"Til denne test skal du forestille dig at du bevæger dig rundt på universitetet og tilgår UniKrak med en mobil enhed eller en bærbar computer. For at teste størstedelen af UniKraks funktionalitet bedes du gennemføre følgende scenarier:"

Scenarierne udformes til at være:

1. Du har været til forelæsning i lokale B2-109 og skal finde vej til lokale A4-205. Brug UniKrak til at beregne en rute mellem de to lokaler.
2. Efter en anden forelæsning befinder du dig i det store auditorium og skal finde biblioteket, der er gemt som et bogmærke. Brug UniKrak til at beregne en rute mellem de to lokaler.

3. Søg på lokaler i bygning C4, og tilføj tre af resultaterne til viapunktslisten. Organiser punkterne i rækkefølge efter nummer. Tilføj lokale A4-206 til viapunktslisten. Vælg et nyt lokale som udgangspunkt og et andet som destination, og beregn en sekventiel rute gennem punkterne.
4. Kortet er zoomet langt ud, så for at følge ruten bedre, zoom ind én gang og panorér så ruten er let at se og følge.
5. Universitetet har flere etager, og dele af ruten kan gå gennem andre etager end den viste. Navigér derfor en etage op, og slet derefter alle viapunkter.
6. Du befinder dig i usability-teltet i afdelingen for intelligente multimedier, og computeren er tilsluttet det trådede netværk. Få UniKrak til automatisk at lokalisere klienten, og angiv en destination på kortet som der skal beregnes en rute til. Søg derefter efter "Lars Bo Larsen" og beregn en rute til dennes kontor.
7. Benyt UniKrak og dens instruktioner til at lokalisere klienten med det trådløse netværk.

Testen gennemføres på en bærbar computer, der har UniKrak kørende, og brugeren interagerer med denne computer til løsning af de opstillede scenarier. Se også scenarielisten i Appendiks A.3.

7.4.5 Gennemførsel

Testen gennemførtes mandag den 21. maj 2007 på Aalborg Universitet, med 9 testpersoner. Testpersonerne er studerende på Afdelingen for Intelligente Multimedier, nogle dansktalende og andre ikke. Med begyndelse klokken 11.30 gennemførte hver testperson det beskrevne forløb, og de tilhørende data blev indsamlet.

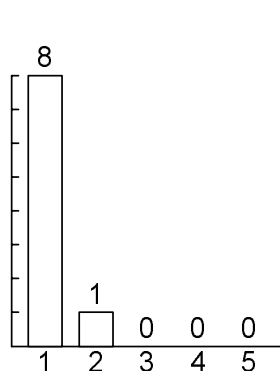
7.4.6 Resultatbehandling

Testen resulterede i 9 sæt spørgeskemaer, videoer og noter, der i det følgende afsnit analyseres, først og fremmest for at identificere usability-problemer, men også for at diskutere de dele af brugergrænsefladen som er tilfredsstillende.

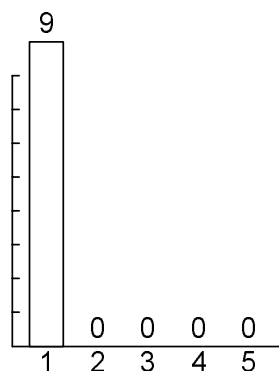
7.4.6.1 Screening

Besvarelserne af spørgsmålene i screening questionnaren samles først til histogrammer, der simpelt viser hvor mange besvarelser der udfalder til hver svarmulighed.

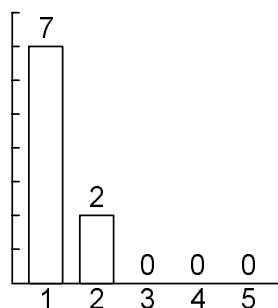
De første tre spørgsmål i screening questionnaren (Appendiks A.2) blev af testbrugerne besvaret overvejende i retning af, at der er tale om meget erfarne brugere, hvilket fremgår af histogrammerne i figur 7.5, 7.6 og 7.7. I figur 7.5, 7.7, 7.8 og 7.9 angiver hver søjle, fra venstre mod højre, antallet af besvarelser med henholdsvis "ekspert" (1), "meget erfaring" (2), "gennemsnitlig erfaring" (3), "mindre erfaring" (4) og "ingen erfaring" (5), mens det for figur 7.6 angiver "daglig brug" (1), "ugentlig brug" (2), "månedlig brug" (3), "sjældnere end månedlig brug" (4) og "aldrig brugt" (5). Over søjlerne er angivet med tal hvor mange testpersoner der har svaret det pågældende.



FIGUR 7.5: Histogram til spørgsmålet "Hvordan vil du vurdere din egen erfaring med computere?"



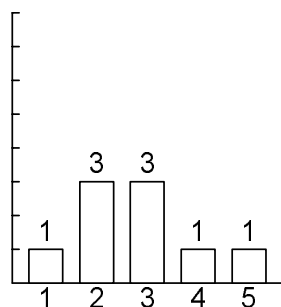
FIGUR 7.6: Histogram til spørgsmålet "Hvor ofte bruger du en computer?"



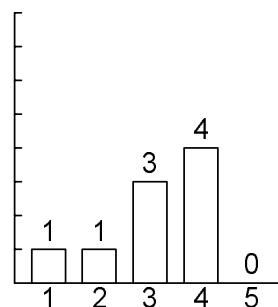
FIGUR 7.7: Histogram til spørgsmålet "Hvordan vil du vurdere din egen erfaring med internettet?"

Idet alle testpersonerne har stor erfaring med computere og internettet, og bruger computere dagligt, skal det bemærkes at de øvrige testresultater kan være præget af denne erfaring, idet en erfaren testperson må antages at have større intuitiv forståelse for en given interaktiv brugergrænseflade og dens delelementer, end en testperson med meget lidt erfaring.

De efterfølgende spørgsmål, angående erfaringer med online-kortapplikationer og vejvisningsapplikationer til køretøjer, har en noget større spredning i besvarelserne, som det fremgår af figur 7.8 og 7.9.



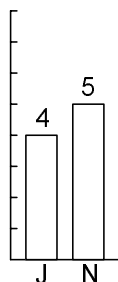
FIGUR 7.8: Histogram til spørgsmålet "Hvordan vil du vurdere din egen erfaring med online kortapplikationer, som Krak, De Gule Sider, Eniro osv.?"



