

Tangible Interaction Techniques for Tabletop Interfaces

Raf Menten

promotor :
Prof. dr. Karin CONINX

Samenvatting

In deze thesis wordt een onderzoek gevoerd naar interactietechnieken die van toepassing zijn op de interactieve tafel, een relatief nieuw concept. Een extra element in deze studie is het toevoegen van tangible objecten. Dit werk bestaat enerzijds uit het bestuderen van andere researchprojecten in dit domein, en anderzijds uit de implementatie van een applicatie die gebruik maakt van een Tangible User Interface met twee apparaten.

Woord vooraf

Deze thesis is tot stand gekomen in opdracht van de universiteit UHasselt, gelegen te Diepenbeek, België. Het materiaal dat gebruikt werd voor dit onderzoek werd aangeboden door het Expertisecentrum Digitale Media (EDM). Dit was ook de locatie waar het onderzoek zelf plaatsvond, namelijk in de iRoom. Ik werd daar ondersteund door mijn begeleiders Kris Luyten en Peter Vandoren, die ik bij deze willen bedanken voor de hulp en stimulans. Voor het mogelijk maken van deze thesis wil ik ook graag Karin Coninx bedanken. Voor de technische ondersteuning en het ontwerp van de tafel en de tangible apparaten wil ik ook Tom De Weyer bedanken.

Bovendien wil ik ook Sofie Notelaers bedanken voor de steun, het overleg en het testen van de applicatie. Ook Yannick Van De Weerd, Tom Cuypers en Ruben Thys wil ik bedanken voor de steun en de opbouwende discussies.

Inhoudsopgave

1	Introductie	1
2	Gerelateerd werk	2
2.1	Voorgaand werk	2
2.2	Tangible User Interfaces	3
2.2.1	Motivatie	5
2.2.2	Interactiemodellen	6
2.2.3	Verschillende benaderingen van interactie	7
2.3	Framework voor het ontwerp van tangible interaction	8
2.3.1	The design framework themes	9
2.3.2	Tangible Manipulation	11
2.3.3	Spatial Interaction	12
2.3.4	Embodied Facilitation	13
2.3.5	Expressive Representation	15
2.4	Bestaande projecten	16
2.4.1	URP: URban Planning	16
2.4.2	MediaBlocks	16
2.4.3	MouseHaus Table	17
2.4.4	PingPongPlus	19
2.4.5	TViews	23
2.4.6	TUISTER	25
2.4.7	BUILD-IT	26
2.4.8	Sensetable	27

2.4.9	Cubes	28
2.4.10	Haptic Chameleon	31
2.5	Technische mogelijkheden	32
2.5.1	Objecten detecteren	34
2.5.2	Objecten bewegen	39
3	Thesis-applicatie: CiTUI	41
3.1	Applicatiedoelstelling	42
3.2	Tangible User Interface	42
3.3	Technische realisatie	45
3.3.1	Structuur van de applicatie	47
3.4	Implementatie van de single handed TUI	47
3.4.1	Regio's wijzigen van type	52
3.4.2	Kopiëren, Knippen en Plakken	58
3.4.3	Opslaan en Laden	62
3.4.4	Gebruik van layers	64
3.4.5	Continue Informatieweergave	65
3.5	Implementatie van de dual handed TUI	66
3.5.1	Navigatie	69
3.5.2	Zoom	72
3.5.3	Parameters	74
3.5.4	Klemborden	76
3.6	Future work	82
4	Analyse	87
4.1	Beperkt aantal knoppen	87
4.2	Beperkte schermmogelijkheden	90
4.3	Beperkte trackingmogelijkheden	92
4.3.1	Beperking events per scherm	92
4.3.2	Gebrek aan identificatie	94
4.3.3	Constante detectie	95
4.4	Two-handed input	95

5 Conclusie

97

Bibliografie

101

Lijst van figuren

2.1	Hardware-opstelling	3
2.2	Houten Paddles	4
2.3	Model-View-Control (bron: [1])	6
2.4	Model-Control-Representation (physical and digital) (bron: [1])	7
2.5	Tangible interaction framework (bron: [2])	10
2.6	URP (bron: [3])	17
2.7	MediaBlocks (bron: [3])	18
2.8	MouseHaus Table (bron: [14])	19
2.9	MouseHaus - Pedestrian Simulator	20
2.10	PingPongPlus (bron: [5])	20
2.11	PingPongPlus: Water Ripple mode (bron: [5])	21
2.12	PingPongPlus: Water Ripple mode uitgebreid met 'school of fish' (bron: [5])	22
2.13	PingPongPlus: Thunderstorm mode (bron: [5])	22
2.14	PingPongPlus: Pac-Man ®mode (bron: [5])	23
2.15	TViews sensor layout (bron: [6])	24
2.16	TUISTER: Schematisch overzicht van de constructie (bron: [15])	25
2.17	BUILD-IT: Links: Werken met de bricks; Rechts: Schematisch overzicht van de opstelling (bron: [1])	26
2.18	Sensetable (bron: [18])	29
2.19	Sensetable Puck en modifier	29
2.20	Cube (bron: [19])	30

2.21	Haptic Chameleon: Toepassing in de auto (bron: [20])	32
2.22	Haptic Chameleon: Toepassing voor video-navigatie (bron: [20])	33
2.23	Actuated Workbench (bron: [24])	40
3.1	CiTUI: De twee ontwikkelde tangible objecten	43
3.2	CiTUI: Het wireless apparaat met de zender	43
3.3	CiTUI: De trackingsvlakken bij beide objecten	44
3.4	Overzicht van de software structuur	48
3.5	CiTUI: Links: Edit-modus; Rechts: Observation-modus . . .	49
3.6	CiTUI: Legende	50
3.7	Rechtse Tangible: Informatie over een blok in Observation-mode	51
3.8	Schematisch overzicht van de modi en Edit-submodi	53
3.9	Schematisch overzicht van de modi en Observation-submodi .	54
3.10	CiTUI: Weergave van Submenu 'None' in Observation (links) en Edit (rechts)	55
3.11	CiTUI: Regions-menu	55
3.12	Schematisch overzicht van de mogelijkheden in de Regions-submodus	56
3.13	CiTUI: Links: Bij het specificeren van een regio wordt deze rode rechthoek getoond. Rechts: Bij het vastleggen van de regio wordt de rechthoek vervangen door de nieuwe kleur. . .	58
3.14	Schematisch overzicht van de mogelijkheden in de CopyCutPaste-submodus	59
3.15	CiTUI: CopyCutPaste-menu	60
3.16	CiTUI: De selectie zal gekopieerd worden.	61
3.17	CiTUI: De selectie zal geknipt worden.	61
3.18	CiTUI: Opslaan en Laden menu	63
3.19	CiTUI: Opslaan en Laden menu, wanneer geactiveerd	63
3.20	CiTUI: Layer van de vervuiling	65
3.21	CiTUI: Layer van de criminaliteit	66

3.22	Schematisch overzicht van de vaste actie in de Observation-modus	67
3.23	Schematisch overzicht van de verschillende modi van de dual handed TUI	70
3.24	CiTUI: Navigatie-indicator rechtsonder op het scherm.	71
3.25	CiTUI: Visualisatie van de bevolking op de kaart	72
3.26	CiTUI: Overzicht van de verschillende zoommogelijkheden.	74
3.27	Tangible: Parameterselectie	76
3.28	Schematisch overzicht van de modi en Observation-submodi	77
3.29	Schematisch overzicht van de modi en Observation-submodi	78
3.30	Linkse Tangible: De parameter met zijn huidige waarde.	79
3.31	CiTUI: Parameters-indicator aan de rechterkant van het scherm.	80
3.32	CiTUI: Legende van de Parameters-indicator.	81
3.33	Linkse Tangible: Weergave van een van de aanwezige klemborden.	82
3.34	Rechtse Tangible: De plaktool op het rechterapparaat.	83
3.35	Schematisch overzicht de klemborden-submodus	84
3.36	CiTUI: Verschil tussen standaardacties en zoomen met de knoppen	86
4.1	Beperkingen: voorbeeld van mentale beeld van een numerieke up/down widget	89
4.2	Gestures: Rotatie (bron: [7])	93
4.3	Gestures: Regio-selectie (bron: [7])	93
4.4	Gestures: Menustructuur: a) het menu wordt opgeroepen. b) De vinger naar een taartstuk bewegen, selecteert die modus. Er wordt een extra selectietool getoond. c) Een tweede vinger kan een selectie maken in de tool. (bron: [7])	94

Hoofdstuk 1

Introductie

In deze thesis wordt een algemene introductie gegeven over Tangible User Interfaces en de motivatie erachter. Een bestaand framework wordt uitgelegd voor het ontwerp van tangible interactie. Verder wordt er een onderzoek gevoerd naar verschillende bestaande projecten in de literatuur. Om een beter zicht te krijgen over de verschillende mogelijkheden van TUI's, wordt er ook kort ingegaan op de verschillende technische mogelijkheden inzake detectie van objecten en het bewegen ervan.

Vervolgens wordt CiTUI voorgesteld, het eindproduct van deze thesis. Er wordt kort uitgelegd wat de doelstelling is en hoe de tangible apparaten in deze TUI zijn gevormd. De interactie met de TUI wordt volledig uitgelegd, specifiek voor elke hand.

In het daaropvolgende hoofdstuk wordt een analyse uitgevoerd op de gebruikte hardware en het geïmplementeerde programma, CiTUI.

Hoofdstuk 2

Gerelateerd werk

Inhoudsopgave

2.1	Voorgaand werk	2
2.2	Tangible User Interfaces	3
2.3	Framework voor het ontwerp van tangible inter- action	8
2.4	Bestaande projecten	16
2.5	Technische mogelijkheden	32

2.1 Voorgaand werk

In de bachelorthesis [8] werd in samenwerking met Sofie Notelaers de hardware-opstelling geïntroduceerd die ook in deze thesis gebruikt zal worden. De apparatuur bestaat nog steeds uit vier Microtouch ClearTek touch screens, twee bij twee gepositioneerd in het tafelblad. Een projector werpt een beeld langs de onderkant van de tafel via een schuine spiegel, die niet wordt beschermd door een glazen laag. Een belangrijk voordeel van deze opstelling is dat er geen occlusie voorkomt tijdens het werken op de tafel. In vele andere projecten waar over-head projectie wordt toegepast is dit wel het geval. Meer gedetailleerde informatie kan worden nagelezen in de bachelorthesis.



Figuur 2.1: Hardware-opstelling

Een foto van de tafel is te zien op figuur 2.1. In [8] werd een korte literatuurstudie gemaakt over tabletop interfaces, en werden vervolgens drie applicaties ontwikkeld. Twee van die applicaties maakten gebruik van simpele tangible objecten, in de vorm van houten paddles (zie figuur 2.2).