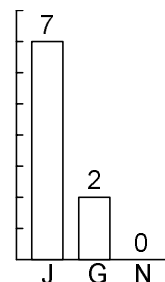
FIGUR 7.9: Histogram til spørgsmålet "Hvordan vil du vurdere din egen erfaring med rutevisningsapplikationer til veje, som TomTom, Garmin osv.?"

Da disse data er mere forskellige imellem testpersonerne kan forskelle i deres senere besvarelser muligvis have udgangspunkt i deres erfaringsforskelle på disse områder.

De to sidste spørgsmål spørger ikke ind til brugernes erfaringer, men har alligevel relevans for vurderingen. Deres histogrammer fremgår af figur 7.10 og 7.11, med søjlerne repræsenterende henholdsvis ”ja” og ”nej” i figur 7.10, og ”ja”, ”gennemsnitligt” og ”nej” i figur 7.11.



FIGUR 7.10: Histogram til spørgsmålet ”Prøvede du den første version af UniKrak i foråret 2006?”. Søjlerne betyder henholdsvis ”ja” og ”nej”.



FIGUR 7.11: Histogram til spørgsmålet ”Forstår du kort i almindelighed?”. Søjlerne betyder henholdsvis ”ja”, ”gennemsnitligt” og ”nej”.

Med screening questionnaires besvarelser på plads gennemgås herefter de kvalitative resultater (noter og video) samt de kvantitative resultater (post-test questionnaire) for hvert element af brugergrænsefladen.

7.4.6.2 Position

Kvalitative data

De kvalitative resultater noterer følgende problemer med dette element:

- Meget få brugere opdagede at der kan ctrl-klikkes på kortet for at angive positionen.
- Nogle brugere ønsker adgang til de eksisterende bogmærker hér, så valget af et bogmærke automatisk sætter positionen derefter.
- Mange brugere indtaster både position og destination, for derefter at trykke på den ene ”sæt”-knap. Dette resulterer i at kun det input som er associeret med den valgte knap sendes til serveren.
- I WiFi-positioneringen læser mange brugere ikke teksten om at server og UUID kan kopieres til programmet før de har indtastet informationerne manuelt.

De noterede problemer i de kvalitative resultater er symptomer på nogle meget specifikke problemområder, som vil forsøges afdækket i det følgende.

At meget få brugere opdagede at der kan ctrl-klikkes på kortet antyder, at denne information ikke når frem til brugeren, selvom teksten derom er til stede i brugergrænsefladen. Informationen er til stede, men bliver ikke læst, så den nuværende metode er utilstrækkelig. For at formidle denne information til brugeren skal teksten derom gøres tydeligere, og her foreslås følgende muligheder:

- Teksten beholdes på sin nuværende plads, men skrives med fed, kursiv eller større skrifttype.

- Teksten flyttes til et andet sted, hvor den lettere bliver opdaget. Dette kan f.eks. være, som en testbruger har foreslået, i en boks som fremkommer når markøren holdes over kortet, og følger musen uden at forstyrre brugerens udsyn af kortet betydeligt.

Anbefalingen til løsning af dette problem vælges at være en kombination af disse muligheder: Den eksisterende tekst bør gøres tydeligere ved at den skrives med fed skrift, og informationerne bør også vises i en boks som fremkommer når markøren flyttes over kortet.

At nogle brugere udtrykker ønske om at få adgang til bogmærker i positionsområdet burde ikke være vanskeligt at efterkomme; problemstillingen er simpel, og testbrugerne bidrager selv med løsningsforslag. Det eneste problem som kan opstå ved anbringelse af denne mulighed er, at dens tilstedeværelse potentielt kan forvirre de brugere som ikke finder behov for denne mulighed. Anbefalingen dertil må da være, at en drop-down boks, ligesom det der findes i bogmærkeområdet, anbringes i positionsområdet, og efterfølgende usability-tests må afgøre om elementet er til gene.

At mange brugere indtaster både position og destination, for derefter at indsende oplysningerne, indikerer at de forventer at det naturligt fungerer på denne måde. Snarere end at korrigere brugerne i denne adfærd bør systemet tilpasses, så denne adfærd opfattes på den rigtige måde, side om side med den oprindeligt tiltænkte. Således anbefales det, at de to tekstfelter begge kan være enten udfyldt eller ej, og systemet benytter kun de felter der er udfyldt med en position som kan genkendes.

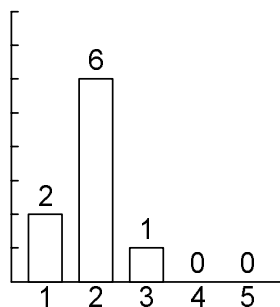
At mange brugere ikke læser informationen om, at tekststrengene angående server og UUID kan kopieres til klientprogrammet, antyder at denne information er forkert anbragt. Brugere læser teksten sekventielt og udfører opgaven så snart de har den information de skal bruge, og det må derfor sikres at informationerne om muligheden for kopiering frem for manuel indtastning bliver overbragt til brugerne før den information der skal overføres til klientprogrammet. Anbefalingen er derfor, at teksten om kopiering flyttes til et tidligere punkt i afsnittet.

Kvantitative data

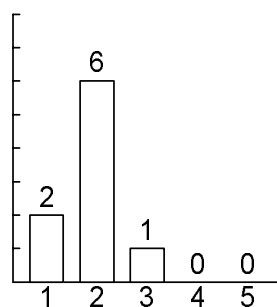
Post-test questionnaren indeholder tre spørgsmål som henvender sig til dette punkt. Histogrammer af besvarelserne kan ses i figurene 7.12, 7.13 og 7.14. Her angiver hver søjle, fra venstre mod højre, henholdsvis antallet af bevarer med ”meget enig” (1), ”enig” (2), ”neutral” (3), ”uenig” (4) og ”meget uenig” (5). Over søjlerne er angivet med tal hvor mange testpersoner der har svaret det pågældende.

Besvarelserne af spørgeskemaets spørgsmål om, at der er tilstrækkelige muligheder for at vælge brugerpositionen er overvejende positiv, med de fleste brugere enige i udsagnet ”Mulighederne for angivelse af min position var tilstrækkelige”. Dette resultat må betyde, at de eksisterende angivelsesmuligheder udfylder rollen tilfredsstillende, men dog kunne det være ønskeligt med nogle enkelte ekstra muligheder, som f.eks. gennem bogmærker i positionsområdet.

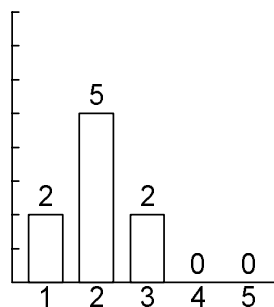
Besvarelsen til udsagnet ”Informationerne angående min position var tilstrækkelige” har det samme histogram, og alle testbrugere, med undtagelse af to, har svaret det samme til de to udsagn. Dette indikerer at niveauet af viste informationer om brugerens position er tilstrækkeligt, men også at der med fordel kan udvides med flere informationer.



FIGUR 7.12: Histogram til udsagnet "Mulighederne for angivelse af min position var tilstrækkelige".



FIGUR 7.13: Histogram til udsagnet "Informationerne angående min position var tilstrækkelige".



FIGUR 7.14: Histogram til udsagnet "Informationerne angående min position var forståelige".

Disse konklusioner skal dog stadig ses i lyset af, at alle brugerne generelt ser sig selv som ekspertbrugere eller meget erfarne brugere, så en gennemsnitlig bruger kunne muligvis ønske flere muligheder og informationer. Dog har den bruger, der har anset sig selv som ekspert i brug af vejvisningsapplikationer til vejnettet, svaret "neutral" til de to første udsagn og "enig" med det tredje, hvilket kan betyde at denne er vant til flere informationer og/eller muligheder fra disse andre applikationer.

7.4.6.3 Destination

Kvalitative data

De kvalitative resultater noterer følgende problemer med dette element:

- Meget få brugere opdagede at der kan shift-klikkes på kortet for at angive destinationen. Nogle testpersoner prøvede at ctrl-klikke på kortet for at angive destinationen da de havde lært at positionen kan angives på denne måde.
- Nogle brugere ønsker adgang til de eksisterende bogmærker hér, så valget af et bogmærke automatisk sætter destinationen derefter.

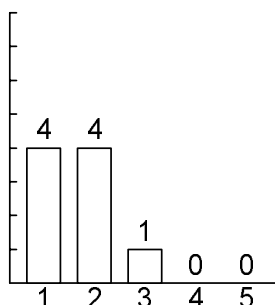
Problemstillingen med shift-klik på kortet er den samme som hos positionen; brugerne opfanger ikke informationen. Derfor foreslås samme løsning som ved positionen: Den eksisterende tekst bør gøres tydeligere ved at den skrives med fed skrift, og informationerne om både ctrl-klik og shift-klik bør vises i en boks som fremkommer når markøren flyttes over kortet.

Ligeledes er problemstillingen med bogmærker identisk med den tilsvarende hos positionen, og der foreslås samme løsning hertil: En drop-down boks, ligesom det der findes i bogmærkeområdet, anbringes i destinationsområdet, og efterfølgende usability-tests må afgøre om elementet er til gene.

Kvantitative data

De kvantitative resultater, navnlig post-test questionnaires spørgsmål, til dette punkt resulterer

i histogrammet i figur 7.15, der skal læses på samme måde som histogrammerne for positionen, ligesom de resterende histogrammer skal det.



FIGUR 7.15: Histogram til udsagnet ”Mulighederne for angivelse af min destination var tilstrækkelige”.

Besvarelserne af spørgeskemaets udsagn om, at der er tilstrækkelige muligheder for valg af destination er overvejende positive, med endnu flere besvarelser af typen ”meget enig” end til hvert af udsagnene om positionen, selvom positionen faktisk har flere angivelsesmuligheder. Tilsyneladende er de fleste brugere tilfredse med de muligheder der findes. Den bruger som svarede ”neutral” havde under testen en del problemer med at forstå konceptet med ctrl/shift-klik på kortet, så en forbedring af dette er muligvis tilstrækkeligt.

7.4.6.4 Viapunkter

Kvalitative data

De kvalitative resultater noterer følgende problemer med dette element:

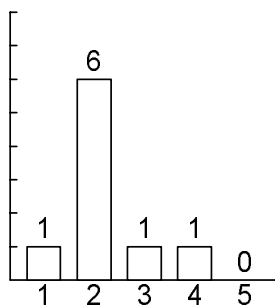
- Flere brugere får ikke øje på ”Slet alle viapunkter”-knappen, og efter at være blevet vist den anbefaler de at den flyttes højere op.

At brugerne ikke får øje på ”slet alle viapunkter”-knappen antyder, at knappen er forkert anbragt og bør flyttes. Flere brugere siger at de gerne så knappen flyttet højere op mod viapunktslisten, så den bliver mere synlig. En position over tekstfeltet til tilføjelse af et nyt viapunkt, lige under listen af eksisterende viapunkter, er intuitivt den mest oplagte position, så dette er anbefalingen til løsning af problemstillingen.

Kvantitative data

De kvantitative resultater, navnlig post-test questionnaires spørgsmål, til dette punkt resulterer i histogrammet i figur 7.16.

Besvarelserne af spørgeskemaets udsagn om, at viapunktslisten er let at forstå og bruge er igen overvejende positiv, med stærk koncentration omkring svaret ”enig”. De fleste brugere havde problemer med at få øje på knappen ”slet alle viapunkter”, så dette kan være en del af forklaringen på at der ikke var flere besvarelser med ”meget enig”. Den testperson som svarede ”uenig” til dette udsagn anser også sig selv som ekspertbruger i vejvisningsapplikationer til vejnettet, hvor opbygningen af brugerens vante omgivelser kan være anderledes.



FIGUR 7.16: Histogram til udsagnet ”Viapunktslisten var let at forstå og bruge”.

7.4.6.5 Kort

Kvalitative data

De kvalitative resultater noterer følgende problemer med dette element:

- Flere brugere efterspørger en signaturforklaring, der viser og forklarer forskellen mellem ruter på den viste etage og på andre etager.
- Nogle brugere forsøger at tage fat i positioner på kortet og trække dem rundt med musen.
- En bruger er forvirret over kortet og spørger efter en forklaring af dette, idet han ikke genkender bygningerne.
- En bruger kommenterer, at det vil være lettere at forstå panoreringen hvis markøren over kortet viser en hånd, da det således er lettere at opdage at kortet kan panoreres ved at trække i det.

At flere brugere efterspørger en signaturforklaring indikerer tydeligvis manglen på en sådan, og følgelig bør en simpel signaturforklaring indføres, der viser hvordan ruter på den viste etage og på andre etager ser ud.