2.2 Tangible User Interfaces

In [3] stellen de auteurs een interactiemodel voor, samen met de belangrijkste kenmerken van "tangible user interfaces". In het verleden werd voor interactie met de computer alleen maar gebruik gemaakt van het visuele paradigma in de vorm van een beeldscherm op het bureau of op een andere plaats, afhankelijk van de gebruiksomgeving. De auteurs bespreken interfaces waar fysieke objecten een centrale rol spelen als fysieke representatie en manipulatie van digitale informatie. De bedoeling van de paper is om de weg vrij te maken voor nieuwe interfaces die de fysieke en digitale werelden



Figuur 2.2: Houten Paddles

zo goed mogelijk in elkaar doen overvloeien.

Om de term "tangible user interfaces", of kortweg TUIs, verder te situeren, wordt er als prototype het voorbeeld genomen van de abacus of het telraam. In termen van de Human Computer Interaction (HCI) is de abacus geen invoerapparaat; er wordt zelfs geen onderscheid gemaakt tussen invoer en uitvoer. De kralen en staven van een telraam dienen namelijk als de fysieke voorstellingen van de getallen en wiskundige operaties, maar bovendien worden ze ook zelf gebruikt om de uitkomst aan te passen.

In dit onderscheid ligt het verschil met de klassieke GUI. Voor de manipulatie van de waarden worden bij klassieke GUIs steeds invoerapparaten gebruikt terwijl ze worden getoond aan de gebruiker door middel van een uitvoerapparaat zoals een beeldscherm. Bij TUIs wordt dit verschil niet gemaakt.

TUIs maken een koppeling tussen fysieke representaties, in de vorm van manipuleerbare materiële objecten en digitale voorstellingen zoals grafische of auditieve feedback. Deze combinatie zorgt voor het ontstaan van een computergestuurde omgeving die niet meer wordt aanzien als een klassieke computer.

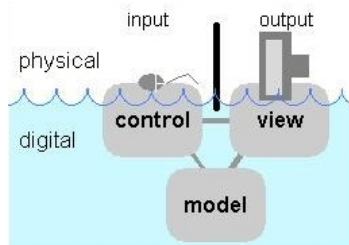
Het is hier dus duidelijk belangrijk dat de fysieke objecten een correcte representatie geven van de informatie in het doeldomein, zoals in URP (zie sectie 2.4.1) de vorm van een huis werd nagebouwd. Dit staat in contrast

met de klassieke randapparatuur die in alle vormen en maten bestaat zonder dat dat verschil maakt voor de computer of de ervaring van de gebruiker. De muis kan zo bijvoorbeeld worden vervangen door een joystick, trackball ... Bij TUIs zou een dergelijke verwisseling nadelig zijn voor de intuïtie van de gebruiker.

Bij 'Tangible Bits' [9] worden de 'bits' (de digitale acties) gekoppeld aan de fysieke objecten en de gebruiker is er zich ook bewust van bits op de achtergrond door middel van zogenaamde 'Ambient Media', zoals licht, geluid, wind en waterbewegingen in een omgeving. 'Tangible Bits' is een poging om de scheiding tussen de echte wereld en cyberspace te overbruggen en steunt op enkele belangrijke concepten. Zo wordt elk oppervlak in de ruimte (zoals muren, deuren, bureaubladen) omgevormd tot een interactief vlak. Verder worden alledaagse hanteerbare objecten in de ruimte naadloos gekoppeld aan de digitale informatie die er mee in verband staat. Bovendien wordt er gebruik gemaakt van Ambient Media om ook op de achtergrond informatie te leveren aan de gebruiker en dat wordt in veel onderzoeken genegeerd door alleen te concentreren op voorgrondactiviteiten.

2.2.1 Motivatie

Men kan zich afvragen wat de meerwaarde van een TUI is ten opzichte van een klassiek systeem. Een vaak voorkomende beschrijving van een Tangible User Interface is dat het meer intuïtief is dan werken met de muis omdat we ons hele leven lang al interageren met fysieke objecten in de wereld rondom ons. Een van de studies om dit feit te bewijzen werd uitgevoerd met de MouseHaus Table (zie sectie 2.4.3). In [10] wordt de vergelijking gemaakt tussen twee verschillende methodes om een ruimtelijke taak te voltooien. Enerzijds wordt er met een GUI gewerkt, waar met de muis geïnterageerd zal worden. Anderzijds wordt er gebruik gemaakt van een TUI, met stukken papier als invoer. In beide opstellingen werd de gebruikers een zeker patroon van 3 rechthoeken voorgelegd. De gebruikers kregen de tijd om de plaatsing van de figuren (in de eerste test getekende rechthoeken, terwijl in de tweede



Figuur 2.3: Model-View-Control (bron: [1])

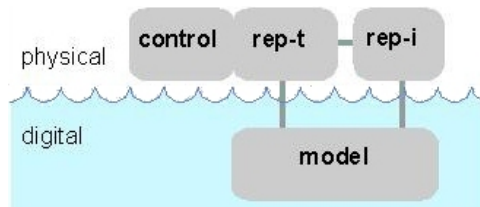
test stukken papier) te memoriseren, waarna het scherm werd leeggemaakt. Vervolgens werd hen gevraagd het patroon zo nauwkeurig mogelijk te reconstrueren zodat zowel de absolute locaties van de figuren als de onderlinge relaties bewaard bleven. Het vermoeden van de onderzoekers werd bevestigd toen bleek dat het werken met de TUI tot kortere manipulatieijden leidde en dat bovendien de afwijking ten opzichte van het originele patroon het minste was bij deze werkmethode.

2.2.2 Interactiemodellen

Een Tangible User Interface is steeds opgebouwd uit enerzijds de fysieke attributen, en anderzijds uit de digitale representatie van de gegevens. Een handige heuristiek om de scheiding tussen deze twee componenten te bepalen is de volgende: wanneer de TUI van zijn stroom wordt ontnomen, zal de digitale component verdwijnen terwijl de fysieke representaties aanwezig blijven.

Bij traditionele interfaces wordt er gesproken over 'input' en 'output'. Het input-gedeelte wordt verzorgd door invoerapparaten als toetsenbord en muis terwijl het output-gedeelte digitaal wordt weergegeven in de GUI. Dit principe steunt op het MVC-model (zie figuur 2.3), wat staat voor Model-View-Control. Bij GUIs is er een duidelijke scheiding tussen de 'View' (de digitale representatie door het scherm) en de 'Control' (verzorgd door muis en toetsenbord).

Ullmer en Ishii [3] hebben een nieuw interactiemodel voor tangible in-



Figuur 2.4: Model-Control-Representation (physical and digital) (bron: [1])

terfaces ontwikkeld onder de naam MCRpd, wat staat voor Model-Control-Representation (physical and digital) (zie figuur 2.4). Bij dit model voor de TUIs bestaat er geen strikte scheiding tussen grafische weergave en controle. Hier ligt de nadruk op de integratie van de fysieke representatie met de Control. Dit komt niet alleen door het feit dat de fysieke attributen worden gebruikt om de digitale informatie te manipuleren, maar ook doordat ze een goed beeld geven van de informatie die wordt gerepresenteerd. Zo is het in sommige systemen zoals bijvoorbeeld bij URP mogelijk om aan de hand van de fysieke status van de TUI de digitale toestand van het systeem af te lezen.

2.2.3 Verschillende benaderingen van interactie

Tangible Interfaces maken vaak gebruik van meerdere objecten, waarbij dan wordt gewerkt volgens een van de volgende aanpakken om de interactie tussen de objecten en het systeem te bepalen:

- Ruimtelijk: De ruimtelijke opstelling van de fysieke objecten wordt direct geïnterpreteerd en verwerkt door het systeem. (zoals bij URP in sectie 2.4.1).
- Relationeel: Bij dit type aanpak worden logische relaties tussen de fysieke objecten geïnterpreteerd door de computer, zoals volgorde van objecten, bepaalde aangrenzingen ... De architectuur van MediaBlocks (sectie 2.4.2) maakt gebruik van de relationele aanpak.

- Constructief: Hier wordt gerekend op een samenvoeging van interface elementen die op een zekere manier onderling verbinding maken. Een voorbeeld van een constructieve assemblage is het Topobo-project [11], waar basisblokken kunnen worden aaneengeschakeld waarop het geconstrueerde object kan worden geanimeerd (zoals een hond doen wandelen).

Het is bovendien interessant om op te merken dat er ook combinaties van bovenstaande aanpakken kunnen worden gebruikt.

2.3 Framework voor het ontwerp van tangible interaction

In [12] worden delen van een design framework voorgesteld, specifiek voor tangible interaction systemen in een collaboratieve omgeving. Dergelijke ontwerpen helpen om onze zienswijze scherp te stellen, om aan de hand van concepten onze gedachten te rangschikken en overwegingen toe te laten. Het framework bestaat uit 4 thema's, namelijk Tangible Manipulation, Spatial Interaction, Expressive Representation en ten slotte Embodied Facilitation. Een algemene inleiding wordt gegeven in [2]. Het laatste thema wordt in detail benadrukt in het kader van [12].

Elk thema wordt verder opgedeeld in concepten. Deze richtlijnen worden verder opgedeeld in aparte design richtlijnen die worden verklaard aan de hand van voorbeelden.

Het ondersteunen van samenwerking in een TUI is een belangrijk, domein-onafhankelijk kenmerk. Enerzijds wordt de mogelijkheid om samen te werken op eenzelfde plaats als positief ervaren, maar ook het samenwerken van mensen op verschillende locaties werd al beschreven in conceptuele papers. Er bestaan grote verschillen in de vereisten voor collaboratief gebruik en voor gebruik door een enkele persoon. Wegens het tekort aan frameworks ter ondersteuning van de collaboratieve TUI, werd het framework in de paper voorgesteld.

In de literatuur wordt er een onderscheid gemaakt tussen verschillende aanpakken of "views".