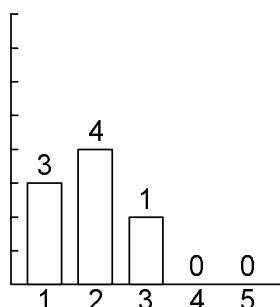
Flere brugere forsøger at klikke på de eksisterende positioner på kortet og trække dem rundt med musen. Ideen er åbenlys, og med testen er det også eksemplificeret at en sådan brugeradfærd kan forekomme. Sammen med de øvrige muligheder for at ændre positionerne vil en sådan feature forøge mulighederne for at foretage sådanne ændringer, og tage hånd om visse brugeres intuitive forventninger. Det bør derfor undersøges om denne feature kan implementeres, og i så fald med efterfølgende brugertests efterprøves om den er anvendelig for brugerne.

At en bruger ikke forstår kortet idet han ikke genkender bygningerne tyder på, at der mangler angivelse af kendte lokationer, som f.eks. kantinen, som standard på kortet, og eventuelt en angivelse af nord-retningen. For at afhjælpe dette problem bør der indføres tekst på kortet, som angiver de mest kendte lokationer og bygninger. Disse bør kunne oprettes og redigeres af administratoren, så featuren også er tilgængelig hvis UniKrak skal benyttes andre steder end på Aalborg Universitet. Muligvis kan der også indføres en kompasrose/pil, der peger mod nord, og lægger sig ovenpå kortet så den er synlig uanset kortets panorering og zoom-niveau.

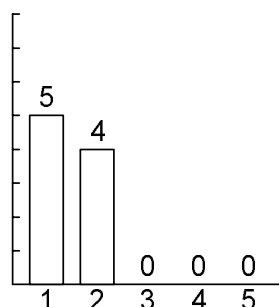
At markøren skal vises som en åben hånd når den holdes over kortet, for at illustrere at kortet kan panoreres, er en åbenlys feature som bør implementeres. Dog indeholder CSS-standardens ikke nogen markørindstilling for en åben hånd-markør, men åbner dog mulighed for brug af eksterne markører, så med en markørfil af en åben hånd vil denne feature let kunne implementeres.

Kvantitative data

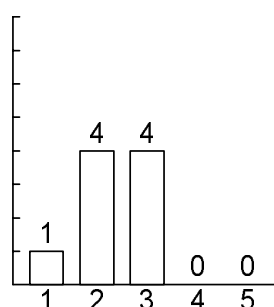
De kvantitative resultater, navnlig post-test questionnaires spørgsmål, til dette punkt resulterer i histogrammerne i figur 7.17, 7.18, 7.19, 7.20 og 7.21.



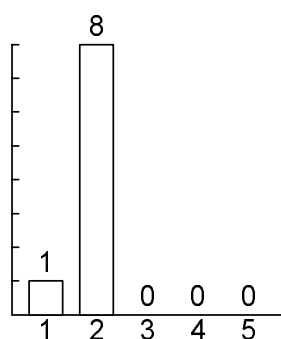
FIGUR 7.17: Histogram til udsagnet "Panoreringen af kortet var let at forstå og bruge".



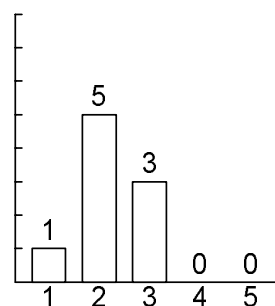
FIGUR 7.18: Histogram til udsagnet "Positionerne på kortet (brugerposition, destination, viapunkter og viste lokaler) var tydelige".



FIGUR 7.19: Histogram til udsagnet "Positionerne på kortet (brugerposition, destination, viapunkter og viste lokaler) var intuitive".



FIGUR 7.20: Histogram til udsagnet "Ruterne på kortet var tydelige".



FIGUR 7.21: Histogram til udsagnet "Ruterne på kortet var intuitive".

Besvarelsenerne til spørgeskemaets udsagn "Panoreringen af kortet var let at forstå og bruge" er overvejende positiv, men med en lidt større spredning end det er set i de tidligere histogrammer, bl.a. svarer to brugere "neutral" til dette udsagn, og ingen af disse giver yderligere forklaring til hvorfor de mener dette. Det kan dog have noget at gøre med manglen på en håndmarkør når musen flyttes over kortet, men der er ikke belæg for at dette skulle være årsagen.

Spørgeskemaets udsagn om, at kortets positioner var tydelige at se, blev besvaret meget positivt, med flertallet af testpersonerne "meget enige" i udsagnet. Der må således antages at der

ikke er nogen problemer med positionernes tydelighed. En testperson bemærker dog, at ”lokalerne godt kunne markeres tydeligere, evt. med nummer”.

Om positionerne er intuitive er dog et andet spørgsmål, og til spørgeskemaets udsagn om dette er resultatet mindre positivt. Hele fire ud af ni testpersoner svarer ”neutral” til dette udsagn, og kommer med kommentarer som *”nemt at forstå, men ikke vildt intuitivt at viapoints er gule fx. Eller grøn start/rød destination”* og *”The color code (green and red) were visible, but maybe the visual impact is not big enough... maybe that filling the whole room with the color would be better”*. Tilsyneladende er de farvede prikker ved henholdsvis positionsområdet, destinationsområdet og viapunktsområdet ikke tilstrækkeligt til at brugerne forstår sammenhængen mellem disse og prikkerne på kortet med samme farve. En eventuel yderligere forklaring kan indgå i den planlagte signaturforklaring.

Til gengæld er besvarelsenerne til udsagnet om, at ruterne på kortet er tydeligt synlige, besvaret mere positivt, med størsteparten af testpersonerne erklærende sig enige i udsagnet. En testbruger bemærkede endda: *”Good choice for dot lines when changing floor”*. Der er således tilsyneladende ingen problemer med dette aspekt.

Endelig er besvarelsen til udsagnet om, at ruterne på kortet er intuitive, besvaret nogenlunde positivt, med stor spredning, hvor tre testpersoner svarer ”neutral”. En af disse har kommentaren *”The use of stairs is not clearly represented. Dashed lines are ok, but might need a legend”*, mens en anden udtrykker tvivl om udsagnets formulering (*”Hvad er en intuitiv rute?”*). Den første kommentar kan tages til overvejelse, og etageskift på ruterne kan repræsenteres tydeligere, som f.eks. med et ikon eller en tekst på kortet der fortæller brugeren at der f.eks. skal navigeres en etage op.

7.4.6.6 Bogmærker

Kvalitative data

De kvalitative resultater noterer følgende problemer med dette element:

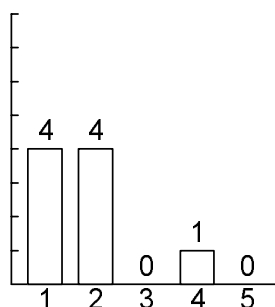
- Flere brugere forventer at bogmærker hentes idet de vælges fra menuen, uden at der skal trykkes på ”hent”-knappen.

At efterkomme brugernes forventning til bogmærkemenuens funktion vil ikke være vanskeligt, så bogmærker bør hentes idet de vælges fra menuen, og efterfølgende brugertests må afgøre om ændringen er fordelagtig.

Kvantitative data

De kvantitative resultater, navnlig post-test questionnaires spørgsmål, til dette punkt resulterer i histogrammet i figur 7.22.

Brugernes besvarelser af spørgeskemaets udsagn om, at konceptet med bogmærker var intuitivt er overvejende positivt, med flertallet svarende enten ”enig” eller ”meget enig”. En enkelt testbruger var dog uenig i udsagnet, og denne har også under testen ønsket bogmærkemenue tilgængelig i positions- og destinationsområderne. Manglen på dette er muligvis brugerens



FIGUR 7.22: Histogram til udsagnet ”Konceptet og brugen af bogmærker var intuitiv”.

ankepunkt ved bogmærkekonceptet, så at indføre dette ville sandsynligvis skabe en forbedring i det enkelte tilfælde.

7.4.6.7 Søgning

Kvalitative data

De kvalitative resultater noterer følgende problemer med dette element:

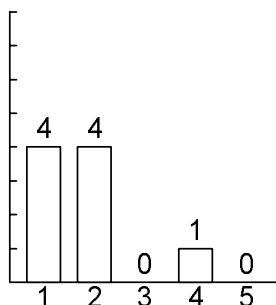
- Søgning på ”lars b” (med anførselstegn) giver ingen resultater, men det forventedes at ”Lars Bo Larsen” blev fundet.

At søgningen på ”Lars B” ikke giver resultater er problematisk, men bundet i den måde det underliggende PDS-system skal forespørges. Dele af fornavne/efternavne, som f.eks. ”Lar” giver ingen resultater; så ”Lars B” finder kun personer hvis fornavn eller efternavn er ”Lars B”, hvilket der naturligvis ikke er nogen der hedder. Søgning efter ”Lars B” uden anførselstegn finder heller ikke Lars Bo Larsen, da denne person i PDS har fornavnet ”Lars Bo”, ikke ”Lars”. Problemet, der eksemplificeres i netop dette forsøgsresultat, kan ikke afhjælpes uden ændringer i universitetets PersonDataSystem.

Kvantitative data

De kvantitative resultater, navnlig post-test questionnaires spørgsmål, til dette punkt resulterer i histogrammet i figur 7.23.

Ligesom bogmærkesystemet er søgningens spørgeskemaudsagn besvaret overvejende positivt, men med en enkelt afvigelse fra en testperson som erklærer sig uenig i udsagnet, dog en anden person end den som var uenig i bogmærkeudsagnet. Den uenige testperson har kommentaren ”Jeg havde i starten svært ved at forstå, at man skulle sætte destinationen/start pos. hver gang for at finde en rute”. Denne kommentar antyder at testpersonen muligvis har en anderledes opfattelse af udsagnet end tiltænkt, og har besvaret udsagnet ud fra et forkert grundlag. Denne mulighed må tages i betragtning, men brugerens besvarelse kan ikke forkastes; søgefunktionen må komme i betragtning til forbedring, hvis brugergrænsefladen senere skal revideres.



FIGUR 7.23: Histogram til udsagnet "Søgefunktionen var let at forstå og bruge".

7.4.6.8 Generelt

Kvalitative data

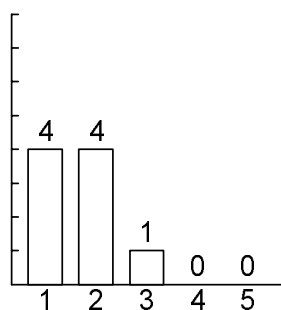
De kvalitative resultater noterer følgende generelle problemer med brugergrænsefladen:

- Opførsel fra brugerens side, som afsender mange requests til serveren hurtigt efter hinanden, kan resultere i at serveren løber tør for tilgængelig hukommelse og går i en fejltilstand.

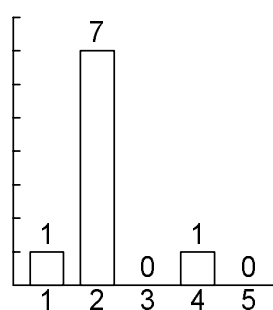
UniKrak bruger, i sin nuværende form, meget hukommelse til især rendering af kort, og derfor vil adskillige samtidige requests kræve meget hukommelse. Problemet kan forsøges afhjulpet ved at optimere koden og minimere hukommelsesforbruget, og/eller ved at afvikle UniKrak på en server som har den nødvendige kapacitet.

Kvantitative data

De kvantitative resultater, navnlig post-test questionnaires spørgsmål, til brugergrænsefladen generelt resulterer i histogrammerne i figur 7.24 og 7.25.



FIGUR 7.24: Histogram til udsagnet "Jeg forstod brugergrænsefladen i UniKrak".



FIGUR 7.25: Histogram til udsagnet "Brugergrænsefladen var generelt let at forstå og bruge".

Besvarelsen af, om brugerne forstod UniKraks brugergrænseflade, var overvejende positiv, med fire ud af ni testbrugere "meget enige", og en enkelt "neutral". Til gengæld svarede den samme person "uenig" til det sidste udsagn, så denne er tydeligvis utilfreds med brugergrænsefladen. Det

bør dog nævnes at under testen med den pågældende bruger oplevede UniKrak nogle problemer med hukommelse, hvor Java løb tør for tilgængelig hukommelse og bragte en fejlmeddelelse. Dette kan have indvirket på brugerens opfattelse af systemet, som generelt har været mere negativ end for de øvrige testdeltagere. Dog må det erkendes at UniKrak bruger meget hukommelse, hvilket bør søges afhjulpeth.

7.4.7 Evaluering i forhold til krav

I forhold til de opstillede krav, viser brugertesten:

- C1** At brugergrænsefladens understøttelse og brug af positioneringen med trådløst og trådet netværk fungerer og forstås af brugerne.
- C2** At brugergrænsefladen for de fleste testbrugere er let forståelig.
- C3** At zoom, panorering og etageskift fungerer og at de fleste testbrugere finder brugen af dem intuitiv.
- C4** At visningen af positioner er tydelig, men at disse ikke findes intuitive af alle testbrugere.
- C5** At ruterne er tydeligt synlige, men at disse ikke findes intuitive af alle testbrugere. Mange kunne dog godt kende forskel på delruter som går på den viste etage og på andre etager.
- C6** At hele brugergrænsefladen er holdt på én side.
- C7** At koncepter som brugerposition, destination og viapunkter er nogenlunde forståelige, med enkelte testbrugere som finder enkelte dele mindre lette at bruge. Identificerede usability-problemer med disse koncepter er analyseres, og der er fundet løsningsforslag til dem.