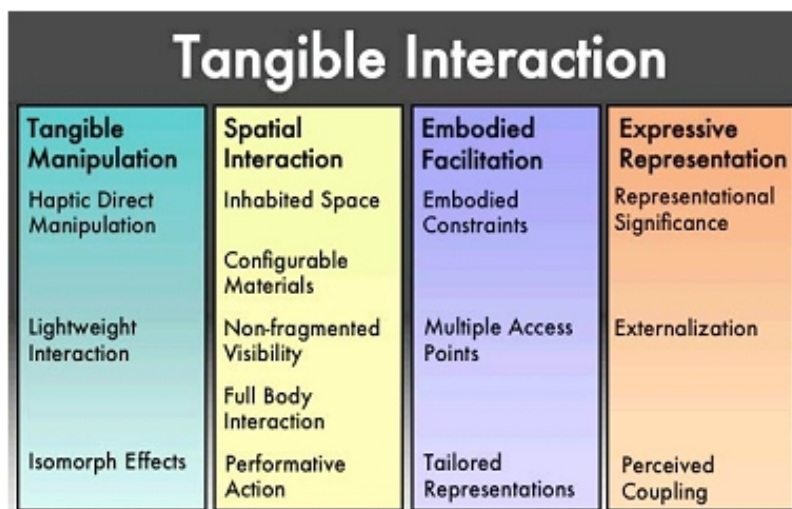
- "Data-centered view": Vooral gebruikt in Computerwetenschappen en HCI: Fysieke representatie en manipulatie van digitale data. Onderzoek in dit vakgebied heeft vaak als doel nieuwe types van koppeling en representaties te verkennen.
- "Perceptual-motor-centered view": Deze aanpak houdt rekening met de vaardigheden en richt zich op de uitdrukkingkracht van beweging in de vorm van kracht, ritme, ...
- "Space-centered view": Interactieve systemen waar geïnterageerd kan worden met fysieke objecten in de fysieke ruimte om een digitaal antwoord van het systeem te krijgen op de acties. Een dergelijke ruimte krijgt de naam 'interactieve ruimte'. Typische kenmerken van deze aanpak zijn het gebruiken van het lichaam als interactie-apparaat en het gebruiken van het hele lichaam in de interactie.

Tangible interactie is meer dan alleen een fysieke vorm geven aan digitale informatie; het is ook mogelijk om tastbare toestellen of afstandsbedieningen voor echte apparaten te gebruiken. In plaats van een beperkende definitie te hanteren die interessante systeemvarianten zou uitsluiten, is het veel productiever om deze aanpakken samen te beschouwen.

2.3.1 The design framework themes

Het framework is opgedeeld in de volgende vier thema's, die elkaar niet uitsluiten maar in verband staan met elkaar. Elk biedt een ander perspectief.

- "Tangible Manipulation": staat voor lichamelijke interactie van lichaam en handen met fysieke objecten. Deze tastbare interactie is observeerbaar en begrijpbaar.
- "Spatial Interaction": De tangible interactie speelt zich af in de echte ruimte, waar ons lichaam het referentiepunt is voor onze waarneming.



Figuur 2.5: Tangible interaction framework (bron: [2])

- "Embodied Facilitation": De acties die worden ondernomen hebben een uitwerking in de fysieke en in de digitale wereld. Beide hebben een structuur die een bepaald gedrag ondersteunt, beperkt of insinueert.
- "Expressive Representation": Tangible interactie steunt op de tastbare representatie van data. Hybride representaties combineren de fysieke en virtuele elementen.

Het schema van figuur 2.5 geeft een overzicht van deze thema's en hun respectievelijke concepten.

De richtlijnen, die in de volgende secties worden toegelicht, zijn bedoeld om de ontwerpers van TUIs aan het denken te zetten en niet om blindelings opgevolgd te worden. Soms is het bijvoorbeeld wenselijk om net alle samenwerking tussen participanten tegen te gaan en toegang te beperken. De opgestelde regels kunnen dan in de negatieve vorm worden toegepast.

2.3.2 Tangible Manipulation

Tangible Manipulation is de lichamelijke omgang met fysieke objecten die gekoppeld zijn aan digitale informatie waardoor de gebruiker de verwerking kan beïnvloeden.

2.3.2.1 Concept: Haptic Direct Manipulation

De term Tangible Manipulation houdt in dat de gebruiker een belangrijk element kan aanpassen door de fysieke representatie ervan direct te manipuleren. Er wordt dus geen gebruik gemaakt van een generiek medium als de muis, die om het even welk object kan voorstellen en beïnvloeden. Het beïnvloeden van die fysieke representaties wordt haptic direct manipulation genoemd, omdat bij de manipulatie van de objecten de gebruiker het object met al zijn eigenschappen voelt.

2.3.2.2 Concept: Lightweight Interaction

Voor een goede ondersteuning van discussies in een groep is het niet voldoende een goede representatie te voorzien van de data. Het is bovendien belangrijk dat de interactie gebeurt aan de hand van kleine stapjes waarbij constant feedback wordt gegeven door het systeem. Zo kunnen de ideeën van de deelnemers snel worden gedeeld met de groep en uitgetest.

2.3.2.3 Concept: Isomorph Effects

De isomorfe effecten die de structuur van de fysieke actie behouden om met de digitale objecten te interageren, zijn vaak goed begrijpbaar. Een dergelijke rechtstreekse mapping zal echter niet altijd de beste oplossing zijn. Zogenaamde 'magische' metaforen kunnen soms nuttiger zijn, vooral bij het gebruik van TUIs in meer complexe domeinen.

2.3.3 Spatial Interaction

Tangible interfaces bevinden zich in de ruimte en gebruikers moeten zich verplaatsen om ermee te interageren. De interactie beperkt zich niet tot het aanraken en bewegen van objecten, maar het bewegen van het hele lichaam is ook van belang.

2.3.3.1 Concept: Inhabited Space

Het lichaam is het centrale referentiepunt van de menselijk perceptie, en beweging en gewaarwording staan dan ook sterk in verband met elkaar. Ruimtelijke eigenschappen van objecten zoals de posities worden geïnterpreteerd met betrekking tot ons lichaam. Men spreekt van een Inhabited Space als de gebruikers in contact komen met de objecten in een betekenisvolle omgeving.

2.3.3.2 Concept: Configurable Materials

Er kan worden toegestaan dat de gebruiker de objecten in de wereld mag herordenen om bijvoorbeeld de omgeving aan te passen of te verkennen. Niet al deze aanpassingen moeten worden opgevolgd door acties van het systeem en sommige moeten niet eens worden getracked.

2.3.3.3 Concept: Non-fragmented Visibility

Dit concept steunt op het feit dat er visuele referenties kunnen worden gemaakt die de andere gebruikers van het systeem kunnen volgen met hun ogen. De hele omgeving is zichtbaar voor alle gebruikers. Bij andere systemen, zoals videotelefonie, kunnen bepaalde referenties niet worden gevolgd, bijvoorbeeld als de correspondent ergens naartoe wijst.

2.3.3.4 Concept: Full-Body Interaction

In de echte ruimte is er de mogelijkheid om het hele lichaam te gebruiken voor interactie met het systeem zodat bepaalde lichaamsuitdrukkingen elk

een specifieke betekenis krijgen.

2.3.3.5 Concept: Performative Action

De manier waarop een actie wordt uitgevoerd, geeft ook aan wat het effect ervan zal zijn op het systeem.

2.3.4 Embodied Facilitation

Embodied Facilitation betreft systemen waar de gebruiker zich beweegt in een ruimte en waar sommige handelingen worden vergemakkelijkt, terwijl andere worden belemmerd.

Doordat de systemen de manier waarop we samenwerken beïnvloeden, blijkt dat sommige vanzelfsprekend lijkende beslissingen in het ontwerp (zoals de grootte van het systeem en het aantal tools en hun locatie) een grote invloed hebben op het groepsgedrag.

2.3.4.1 Concept: Embodied Constraints

Constraints of beperkingen limiteren wat mensen kunnen ondernemen en maken bepaald gedrag dus meer of minder waarschijnlijk dan ander. De vorm en grootte van interactieruimtes kunnen zo bijvoorbeeld worden gezien als embodied constraints, omdat ze de communicatie en collaboratie sterk beïnvloeden.

In de praktijk is gebleken dat constraints die eerst zeer beperkend en negatief voor het gebruik van het systeem lijken soms positieve effecten hebben op de sociale interactie. De grootte van een systeem kan bijvoorbeeld het doorgeven van de tangible objecten van de ene persoon naar de andere stimuleren. Op die manier werkt deze constraint in op de samenwerking tussen de mensen, en het garandeert bovendien dat een enkele persoon niet de volledige controle over de interactieruimte kan krijgen. Het vergemakkelijken van de te voltooien taak is dus niet in alle situaties het belangrijkste doel, want soms zullen de sociale en cognitieve effecten veel belangrijker zijn.

Het is wel belangrijk dat de constraints de gebruikers nooit storen of op de zenuwen werken.

Een transactieruimte werd in [13] geïntroduceerd als: "de ruimte gevormd door de halve cirkel voor het bovenlichaam, waarin de persoon kan zien en interageren.". Als mensen dus rond een tafel staan, zullen hun transactieruimtes elkaar overlappen, en wordt er een gedeelde ruimte gevormd. Een shared transaction space staat toe dat meerdere deelnemers zich samen focussen op een bepaald object dat aandacht nodig heeft, maar ook de rest van de interactieruimte blijft zichtbaar.

2.3.4.2 Concept: Multiple Access Points

De term Access Point slaat op de mogelijkheid om toegang te krijgen en actief objecten te kunnen manipuleren. Bij beperkte attributen kunnen er conflicten optreden onder verschillende mensen die de macht over de applicatie willen krijgen. Om de balans in stand te houden en om controle-overnames door kleine groepen of individuen tegen te gaan, wordt er best geopteerd voor voldoende attributen en toegang zonder privileges.

Meerdere invoerapparaten laten bovendien simultane acties toe, die actieve medewerking vergemakkelijken (een verlegen persoon is anders verplicht een tijd te wachten eer een opdringeriger individu hem de kans laat). De parallelle interactie versnelt ook het werk dat gelijktijdig kan uitgevoerd worden.

2.3.4.3 Concept: Tailored Representation

Bij tangible interfaces wordt vaak over de intuïtiviteit van de interactie gesproken, maar zo worden de voorkennis en vaardigheden van de gebruikers genegeerd. Een intuïtieve aanpak is zeker van belang bij beginnende gebruikers, maar bij gevorderde personen zijn andere representaties nodig, die meer aansluiten met de expertise van die mensen. Het is belangrijk te beseffen dat representaties geschikt moeten zijn voor zowel de taak, het vakdomein als de gebruikersgroep. Goede representaties bieden dus verschillende lagen

van abstractie en zijn toegankelijk voor mensen met verschillende voorkeuren. Beginnende gebruikers kunnen van start gaan met basisinteracties, en geleidelijk meer complexe acties uitvoeren.

2.3.5 Expressive Representation

Tangible Interfaces maken gebruik van fysieke representaties van digitale functies en data (en soms ook van andere fysieke objecten, voor controle op afstand). Hybride voorstellingen die materiële en digitale elementen combineren, worden geïnterpreteerd, gebruikt, aangepast en aangemaakt.