Således opfylder den nye brugergrænseflade alle de opstillede krav, og er nogenlunde intuitiv at bruge. For de elementer der er fundet mindre intuitive af brugerne er der opstillet forslag til yderligere forbedringer.

7.4.8 Konklusion på test

Testresultaterne viser en overvejende positiv holdning til den nye brugergrænseflade og dens elementer, hvilket kan være influeret af testgruppens høje erfaringsniveau med computersystemer generelt, men selv med denne faktor i resultaterne må det konkluderes at den nye brugergrænseflade har et acceptabelt niveau af brugervenlighed.

Under testen blev der fundet en række større og mindre usabilityproblemer, hvoraf størstedelen er fundet mulige og berettigede til udbedring. Ifald disse usabilityproblemer bliver rettet, vil brugergrænsefladen efter al sandsynlighed blive endnu mere intuitiv og lettilgængelig.

Under alle omstændigheder vurderes det at brugergrænsefladen er brugbar til at blive præsenteret på en offentligt tilgængelig hjemmeside, og med en eventuel yderligere vurdering fra Aalborg Universitets Administrationsafdeling kan brugergrænsefladen præsenteres som en officiel service til universitetets studerende, undervisere og gæster.

Konklusion8

Dette projekt har taget udgangspunkt i et tidligere projekt med et eksisterende system, og benytter dets grundlæggende koncept og udfører forbedringer på det. Det eksisterende UniKrak har skabt muligheder for videreudvikling gennem design og produktion af programmer til forenkling af omstændige processer og til udvidelse af slutbrugernes muligheder for positionering. Med udgangspunkt i det initierende problem:

Hvordan kan det eksisterende UniKrak forbedres, så den indledende proces med produktion af navigationsgraf forenkles og der opnås positionering gennem det etablerede trådløse netværk.

har dette projekt opnået både udvikling af et værktøj til oprettelse af grafer til brug i UniKrak, og indført positionering med det trådløse netværk.

Samtidig er det eksisterende UniKraks brugergrænseflade og meget af den bagvedliggende funktionalitet blevet opdateret, så en ny version er fremkommet: UniKrak 2.0. Denne version henvender sig til enheder med skærme større end en PDA, og inkorporerer den nye automatiske positionering, samt flere mindre ændringer. UniKrak 2.0 er blevet designet, implementeret og testet med overvejende positive resultater. Accepttesten af brugergrænsefladen viste at denne lever op til de opstillede krav, med et mindre problem som efterfølgende er blevet rettet, og usabilitytesten har vist at brugergrænsefladen fungerer forståeligt og intuitivt, med en række identificerede usabilityproblemer som der er opstillet løsningsforslag til.

Den udviklede trådløse positionering fungerer ved at et program på klienten måler hvilke trådløse opkoblingspunkter der findes i nærheden, samt deres signalstyrker ved klienten. Dataene overføres til UniKraks server, der foretager vægtet interpolation mellem de genkendte opkoblingspunkter og beregner en brugerposition der kan bruges i den nye version af UniKrak. Tillige er der indført en anden type positionering, som gennem et system udviklet af afdelingens systemadministration kan finde klientens position med det trådede netværk. Med denne positionering er brugerens muligheder for at angive sin position udvidet med automatisering, men har dog begrænset præcision. For den trådløse positionering kan enten benyttes det nærmeste opkoblingspunkt eller en interpolation mellem de nærmeste punkter, og for den trådede positionering er præcisionen begrænset til det lokale i hvilket brugeren er tilsluttet. Dette burde dog være tilstrækkeligt præcist til at brugere af systemet kan forstå deres position og navigere derefter. Under brugertesten blev positioneringerne afprøvet, og de, samt deres inkorporering i UniKrak, fungerede som forventet.

Det udviklede grafredigeringsværktøj er i stand til at indlæse kort i bmp, png, jpeg og svg-format, og stiller basale muligheder til rådighed for oprettelse og redigering af grafer. Med grafredigeringsværktøjet kan der placeres, redigeres og slettes knudepunkter og forbindelser, og disse elementer kan anbringes i flere etager. Endvidere, hvis kortet er en svg-fil og overholder nogle definerede præmisser, kan filen fortolkes af redigeringsværktøjet og bruges som udgangspunkt i en automatisk generering af en navigationsgraf, som efterfølgende kan redigeres af brugeren.

Grafredigeringsværktøjet er blevet designet, implementeret og testet ift. dets opstillede krav med positive resultater. Det indeholder dog stadig identificerede muligheder for forbedring, såsom bedre understøttelse af etagekonceptet, men klarer sin opgave tilstrækkeligt godt til at det er blevet anvendt til at redigere UniKraks eksisterende graf.

Disse resultater taget i betragtning må det konkluderes at det initierende problem er besvaret med, at de udviklede systemer er en mulig løsning på den problemstilling der præsenteres i det initierende problem, og udgør en væsentlig forbedring af det eksisterende UniKraK.

8.1 Perspektivering

Det nyudviklede UniKraK kan, med nogle få ændringer, tilpasses til anvendelse andre steder end på Aalborg Universitets Teknisk-Naturvidenskabelige fakultet. Oplagte muligheder er de øvrige fakulteters bygninger, hvor kort over disses bygninger vil kunne benyttes til visning i UniKraK og til produktion af tilhørende navigationsgrafer. De forskellige fakulteters versioner af UniKraK vil med fordel kunne henvise til hinanden, ligesom andre officielle sider på Universitetet kan benytte sig af UniKraK, for eksempel med simpel visning af lokaler på kortet.

Andre institutioner kan også drage fordel af UniKraK, først og fremmest hvor der er store bygninger med nummererede lokaler. Andre universiteter og læresteder, hospitaler, virksomheder og offentlige administrationer er blot nogle eksempler på steder hvor UniKraK kan finde anvendelse. Med den stigende opsætning af trådløse opkoblingspunkter i bymidter (se f.eks. [19]) vil UniKraK potentielt også kunne finde anvendelse dér. Dog bør det påpeges, at UniKraK først og fremmest er henvendt til indendørs vejvisning, og at en udvidelse til andre kontekster vil kræve større indgriben i programmet.