2.3.5.1 Concept: Representational Significance

Fysieke objecten stellen bepaalde aspecten van het systeem voor op een manier die leesbaar is voor de gebruiker. Deze representaties moeten betekenisvol zijn, en langdurig van belang. Objecten die slechts beperkte tijd van belang zijn of een onduidelijke functie hebben, worden door gebruikers als onbelangrijk aanzien.

2.3.5.2 Concept: Externalization

Deze term staat voor het vinden van een belichaming voor onze denkpatronen, om zo redeneringen te steunen, een uitleg te verduidelijken, ons te helpen herinneren, ... Het concept komt neer op de mogelijkheid van gebruikers om te denken en te communiceren door objecten als hulpmiddel te gebruiken.

2.3.5.3 Concept: Perceived Coupling

De omgang met het systeem wordt positief beïnvloed door de 'Perceived Coupling', wat inhoudt dat er een natuurlijke koppeling wordt gemaakt tussen de acties van de gebruiker (via de fysieke objecten) en de reacties van het systeem (via de digitale representaties).

2.4 Bestaande projecten

2.4.1 URP: URban Planning

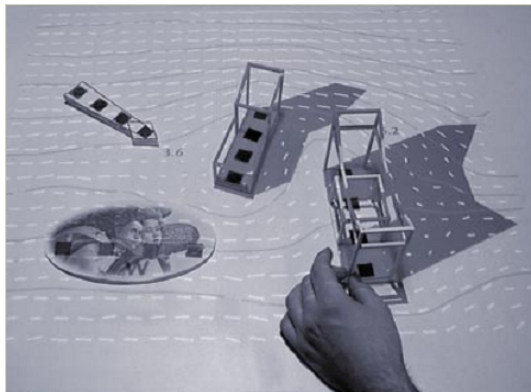
URP is een Tangible User Interface voor ruimtelijke ordening die directe manipulatie toelaat van enkele fysieke bouwmodellen (zie figuur 2.6) door middel van de "I/O Bulb", een geïntegreerde projector/camera/computer. Deze I/O Bulb bepaalt de locaties van de individuele modellen, waarop URP de schaduwen grafisch zal weergeven op de tafel, afhankelijk van de positie van de zon op dat moment van de dag. Die schaduwpositie kan worden aangepast door middel van de wijzers van een fysieke klok aan te passen. De bouwmodellen kunnen dynamisch worden verschoven en geroteerd, waarna de schaduwen zich mee aanpassen. Er kan zo worden geverifieerd of er geen schaduw wordt geworpen op een nabijgelegen gebouw.

URP biedt bovendien de mogelijkheid om windstromen toe te voegen aan de simulatie. De oriëntatie van de stroom wordt bepaald door de richting van een pijlvormig object op de werktafel, dat fysiek moet worden gedraaid. De windstroom wordt vervolgens tussen de gebouwen gesimuleerd volgens deze richting door middel van zichtbare lijnen. Het is bovendien mogelijk om met een 'wind probe' op een zeker punt van de simulatie de kracht van de wind numeriek op te vragen.

2.4.2 MediaBlocks

Het MediaBlocks-systeem (zie figuur 2.7) biedt een relationele interface om logisch digitale informatie te manipuleren. De MediaBlocks zijn kleine blokken met digitale tags die dynamisch worden gebonden aan online media. Het systeem is een Tangible Interface om met verzamelingen van fysiek voorgestelde videofragmenten, fotomateriaal en andere media-elementen om te gaan.

Een MediaBlock kan ook worden gebruikt om mediafragmenten vast te leggen via apparaten die op het systeem zijn aangesloten. De vastgelegde media worden bewaard op een netwerkcomputer en er wordt een dynamische



Figuur 2.6: URP (bron: [3])

koppeling gemaakt tussen het fysieke blok en de digitale informatie op die computer. Het blok zelf bevat niets meer dan zijn eigen digitale ID.

Een dergelijk gebonden blok kan in de slot van een afspeelapparaat worden gelegd, waardoor de media zullen worden verwerkt door het geselecteerde apparaat. Als een computer als uitvoerapparaat wordt gekozen, is het mogelijk om de inhoud van het blok uit te wisselen met die computer.

Verder is het mogelijk om door middel van een 'sequence rack' blokken in een bepaalde volgorde te positioneren, waarop de interne media in die volgorde in een lijst zullen worden aaneengeschakeld in een nieuw blok. Het is vervolgens mogelijk om door deze medialijst te bewegen door de 'position rack' te gebruiken. De meest linkse positie van deze rack resulteert in het selecteren van het eerste element van de lijst, terwijl de meest rechte positie het laatste media-element selecteert. Tussenliggende posities in de rack geven toegang tot de tussenliggende elementen in de lijst.

2.4.3 MouseHaus Table

De MouseHaus Table is een omgeving waarin interactief kan worden gediscussieerd over het onderwerp van ruimtelijke ordening (of urban planning). Het systeem is voorzien van een simulator voor bewegingen van een aantal

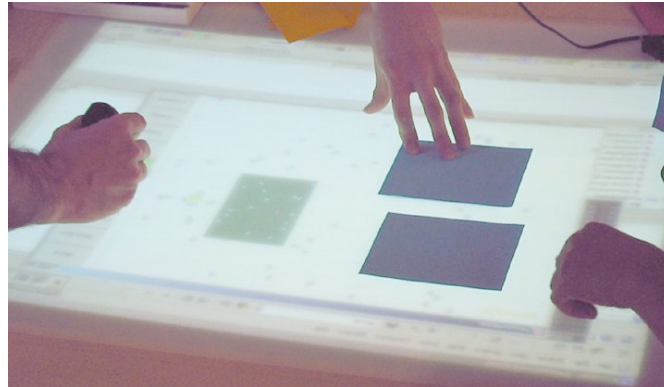


Figuur 2.7: MediaBlocks (bron: [3])

voetgangers in een omgeving. De voetgangers worden beïnvloed door de structuur van de omgeving waarin ze zich bevinden.

De omgeving in de simulator wordt gedefinieerd door rechthoeken die op een kaart worden geplaatst. De vorm en bijvoorbeeld de kleur van de vierkanten worden geïnterpreteerd door het systeem en zullen een invloed uitoefenen op de omgeving. Zo kan een groene omgeving een park voorstellen en meer voetgangers aantrekken. Deze blijven er soms even rusten, wat vervolgens ook zal blijken in de simulator (zie figuur 2.9).

In [4] wordt een gebruikerstest uitgevoerd van twee mogelijke implementaties van dit systeem. De eerste methode was de klassieke aanpak, namelijk met de muis de gebruiker in staat stellen bepaalde regionen op de kaart met rechthoeken in een bepaalde kleur te bedekken. De andere methode was dan het gebruiken van de MouseHaus Table, waar werd gewerkt met alledaagse fysieke voorwerpen (zie figuur 2.8). Als invoerapparaat werd namelijk papier en schaar gebruikt. De gebruikers knippen met de schaar rechthoeken uit het gekleurd papier, die dan gebouwen of parken zullen voorstellen. Het plaatsen van deze stukken papier op de tafel wordt meteen geïnterpreteerd door de onderliggende simulator en de acties van de voetgangers passen



Figuur 2.8: MouseHaus Table (bron: [14])

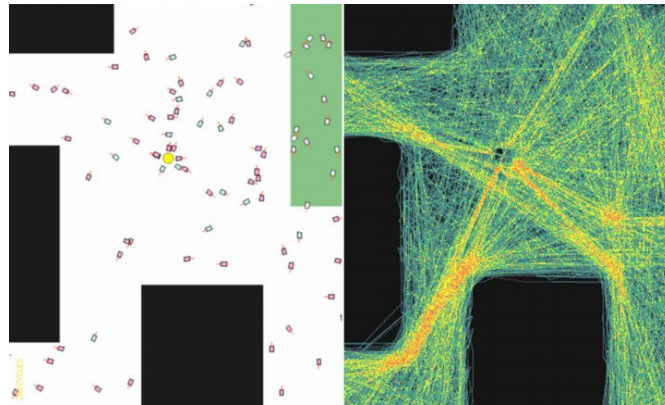
zich aan aan hun nieuwe omgeving. Op deze manier kunnen de gebruikers van het systeem het ontwerp blijven aanpassen totdat het patroon van de voetgangersstromen aan bepaalde voorwaarden voldoet.

In deze vergelijkende test werd duidelijk dat de tangible methode van papier en schaar voor meer participatie zorgde in de groep.

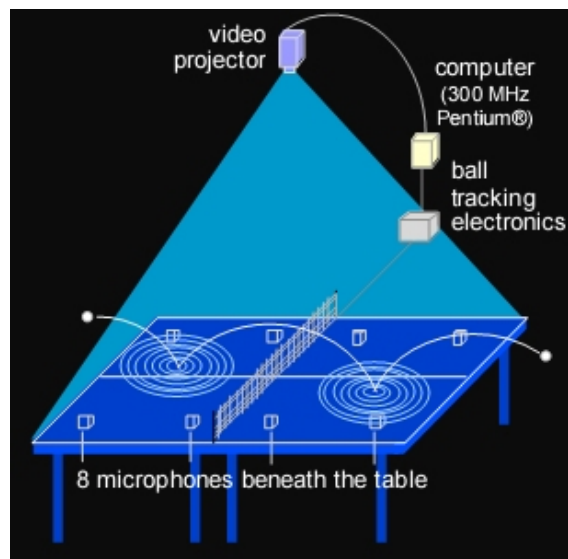
2.4.4 PingPongPlus

PingPongPlus is een voorbeeld van een nieuw type TUI, namelijk een athletic-tangible interface, wat in feite steunt op de combinatie van tangible objecten en bewegingen van het hele lichaam, in fysieke systemen met digitale augmentatie. Dit spel is een reactieve ping-pong tafel die gebruik maakt van een geluidsgebaseerde bal-tracking methode, zoals voorgesteld in figuur 2.10.

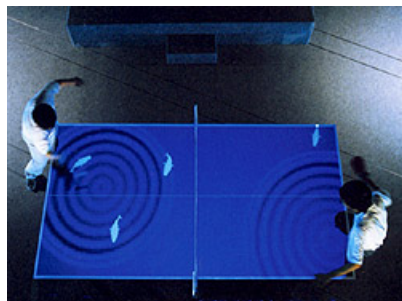
De tafel geeft grafische patronen weer tijdens het spelen terwijl het ritme en de stijl van het spel het geluid bepaalt dat wordt afgespeeld. In het kader van [5] werden een heel aantal verschillende applicatiemodes ontwikkeld voor dit systeem, waaronder 'Water Ripples', 'Thunderstorm' en 'Pac-Man ®'. Elk van deze technieken voegt iets uniek toe aan de spelervaring.