I alle disse steder er UniKraK på en dedikeret hjemmeside oplagt, så brugere kan tilgå det fra alle netværksopkoblede PC'ere og MACs, men også infostandere placeret ved hovedindgangene eller andre nøglepunkter kan med fordel give adgang til UniKraK, så gæster har mulighed for hurtigt at finde vej til de steder de skal besøge.

Da der allerede findes databaser på internettet (f.eks. [25]) over opkoblingspunkter og deres placering, kunne UniKraK potentielt udvides til at bruge data fra disse databaser, samt udvide databaserne med de opkoblingspunkter som systemadministratorerne indfører i UniKraK, og eventuelt lade brugerne selv tilføje fundne opkoblingspunkter til UniKraK. Således kan UniKraK skaleres med det brugergenererede indhold og de eksisterende databaser på internettet.

Endelig er der mulighed for blot at udvide UniKraK med flere features, som f.eks. flere ikoner på kortet, vejvisning til nærmeste printer/toilet/udgang, link fra kontorer på kortet til okkupantens profilside, rutebeskrivelse med tekst, og så videre. Med UniKraK som platform kan der udtænkes flere muligheder, der eventuelt kunne tages op i endnu et studenterprojekt på Aalborg Universitet.

A.1 Tilladelseserklæring

Det første skema som testbrugerne blive bedt om at udfylde er en tilladelseserklæring, som skal give ret til at bruge de indsamlede resultater. Denne formular er almindeligt brugt på afdelingen for Intelligente Multimedier ved Institutet for Elektroniske Systemer på Aalborg Universitet.

Declaration of Consent	
UniKrak 2.0	
Date and time of interview: _____	Location: _____
I hereby confirm that:	
1. I have understood the purpose of this study. 2. The study material and the input I provide may be rendered public. 3. Transcription citations of any associated sound or video recording may be rendered public. 4. Sound and video recordings taken during the test may be rendered public. 5. That the information on this sheet may be rendered public. 6. That I remain anonymous in all study disseminations. 7. That I am free to leave the study at any moment without any explanation.	
Study participant:	
Name: _____	
Signature: _____	
Study facilitator(s):	
Name(s) and title(s): _____	
Company(s)/Institution(s): _____	
Signature(s): _____	

A.2 Screening Questionnaire

Før brugerne gennemfører usability-testen bedes de udfylde dette spørgeskema, som skal indsamle informationer om brugernes erfaringer med bl.a. computere, internet og kortapplikationer. Dette gøres for at besvarelsen senere kan bidrage med evalueringen af de øvrige testresultater.

Screening questionnaire	
UniKrak 2.0	
Date: _____	
Personal data	
Name: _____	
Age: _____	
Occupation: _____	
Experience with computers and internet	
1. How do you rate your own experience with computers?	
☐ Expert ☐ A lot of experience ☐ Average experience ☐ Poor experience ☐ No experience	
2. How often do you use a computer?	
☐ Daily ☐ Weekly ☐ Monthly ☐ Less often than once a month ☐ Never	
3. How do you rate your own experience with the internet?	
☐ Expert ☐ A lot of experience ☐ Average experience ☐ Poor experience ☐ No experience	

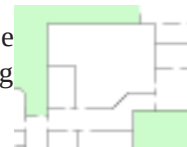
Experience with mapping applications/route guidance
1. How do you rate your own experience with online mapping applications, such as Krak, De gule sider, Eniro etc.?
☐ Expert ☐ A lot of experience ☐ Average experience ☐ Poor experience ☐ No experience
2. How do you rate your own experience with route guidance applications for roads, such as TomTom, Garmin etc.?
☐ Expert ☐ A lot of experience ☐ Average experience ☐ Poor experience ☐ No experience
3. Did you try the first version of UniKrak in spring 2006?
☐ Yes ☐ No
4. Do you easily understand maps in general?
☐ Yes, very well ☐ Somewhat ☐ No

A.3 Testscenarier

Under testen gennemfører brugerne nedenstående scenarier, der er beregnet på at vedrøre det meste af brugergrænsefladen, uden at tage for lang tid at gennemføre. Den tekst der præsenteres for testbrugerne fremgår nedenfor:

Til denne test skal du forestille dig at du bevæger dig rundt på universitetet og tilgår UniKrak med en mobil enhed eller en bærbar computer. For at teste størstedelen af UniKraks funktionalitet bedes du gennemføre følgende scenarier:

1. Du har været til forelæsning i lokale B2-109 og skal finde vej til lokale A4-205. Brug UniKrak til at beregne en rute mellem de to lokaler.
2. Efter en anden forelæsning befinder du dig i det store auditorium (se billede) og skal finde biblioteket, der er gemt som et bogmærke. Brug UniKrak til at beregne en rute mellem de to lokaler.
3. Søg på lokaler i bygning C4, og tilføj tre af resultaterne til viapunktslisten. Organiser punkterne i rækkefølge efter nummer. Tilføj lokale A4-206 til viapunktslisten. Vælg et nyt lokale som udgangspunkt og et andet som destination, og beregn en sekventiel rute gennem punkterne.
4. Kortet er zoomet langt ud, så for at følge ruten bedre, zoom ind én gang og panorér så ruten er let at se og følge.
5. Universitetet har flere etager, og dele af ruten kan gå gennem andre etager end den viste. Navigér derfor en etage op.
6. Du befinder dig i usability-teltet i afdelingen for intelligente multimedier, og computeren er tilsluttet det trådede netværk. Få UniKrak til automatisk at lokalisere klienten, og angiv en destination på kortet som der skal beregnes en rute til. Søg derefter efter "Lars Bo Larsen" og beregn en rute til dennes kontor.
7. Benyt UniKrak og dens instruktioner til at lokalisere klienten med det trådløse netværk.



A.4 Post-test spørgeskema

Den primære kvantitative datakilde for usability-testen af UniKraks nye brugergrænseflade udgøres af besvarelsen af dette spørgeskema, der spørger ind til brugerens oplevelse med systemet, hovedsageligt med hensyn til om de enkelte elementer og koncepter er forståelige, intuitive og lette at bruge.