Figuur 2.9: Links: MouseHaus voetganger-simulator; Rechts: Patroon van voetganger-verplaatsingen. (bron: [14])



Figuur 2.10: PingPongPlus (bron: [5])



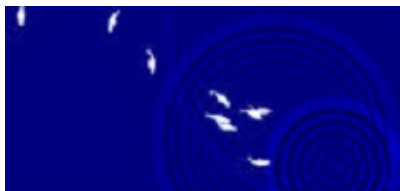
Figuur 2.11: PingPongPlus: Water Ripple mode (bron: [5])

2.4.4.1 Water Ripples

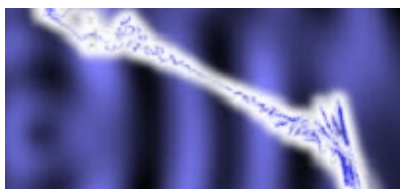
Deze mode is een zeer simpele visualisatie die steunt op het concept 'actie-reactie'. Wanneer de bal het tafelloppervlak raakt, zal het systeem namelijk reageren alsof een wateroppervlak wordt geraakt en er een rimpeling ontstaat. Deze rimpeling zal dan uitdijen en vervagen. Het is bovendien mogelijk om de golven te doen interageren, als de bal twee keer in dezelfde omgeving heeft gebotst. Deze manier van augmentatie werd door de testgebruikers niet als storend ervaren, maar als een fijne afleiding wanneer de bal in het net belandt (door het patroon dat dan wordt gemaakt door de snel opeenvolgende rimpels). Figuur 2.11 toont een bovenaanzicht van een spel in deze modus. Een uitbreiding op dit systeem is het toevoegen van een school vissen die zich willekeurig voortbewegen over de tafel. Bij een botsing wordt een rimpeling veroorzaakt en worden bovendien de vissen weggejaagd. Na verloop van tijd zullen de vissen weer zoals vroeger in groep beginnen te zwemmen (Zie figuur 2.12).

2.4.4.2 Thunderstorm

De 'Thunderstorm'-mode werd ontwikkeld om de samenwerking tussen de spelers te stimuleren. Als de spelers lang genoeg de bal heen en weer spelen zonder ondertussen de rally te verbreken door bijvoorbeeld een punt te scoren, zal de 'Thunderstorm' stilaan opladen. In het begin van de rally



Figuur 2.12: PingPongPlus: Water Ripple mode uitgebreid met 'school of fish' (bron: [5])



Figuur 2.13: PingPongPlus: Thunderstorm mode (bron: [5])

komen er kalme golven tevoorschijn op de tafel. In verdere stadia zullen de deelnemers de wind krachtiger horen worden en de golven zien verhevigen. Als de rally lang genoeg wordt volgehouden, zullen er bliksemschichten van de ene kant van de tafel naar de andere schieten, zodat de laatste twee botsingslocaties erdoor verbonden worden. Deze mode veroorzaakt een verandering in het doel van de spelers, wat normaal simpelweg punten scoren is. Door coöperatief in plaats van competitief te werk te gaan kan het nieuwe doel van het spel worden bereikt.

2.4.4.3 Pac-Man ®

Deze methode werd ontworpen om de mogelijkheid te onderzoeken om het ping-pong spel te transformeren in een totaal ander spel. In dit nieuwe spel was het dan de bedoeling om met de bal punten te scoren door te botsen op het fruit en proberen de spoken (en eraan gekoppelde schadepunten) te ontwijken. Hoewel de transformatie naar het nieuwe spel goed gelukt is,



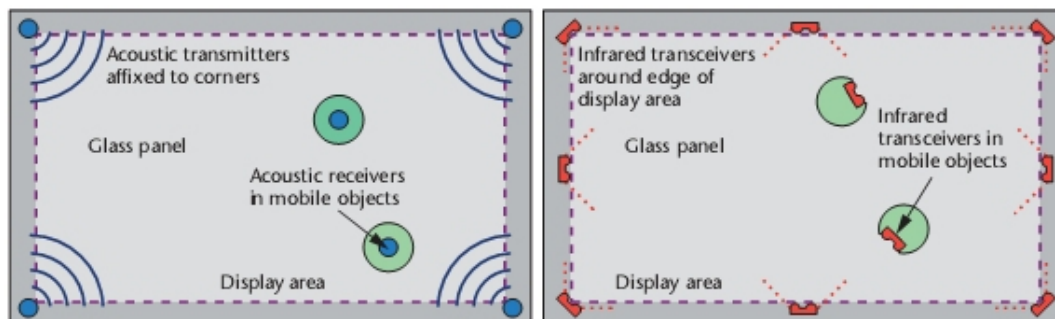
Figuur 2.14: PingPongPlus: Pac-Man ®mode (bron: [5])

bleek het te moeilijk voor de spelers om tegelijk aandacht te schenken aan de bewegingen van de bal en aan het Pac-Man scherm op de tafel.

2.4.5 TViews

TViews [6] is een zeer recent onderzoeksproject dat een groot aantal objecten tegelijk kan tracken, evenals de rotaties ervan. Een vereiste van het project was het ondersteunen van verschillende applicaties die gelijktijdig worden uitgevoerd, waarbij bepaalde objecten gekoppeld worden aan zekere applicaties. TViews gebruikt als detectiemethode een hybride van acoustische detectie en infrarode (IR) communicatie (zie sectie 2.5.1), waarvan figuur 2.15 een overzicht biedt. De acoustische detectie bepaalt de locatie van de pucks, terwijl de IR communicatie onder andere het object identificeert en de oriëntatie registreert. Om het probleem van occlusie door handen of andere objecten te minimaliseren, werd er een overmaat aan IR transceivers geplaatst aan de rand van de tafel. Een systeem dat radio-frequentie-communicatie gebruikt in plaats van de IR communicatie heeft geen last meer van dat probleem.

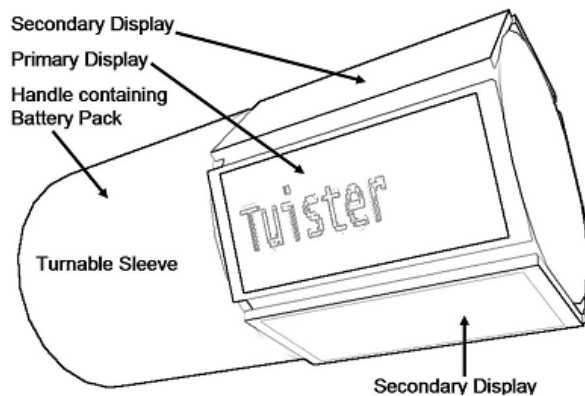
In het kader van dit onderzoek werd een foto-applicatie ontworpen, waarmee een verzameling foto's als een stapel wordt voorgesteld in het midden van het scherm. Met de pucks kan de gebruiker dan foto's onderverdelen in kleinere groepen. In tegenstelling tot de echte wereld, kunnen foto's in meerdere groepen worden geplaatst.



Figuur 2.15: TVViews sensor layout (bron: [6])

Een andere modus is de TVViews Map Browser, waar door GPS-informatie in de metadata van de foto's de fotografeerlocaties op een kaart kunnen worden getoond, samen met een tijdslijn. Door met een puck een dag uit deze tijdslijn te selecteren, kunnen alle foto's die dan getrokken werden tevoorschijn komen als de puck over de kaart beweegt. Als er op een locatie een aantal foto's getrokken werden, zullen deze rond de puck worden getoond. Er kan vervolgens op een specifieke foto worden ingezoomd, door op de knop op de puck te klikken. Eens ingezoomd, kan een andere puck de foto elders naartoe slepen om het apart te bekijken.

Conceptueel wordt in de paper de mogelijkheid besproken om een drager van digitale informatie, zoals een digitale camera, in het systeem te betrekken en zo bijvoorbeeld foto's rechtstreeks van de camera te bekijken. Op die manier moet er geen download meer gebeuren naar een computer vooraleer het systeem met de data kan interageren. Ook het overzetten van informatie van het ene object naar het andere kan op deze manier intuïtief gebeuren. De dragers kunnen dan zelf dienen als de fysieke representatie van de informatie die het bevat.

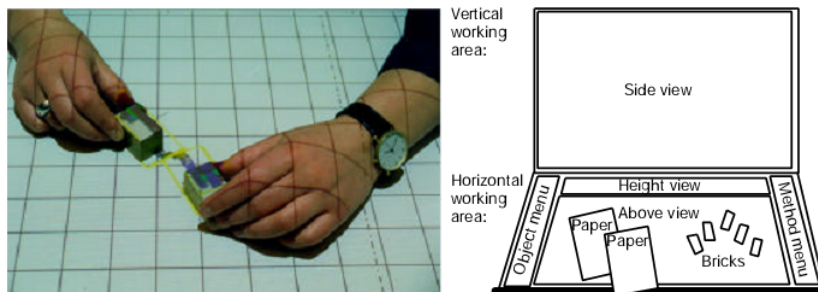


Figuur 2.16: TUISTER: Schematisch overzicht van de constructie (bron: [15])

2.4.6 TUISTER

Hoewel het gebruik van tangible user interfaces de mogelijkheid biedt om virtuele informatie op te vragen door intuïtieve fysieke manipulatie, is de feedback meestal beperkt tot weergave op een scherm in de omgeving, in plaats van op de objecten zelf. In [15] wordt een TUI met de naam TU-ISTER voorgesteld. TUISTER bevat meerdere ingebouwde schermen en sensoren en is vooral bedoeld ter navigatie door hiërarchische structuren. Het ontwerp maakt gebruik van rotaties rond één bepaalde as, en biedt dus slechts één vrijheidsgraad. De TUISTER is een cilindervormig apparaat dat bestaat uit twee delen, het 'display part' en de 'handle'. Het display part heeft sensoren die de absolute oriëntatie in de ruimte bepalen, evenals de relatieve rotatie ten opzichte van de handle. Zo is het afleidbaar welk deel werd gedraaid, en welk deel stabiel bleef. Het display part bevat een aantal verschillende schermen waarvan er steeds één het primaire scherm is. De schermen boven en onder het primaire scherm dienen als visuele context. Het concept is te zien op figuur 2.16.

Deze hardware werd ontwikkeld met in het achterhoofd de bedoeling om



Figuur 2.17: BUILD-IT: Links: Werken met de bricks; Rechts: Schematisch overzicht van de opstelling (bron: [1])

door hiërarchische structuren te navigeren. Een alledaags voorbeeld van een dergelijke structuur is een geneste menu. Bij dit voorbeeld moet de gebruiker de TUISTER in beide handen vasthouden, met de handle in de linkerhand en het display part in de rechterhand. Door met de displays te roteren wordt er doorheen de verschillende menu-elementen op het eerste niveau gelopen. Wanneer het gewenste element op het primaire scherm staat, moet het rechterdeel van de TUISTER stabiel gehouden worden, terwijl met het linkerdeel in wijzerzin wordt gedraaid. Deze draaiing selecteert het element en er wordt naar het juiste submenu overgegaan. Wanneer de gebruiker een niveau hoger wil gaan in de hiërarchie, volstaat het om de handle in tegenwijzerzin te bewegen.

2.4.7 BUILD-IT

BUILD-IT[16] is een planning tool die steunt op het gebruik van computervisie, en die kan importeren en exporteren van bestaande CAD-systemen. Een aantal gebruikers die zich rond een tafel bevinden kunnen interageren met objecten in een virtuele scene door middel van echte blokken, genaamd bricks. Een schematisch overzicht van de opstelling en een voorbeeld van het gebruik van de bricks in een 'floor planning'-programma, is te vinden op figuur 2.17.

Het selecteren van een object wordt gedaan door een brick op de positie van het object te plaatsen. Eens geselecteerd kunnen de objecten worden verplaatst en gedraaid door simpelweg dezelfde acties toe te passen op de brick. Het deselecteren van een object gebeurt door het gekoppelde blokje van de tafel te lichten, of het te bedekken (zodat de camera het object niet meer kan vinden). In [17] werd aangetoond dat een interface met blokken veel makkelijker te gebruiken valt en meer intuïtief is dan een opstelling die gebruik maakt van muis, toetsenbord en scherm.

2.4.8 Sensetable

Het Sensetable project [18] is een systeem dat op elektromagnetische wijze de posities en oriëntaties van meerdere draadloze objecten kan tracken op een tafelloppervlak. Elk object kan ook worden aangepast door er een fysiek onderdeel in te pluggen, zoals een wijzerplaat of een andere modifier (zie figuur 2.19). De fysieke aanpassingen, toegepast op deze onderdelen, worden doorgevoerd naar de actieve applicatie. De tafel is opgebouwd uit 2 tabletten die samen maximum twee objecten tegelijk kunnen tracken. Om dit probleem op te lossen, werden de pucks uitgebreid met elektronica die de mogelijkheid om gedetecteerd te worden door de tafel willekeurig aan- of uitzet. Een dergelijke werkwijze noemt men een 'duty cycling' aanpak. Op deze manier loopt de detectie van de pucks wel een vertraging op, vermits bij de aanpassing van een object het nog even uitgeschakeld kan zijn. Om hier enigszins aan tegemoet te komen, wordt bij het uitschakelen van een puck ook rekening gehouden met het feit of de puck wordt vastgehouden op dat moment. Als er op een moment meer dan twee pucks tegelijk worden vastgenomen, zal er weer iets meer vertraging optreden.

Op dit platform worden zoals in vele andere projecten grafische representaties van de digitale informatie geprojecteerd op de tafel (zie figuur 2.18). Wanneer de gebruiker een puck in de nabijheid van een digitaal object brengt, zal dat object aan die puck worden gebonden. Vanaf dan zullen de aanpassingen aan de puck worden gemapt op de digitale informatie.

Het is natuurlijk mogelijk dat er zoveel informatie op het scherm getoond wordt, dat het zeer moeilijk wordt om een bepaald data-object te selecteren en niet dat wat er net langs ligt. Als oplossing voor deze problematiek werd een aanpak gekozen voor het makkelijk koppelen en ontkoppelen van de objecten. Zoals eerder gezegd, als er weinig data-objecten aanwezig zijn, kan het koppelen gewoon gebeuren tussen de puck en de data waar het zich boven bevindt.

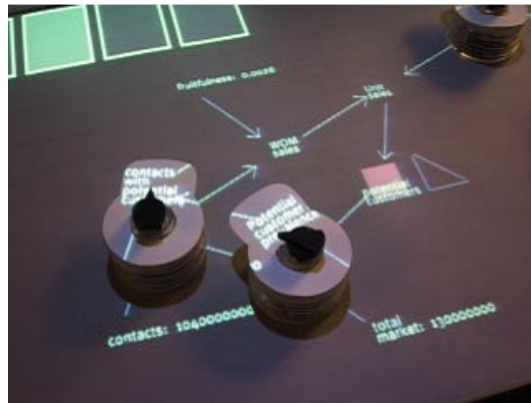
Bij een grotere data-set werkt deze aanpak merkkelijk moeilijker. Dat vereist een aanpassing van de methode. Een eerste aanpak is bijvoorbeeld om de objecten die zich in de buurt van een puck bevinden zich te laten verspreiden zodat de gebruiker makkelijk een bepaald object kan selecteren. De tweede aanpassing is het koppelen langer te laten duren. Als de gebruiker met de puck boven een object hangt, zal hij de melding krijgen dat als hij de puck niet beweegt, de puck aan dat object zal gekoppeld worden. Door de puck te bewegen maakt de gebruiker dan duidelijk dat hij het object niet wil selecteren.

Verder is het op de Sensetable ook mogelijk om objecten te ontkoppelen door met de puck een schudbeweging uit te voeren.

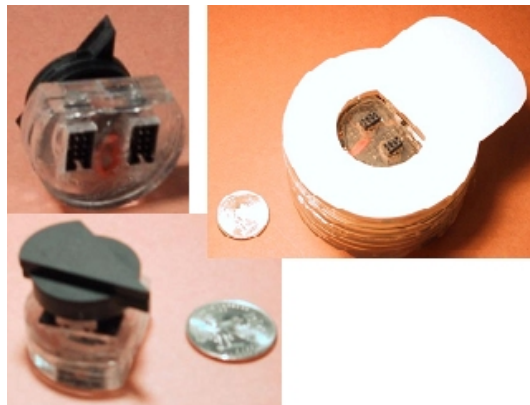
Een bijkomend gevolg van vele data-objecten is dat er misschien niet genoeg ruimte op de tafel is om alle objecten duidelijk te visualiseren. Een mogelijke oplossing is elk object een waarde te geven, afhankelijk van de belangrijkheid ervan. De minder belangrijke elementen worden minder zichtbaar en vervagen naar de achtergrond terwijl de belangrijkere goed leesbaar blijven. In de buurt van de puck worden alle elementen naar de voorgrond gehaald, zodat er in feite een soort van Fisheye wordt toegepast.

2.4.9 Cubes

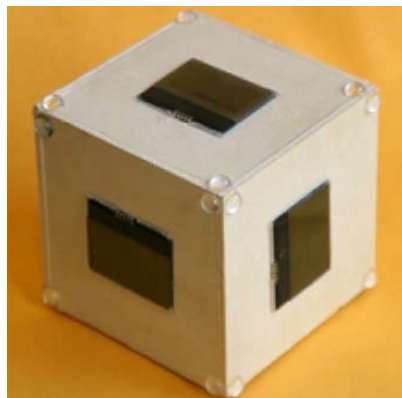
In [19] wordt een TUI voorgesteld in de vorm van een kubus. Deze kubus ondersteunt testgebaseerde quizen, en kan daardoor gebruikt worden als een leerplatform, terwijl het allerminst lijkt op een klassieke computer. In de paper wordt de Cube op zichzelf gebruikt, als standalone apparaat, en kan



Figuur 2.18: Sensetable (bron: [18])



Figuur 2.19: Sensetable: links: Voorbeeld van een modifier; rechts: puck met de socket voor modifiers zichtbaar (bron: [18])



Figuur 2.20: Cube (bron: [19])

worden opgepakt, gedraaid, gegooid, geschud en terug worden neergelegd. Elk van de zes zijden van de Cube bevat een scherm, waarop tekstuele of grafische informatie kan worden getoond (zie figuur 2.20). De quiz-applicatie in de paper toont op het bovenste scherm de vraag, en op de andere schermen vijf mogelijk antwoorden. De speler moet dan de Cube zo draaien dat het juiste antwoord naar boven gekeerd ligt, en er vervolgens mee schudden. Er wordt dan getest of het antwoord klopt, waarop naar de volgende vraag kan worden doorgedaan, of de gebruiker een ander antwoord kan kiezen. Het testen gebeurt aan de hand van verscheidene versnellingssensoren.

Een tangible object uitrusten met deze mogelijkheden kan voor sommige applicaties een grote uitbreiding betekenen. Een voorbeeld is het gebruiken van een dergelijke Cube (in een iets kleinere versie) als dobbelsteen die via draadloze communicatie met de tafel communiceert.

Het is ook mogelijk om zo een object te tracken op de tafel, en afhankelijk van de oriëntatie ervan andere acties te veroorzaken in het digitale systeem. Het bovenste scherm kan deze functionaliteit eventueel aangeven, om de gebruiker constant informatie te geven. In het Sensetable project (zie sectie 2.4.8) werd er informatie over de objecten geprojecteerd op de puck, met

mogelijke problemen van occlusie.

2.4.10 Haptic Chameleon

De voorwerpen die onder de noemer 'Haptic Chameleon' [20] vallen, zijn tastbare objecten die van vorm kunnen veranderd worden. Het veranderde object is dan in staat tot andere dingen, die aan de gebruiker duidelijk gemaakt worden door het uitzicht van het object en hoe het aanvoelt.

De fysieke objecten zijn over het algemeen statisch, tenzij er een kracht-terugkoppelingsapparaat als de Phantom device gebruikt wordt. Dit laatste apparaat heeft als nadeel dat de gebruiker beperkt is tot een beperkte omgeving rond het apparaat, en bovendien is een dergelijke oplossing vaak te duur om te commercialiseren (buiten de laboratoria). Het voordeel aan deze terugkoppelende apparaten is dat ze informatie kunnen overbrengen wanneer de gebruiker moeilijk kan zien of horen in een bepaalde situatie. Het kan ook gewoon comfortabeler werken zijn, als er niet steeds naar het scherm moet worden gekeken.

De Haptic Chameleon wil de voordelen van een terugkoppeling combineren met een object dat van vorm kan veranderen. Conceptueel wordt een Haptic Chameleon voorgesteld als een massa klei, waarvan de vorm makkelijk kan worden aangepast, en waar de kracht en locatie van het knijpen kan veranderen.

Zoals reeds behandeld in sectie 2.2, wordt in het 'Tangible Bits' model van Ishii en Ullmer [9] mogelijk geïnterageerd met een groot aantal objecten in de omgeving. De Haptic Chameleon kan worden gebruikt om een heel aantal van deze objecten voor te stellen.

Een conceptueel voorbeeld van een Haptic Chameleon is getoond in figuur 2.21, waar de autobestuurder de eigenschappen van zijn stoel kan aanpassen aan de hand van een klein model binnen handbereik van de persoon. De chauffeur voelt met zijn vingers wat hij met het model kan doen, en merkt meteen de verschillen die worden veroorzaakt door zijn acties, zonder zijn ogen van de weg te halen.