Post-test questionnaire UniKrak 2.0	
Date:	_____
Personal data	
Name:	_____
Age:	_____
Occupation:	_____
1. I understood the user interface in UniKrak	
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree	
2a. The options for selecting my position were sufficient	
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree	
2b. The information about my position were sufficient	
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree	

2c. The information about my position were understandable
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
3. The options for selecting my destination were sufficient
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
4. The list of viapoints was easy to understand and use
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
5a. The scrolling of the map was easy to understand and use
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
5b. The positions on the map (user location, destination, viapoints and shown rooms) were clearly visible
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
5c. The positions on the map (user location, destination, viapoints and shown rooms) were intuitive
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
5d. The routes on the map (user location, destination, viapoints and shown rooms) were clearly visible
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
5e. The routes on the map (user location, destination, viapoints and shown rooms) were intuitive
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree

6. The concept and use of bookmarks was intuitive
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
7. The searching function was easy to understand and use
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
8. The user interface was generally easy to understand and use
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
9. I experienced these problems during the test:

A.5 Usability-telt spørgeskema

Dette spørgeskema præsenteres for brugerne på vegne af Afdelingen for Intelligente Multimedier, som stiller usability-teltet til rådighed og følgelig ønsker respons på dets anvendelighed.

Usability tent questionnaire	
UniKrak 2.0	
Date: _____	
Personal data	
Name: _____	
Age: _____	
Occupation: _____	
1. The tent helped me imagine the use of UniKrak and made the test more realistic	
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree	
2. It was easier for me to understand the scenarios when I watched the video	
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree	
3. The tent was hot and stuffy	
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree	
4. It was hard to see in the dark	
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree	

5. Being in the tent didn't really make any big difference to me
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
6a. It was in general easy to understand what to do in the high-fi test
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
6b. Any comments:
7a. The video camera did not disturb me in any way during the test
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
7b. Any comments on the video camera?
8a. The video feed could just as well could have been replaced with a textual explanation
☐ Strongly agree ☐ Agree ☐ Neutral ☐ Disagree ☐ Strongly disagree
8b. Any comments on the video feed?

Litteratur

- [1] Kraks Forlag A/S. Om krak. <http://www.krak.dk/Information/OmKrak.aspx>, 2007.
- [2] BlipSystems. Mobile marketing, location based services & rtls solutions - company. <http://www.blipsystems.com/>, Februar 2007.
- [3] Paul Bourke. Intersection point of two lines (2 dimensions). <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/geometry/lineline2d/>, 1989.
- [4] Patrick Chan. *The Java Developers Almanac 1.4, Volume 1: Examples and Quick Reference*. Prentice Hall, 2002.
- [5] Yongguang Chen and Hisashi Kobayashi. Signal strength based indoor geolocation. In *ICC 2002. IEEE International Conference on Communications, 2002*, volume 1, pages 436–439. IEEE, 2002.
- [6] George Dedes and Andrew G. Dempster. Indoor gps positioning - challenges and opportunities. 2005.
- [7] Google. Google maps. <http://maps.google.com/>, 2007.
- [8] Bryce Harrington, Jon Phillips, Aaron Spike, Bob Jamison, Ted Gould, Arpad Biro, Josh Andler, Cedric Gemy, Bulia Byak, and MenTaLguY. Inkscape. draw freely. <http://www.inkscape.org>, 2004.
- [9] Kasper Hyllested. Pocketfreak.dk - test af blip systems bluetooth-netværk, standalone blip node. <http://www.pocketfreak.dk/anmeldelser/blip-standalone/blip-standalone.html>, 2004.
- [10] IEEE. Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-1999.pdf>, 1999. IEEE 802.11.
- [11] Simon G. M. Koo, Catherine Rosenberg, Hoi-Ho Chan, and Yat Chung Lee. Location discovery in enterprise-based wireless networks: Case studies and applications. *Annals of Telecommunications*, 58:531–552, 2003.
- [12] Anthony LaMarca, Gaetano Borriello, Yu-Chung Cheng, Sunny Consolvo, Dieter Fox, William Griswold, Jeffrey Hightower, Jason Hong, James Howard, Jeff Hughes, Julie Letchner, David McDonald, Brian Noble, Fred Potter, Pauline Powledge, Adam Rea, Bill

- Schilit, James Scott, Ian Smith, Ken Smith, Timothy Sohn, Jason Tabert, Doug Tygar, Evan Welbourne, and Dave Wetherall. Place lab. <http://www.placelab.org/>, 2006.
- [13] Anthony LaMarca, Gaetano Borriello, Yu-Chung Cheng, Sunny Consolvo, Dieter Fox, William Griswold, Jeffrey Hightower, Jason Hong, James Howard, Jeff Hughes, Julie Letchner, David McDonald, Brian Noble, Fred Potter, Pauline Powledge, Adam Rea, Bill Schilit, James Scott, Ian Smith, Ken Smith, Timothy Sohn, Jason Tabert, Doug Tygar, Evan Welbourne, and Dave Wetherall. Place lab javadoc. <http://www.placelab.org/toolkit/doc/javadoc/>, 2006.
- [14] Mark Paciga. Herecast: An open infrastructure for location-based services using wi-fi. Master's thesis, University of Western Ontario, April 2004.
- [15] Mark Paciga. Herecast - an open infrastructure for location based services using wifi. <http://www.herecast.com/>, Februar 2007.
- [16] Darrel Plant. The math behind the bézier curve. <http://moshplant.com/direct-or-bezier/math.html>, 1996.
- [17] Steven Polge. Creating the navigation network. http://unreal.epicgames.com/UT_AI.htm, 1999.
- [18] Steve Rabin, editor. *AI Game Programming Wisdom*. Charles River Media, 2004.
- [19] Reuters. Philadelphia wireless internet project advances. <http://www.reuters.com/article/technologyNews/idUSN2436904820070525>, 2007.
- [20] Helen Sharp, Yvonne Rogers, and Jenny Preece. *Interaction Design: Beyond Human Computer Interaction*. John Wiley & Sons, 2002.
- [21] Inc. Skyhook Wireless. Skyhook wireless. <http://www.skyhookwireless.com/>, Februar 2007.
- [22] Kristina Kochetsian Thomsen, Cang The Dao, Lars Peter Thomsen, and Christian Ølholm. Unikrak. Technical report, Aalborg Universitet, 2006.
- [23] John Varouhakis. recordmydesktop. <http://recordmydesktop.sourceforge.net/>, 2007.
- [24] W3C. Scalable vector graphics (svg) 1.1 specification. <http://www.w3.org/TR/SVG/>, 2003.
- [25] Wigle.net. Wigle - wireless geographic logging engine - plotting wifi on maps. <http://www.wigle.net/>, Maj 2007.