Figuur 2.21: Haptic Chameleon: Toepassing in de auto (bron: [20])

Als prototype werd gekozen om een draaiknop te ontwikkelen waarmee men kan navigeren doorheen video-informatie. Afhankelijk van de vorm van de knop, bevindt het systeem zich in een andere mode, en zal een draaibeweging andere acties veroorzaken.

Er zijn drie modes mogelijk:

- Continu: wordt aangegeven door een cirkelvormige dial, en veroorzaakt een geleidelijke overgang van het beeld.
- Discreet: wordt gekoppeld aan de staafvormige dial, en doet de video een vaste tijdsperiode verder- of terugspoelen. Er is bovendien een lichte klik voelbaar per aanpassing.
- Semantisch: Door een van de twee halve cirkels in te drukken, wordt er in deze mode een lachend of verdrietig gezicht gevormd, afhankelijk van de scene.

De verschillende mogelijkheden worden getoond in figuur 2.22.

2.5 Technische mogelijkheden

Het werken met tangible user interfaces op een interactieve tafel blijft op technisch vlak nog steeds een uitdaging op verschillende vlakken. Ali Mazalek [21] en Brygg Ullmer [1] onderzochten in hun PhD thesissen de verschillende vereisten, met hun voor- en nadelen.



Figuur 2.22: Haptic Chameleon: Toepassing voor video-navigatie (bron: [20])

2.5.1 Objecten detecteren

Bij het detecteren van objecten bij TUIs, zijn vaak meerdere aspecten van het te detecteren voorwerp van belang:

- **Aanwezigheid** : Het object bevindt zich binnen de meetafstand van de werkruimte van de TUI.
- **Identiteit** : Meestal houdt dit in dat er aan elk object een uniek identificatienummer zal worden toegewezen, waarbij elk nummer staat voor een andere klasse digitale informatie of functionaliteit.
- **Positie / configuratie** : De positie en de configuratie van de objecten in een TUI moeten regelmatig worden vastgesteld.

Bij het detecteren wordt er ook een onderscheid gemaakt tussen continue en discrete sensing-aanpakken. De continue variant zal positionele informatie leveren over een of meer objecten over een ruimtelijk continu detectieveld, terwijl de discrete variant slechts de detectie van de aanwezigheid en identiteit van objecten in een zekere cel ondersteunt.

2.5.1.1 Continue detectie

Tangible interfaces die gebruik maken van dit soort van detectie, zijn vaak geïnteresseerd in drie vrijheidsgraden (3 degrees of freedom, of 3DOF), namelijk twee translationele en een rotationele.

Computervisie

Computervisie is een van de oudste en meest populaire aanpakken voor continue detectie, vanwege de mogelijkheid om positie en oriëntatie van meerdere fysieke objecten te kunnen bepalen, door middel van een enkele goedkope camera. Deze methode van detecteren, kan zowel met zichtbaar licht gebeuren als met infrarood, en in sommige gevallen zijn de objecten voorzien van een tag, zoals bijvoorbeeld LEDs in bepaalde formaties.

Deze techniek heeft spijtig genoeg te kampen met een aantal problemen:

- Veranderingen in belichting, bijvoorbeeld veroorzaakt door de beweging van de gebruikers in de buurt van het opnamegebied, maken het de computervisie-algoritmes vaak moeilijk.
- Obstructies gevormd door de interacties van de gebruiker of door andere objecten, veroorzaken een storing voor de detectie van onderliggende voorwerpen.
- Het systeem kan moeilijk onderscheid maken tussen objecten die deel uitmaken van het systeem en andere zaken zoals handen die moeten worden genegeerd.

Sommige van deze problemen kunnen deeltijks worden verholpen door allerlei technieken, zoals de camera op een strategisch betere plaats te bevestigen.

Elektromagnetische tracking in de vrije ruimte

Deze elektromagnetische trackers bieden een positiebepaling voor objecten in 6 vrijheidsgraden. Dit type systeem is echter niet zo populair wegens enkele belangrijke nadelen. Zo zijn dergelijke systemen voor interactief gebruik slechts beschikbaar in beperkte vorm, waar allerlei praktische constraints zoals kabels de vrije beweging toch nog beperken. Het probleem van de kabels kan zich bovendien nog uitbreiden wanneer er meerdere objecten gebruikt moeten worden, wat dus ook praktisch een zeer moeilijke bezigheid is. Bovendien behoort dit type technologie nog steeds tot de duurdere.

Ondertussen zijn er ook nog alternatieve systemen die 6DOF aankunnen, gebaseerd op ultrasonisch geluid of infrarood. Deze systemen zijn goedkoper, maar zijn wel gevoelig voor obstructies van het signaal.

Elektromagnetische tracking op een oppervlak

Deze technologie wordt vooral overgenomen van de tablet computers. Een beperking van deze tablet-technologie is dat het slechts toelaat een beperkt aantal objecten te detecteren, omdat taken met een stylus meestal niet meer dan een of twee simultane objectdetecties vereisen. Om deze beperking op te lossen worden verschillende aanpakken gebruikt. Zo kan er een werkruimte worden opgebouwd door meerdere aparte tabletten aan elkaar te schakelen. De objecten die moeten worden gedetecteerd worden voorzien van een element met een unieke digitale ID. Deze elementen worden cyclisch aan- en uitgezet, zodat de verschillende objecten beurt om beurt worden gedetecteerd, wel met een verlies van performantie per object, omdat het een deel van de tijd niet getracked wordt.

2.5.1.2 Discrete detectie

Deze klasse van detectie geeft informatie over de aanwezigheid van een of meerdere objecten die zich in de omgeving bevinden van of in contact staan met een discrete detectiecel. De identiteit van de verschillende objecten behoort vaak tot de informatie die een discrete cel aan het systeem levert. De cellen kunnen individueel gebruikt worden, maar het is bovendien mogelijk om verschillende cellen in een grotere structuur te steken, en om op die manier een groot aaneengeschakeld geheel te krijgen.

Contact-gebaseerde detectie

Bij technieken die steunen op contact-gebaseerde discrete detectie worden de objecten gedetecteerd door mechanisch en elektrisch contact met het object. Deze objecten kunnen al dan niet voorzien zijn van een tag, of elektronische instrumenten bevatten.

- Zonder tag

Een mogelijke implementatie van dit systeem zou bestaan uit een reeks mechanische schakelaars, weggewerkt onder een werkoppervlak. Wanneer een object met genoeg massa op het oppervlak wordt geplaatst, zal de schakelaar ingedrukt worden, en zal het systeem de locatie van het object te weten komen. Het nadeel van dit systeem is dat de identiteit van het object niet kan worden vastgesteld, en het is dus ook niet zeker of de objecten die gedetecteerd worden, behoren tot de te tracken voorwerpen.

Een andere aanpak kan zijn om de objecten te onderscheiden door middel van hun gewicht dat gemeten wordt door een gevoelige elektronische weegschaal. Het nadeel van deze manier van werken is de tijd die het vergt voordat de weegschaal zich stabiliseert, evenals het gebrek aan unieke identiteit van de objecten. Amphibian [22] is een systeem dat gebruik maakt van deze werkmethode, en de onderzoekers prijzen het om de lage kosten en het makkelijke gebruik, wat de verspreiding buiten de onderzoekswereld zou kunnen in de hand werken. Amphibian laat toe aan eender welk fysiek object digitale acties of functies te koppelen, en het is bovendien ook mogelijk om acties te koppelen aan combinaties van objecten die op de weegschaal geplaatst worden. Het gebrek aan unieke identiteit van de objecten wordt in het programma weggewerkt door bij het plaatsen van een object met een zekere massa, meteen de acties uit te voeren die gekoppeld zijn aan dat gewicht. De gebruiker wordt dan meteen gesignaleerd dat er reeds een koppeling bestaat met een object met hetzelfde gewicht, en kan snel een ander object selecteren.

- Voorzien van een tag

Een alternatieve methode bestaat erin om wel een soort tag te hanteren. De simpelste soort tag is een geleidende draad die elektrisch contact maakt wanneer een object op de detectiecel wordt geplaatst. De identiteit van het object kan zo niet worden vastgesteld.

Een andere manier van taggen kan worden bereikt door aan elk object een elektrische weerstand van een bepaalde grootte te koppelen. Afhankelijk van de gevoeligheid van het meetapparaat kan zo informatie over de identiteit verkregen worden.

- Voorzien van elektronische instrumenten

Een derde mogelijkheid van contact-gebaseerde detectie is de tangible objecten voorzien van elektronica en vervolgens de informatie van het object via die instrumenten door te geven. Deze manier van werken is populair bij constructieve tangible objecten (Zie [1]). De moeilijkheid waar deze systemen mee af te handelen krijgen is het opstellen en onderhouden van een betrouwbare elektromechanische verbinding.

Detectie zonder contact

Bij detectie zonder fysiek contact worden de voorwerpen gedetecteerd door middel van optische, elektromagnetische of andere draadloze interacties met het doelobject. Ook hier kan hetzelfde onderscheid gemaakt worden tussen objecten die al dan niet voorzien zijn van een tag, of elektronische instrumenten bevatten.

- Zonder tag

Dergelijke objecten kunnen op verschillende manieren worden gedetecteerd, zoals door optische sensoren die de nabijheid ervan kunnen bepalen. De identiteit bepalen van de voorwerpen is echter weer moeilijker te bereiken. Een handige toepassing van dit type techniek is als supplement op andere technologieën, die bijvoorbeeld pas zullen worden ingeschakeld als het object in de buurt komt.

- Voorzien van een tag

Een reeds veelgebruikte vorm van dergelijke tags is de barcode, waarvan het nadeel is dat de code in zijn geheel in het zicht moet komen van de lezer.

Een veelbelovende technologie is de RFID-tag (RadioFrequency Identification), een kleine draadloze tag dat kan worden geëncodeerd met unieke IDs. Deze tags zijn soms voorzien van een stukje geheugen dat kan worden gevuld door de gebruiker. Het voordeel is dat er geen visueel contact tussen de tag en de lezer moet bestaan. Een mogelijk nadeel is wel dat niet alle voorwerpen probleemloos getagged kunnen worden, zoals bijvoorbeeld een volledig doorzichtig object, zoals een fles.

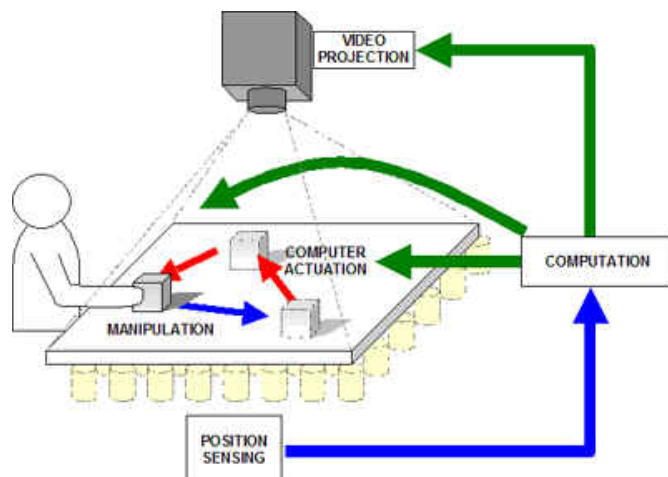
Tagaboo [23] is een van de vele onderzoeksprojecten die deze technologie gebruikt, en de onderzoekers hebben verkozen er een spel voor kinderen mee te ontwikkelen. De kinderen hebben verschillende tags verstopt in hun kleren, en als een kind aan de beurt is, moet hij deze objecten zien te vinden met een handschoen die een RFID-antenne bevat. Afhankelijk van de token, worden er ofwel punten bijgeteld of afgetrokken van het totaal van de spelers.

- Voorzien van elektronische instrumenten

Een laatste mogelijkheid is het gebruiken van elektronica om de aanwezigheid, identiteit en positie van objecten te bepalen. Er wordt dan gebruik gemaakt van draadloze oplossingen, zoals een optische of inductieve communicatie.

2.5.2 Objecten bewegen

Interactieve tafels worden gedefinieerd door hun mogelijkheid om de positie en de beweging van objecten op een plat oppervlak te detecteren, en het systeem gepast te laten reageren via een grafische uitvoer. De mogelijke trackingmethodes werden in de voorgaande sectie besproken (sectie 2.5.1). Een zwakte die de meeste systemen kenmerkt, is de beperking van uitvoermogelijkheden van het systeem tot grafische of auditieve feedback. De gebruiker kan de digitale omgeving aanpassen door middel van manipulaties van het fysieke systeem. Veranderingen in het computermodel kunnen echter niet worden doorgevoerd naar de fysieke objecten, wat voor inconsistenties



Figuur 2.23: Actuated Workbench (bron: [24])

kan leiden.

Bij het onderzoek rond de Actuated Workbench [24] werd gezocht naar mogelijke oplossingen. Een eerste gedachte was het gebruik van gemotoriseerde objecten, die zich op wieltjes konden voortbewegen op het tafelopervlak. Het nadeel is de objecten daardoor relatief groot moesten worden, en ook dat regelmatig de batterijen moesten worden opgeladen.

Een handigere oplossing is echter gebruik maken van passieve voorwerpen, en de objecten bijvoorbeeld uit te rusten met een magneet of een ander ferromagnetisch materiaal. Het systeem dat wordt voorgesteld in de paper gebruikt namelijk magnetische velden om de objecten in twee dimensies op de tafel te bewegen. Door middel van deze technologie kan de interactie tussen mens en computer eindelijk in twee richtingen werken. In figuur 2.23 wordt getoond hoe de gebruiker een actie onderneemt, waarop de reactie van het systeem een aanpassing van de locatie van het object veroorzaakt.

Hoofdstuk 3

Thesis-applicatie: CiTUI

Inhoudsopgave

3.1	Applicatiedoelstelling	42
3.2	Tangible User Interface	42
3.3	Technische realisatie	45
3.3.1	Structuur van de applicatie	47
3.4	Implementatie van de single handed TUI	47
3.4.1	Regio's wijzigen van type	52
3.4.2	Kopiëren, Knippen en Plakken	58
3.4.2.1	High-level	60
3.4.2.2	Low-level	60
3.4.3	Opslaan en Laden	62
3.4.4	Gebruik van layers	64
3.4.5	Continue Informatieweergave	65
3.5	Implementatie van de dual handed TUI	66
3.5.1	Navigatie	69
3.5.2	Zoom	72
3.5.3	Parameters	74
3.5.4	Klemborden	76
3.6	Future work	82

3.1 Applicatiedoelstelling

CiTUI is ontwikkeld als een city-building-simulator en gebaseerd op enkele reeds bestaande applicaties in dit genre. Deze applicatie onderscheidt zich van de anderen door verschillende domeinaspecten (tot op zeker niveau) te combineren. Bovendien is het gebruik van de tangible user interface ook een innovatie ten opzichte van de andere applicaties.

Het basisprincipe van CiTUI is het opbouwen van een stad waar alle elementen zijn voorzien om de bevolking gelukkig te maken. Het programma is gebaseerd op het bekende spelconcept SimCity. De verschillende stadsblokken kunnen worden gedefinieerd als zijnde een residentiële wijk, een winkelstraat, een park, een industriepark, ... Afhankelijk van de onmiddellijke omgeving, zullen bepaalde plaatsen populairder zijn bij de immigrerende mens en zal er een positieve toevloed naar de stad ontstaan. Als er daarentegen te veel zware industrie in de buurt terug te vinden is, zal de vervuiling de meeste mensen afschrikken. Een natuurgebied kan dan mogelijk als buffer spelen, evenals een goede voorziening van winkels en andere faciliteiten in de buurt... Vooraleer er een beslissing wordt genomen over de aantrekkelijkheid van een bepaalde wijk, zal er dus rekening moeten worden gehouden met al de verschillende factoren.

De applicatie stelt de gebruiker in staat de invloed te bekijken van de verschillende factoren op de ingesteldheid van de mensen in de buurt.

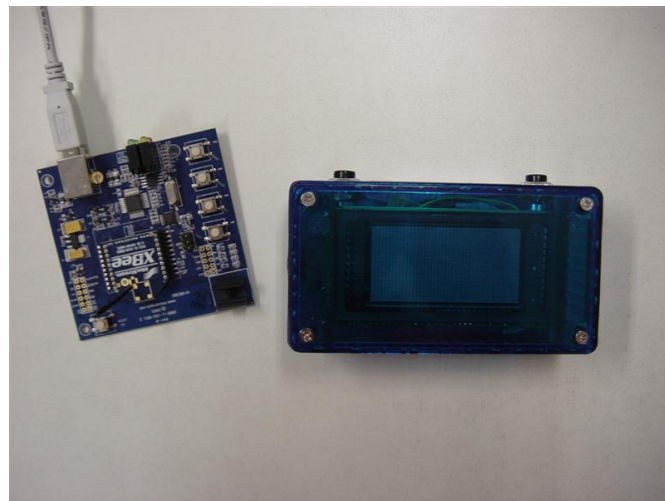
3.2 Tangible User Interface

Als prototype Tangible User Interface werd gebruikt gemaakt van door EDM ontworpen en ontwikkelde apparaten met een monochroom LED-display, elk voorzien van twee drukknoppen. De apparaten zijn zichtbaar op figuur 3.1.

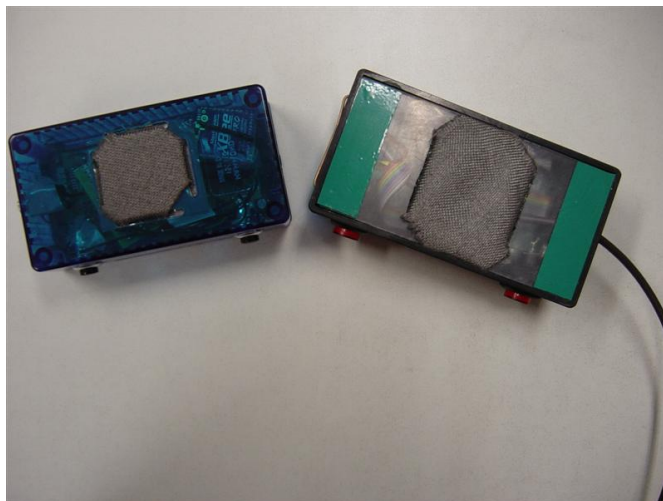
De toestellen zijn zo geconstrueerd dat de tafel de aanwezigheid ervan kan opmerken op het werkoppervlak, door de aanwezigheid van speciale



Figuur 3.1: CiTUI: De twee ontwikkelde tangible objecten



Figuur 3.2: CiTUI: Het wireless apparaat met de zender



Figuur 3.3: CiTUI: De trackingsvlakken bij beide objecten

trackingsvlakken (zichtbaar op figuur 3.3) die de energie van de aanraking van enkele metalen contacten door de gebruiker doorstuurt naar de tafel. De drukknoppen kunnen worden gebruikt om door verschillende menu's te navigeren die op de display worden weergegeven. CiTUI is uiteraard in staat te bepalen welke knop op elk moment is ingedrukt, maar er zal ook anders worden gereageerd als een knop gedurende een bepaalde periode wordt ingehouden. Deze tijdsduur staat standaard ingesteld op 500 milliseconden. De duur kan eventueel worden verhoogd als blijkt dat het programma denkt dat de knop is ingehouden, terwijl er gewoon op geklikt wordt. Anderzijds kan het ook verlaagd worden als de vertraging hinderlijk werkt voor de gebruiker. Bij het inhouden van de knop zal er niet worden gewacht totdat de knop wordt losgelaten, zodat het meteen duidelijk is wanneer de periode verlopen is. Op die manier moet de gebruiker niet inschatten hoe lang de knop reeds werd ingedrukt.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de twee verschillende apparaten van deze thesis, door gebruik te maken van het verschil tussen de

linker- en rechterhand van de mens. Er wordt met andere woorden gesteund op dual handed interactie. Voor de verdere uitleg en in de implementatie, wordt verondersteld dat rechts de dominante hand is van de gebruiker. De functionaliteiten die met het rechtse apparaat kunnen worden uitgevoerd, zijn specifiek voor een enkel stadsblok of een stadsregio. Het linkse apparaat daarentegen is vooral van toepassing op globale aanpassingen, zoals parameters die invloed hebben op het gehele project, of een meerwaarde kunnen betekenen aan de operaties van het rechtse apparaat.

De apparaten zijn relatief generiek ontworpen wat met zich meebrengt dat hun representatie niet meteen duidelijk maakt waarvoor ze dienen. Alleen wanneer de koppeling wordt gemaakt met een stadsblok, is het verschil tussen de voorstelling en het digitale object minder groot. De tangible objecten voldoen dus niet helemaal aan het thema van Expressive Representation (zie sectie 2.3.5). Omwille van het feit dat er met de tangible objecten meer wordt gedaan dan alleen maar het koppelen met een stadsblok, ontstaat er het risico dat ook tegen het concept van Representational Significance (zie sectie 2.3.5.1) wordt gezondigd.

In secties 3.4 en 3.5 worden de verschillende mogelijkheden van de apparaten uitgelegd. In de eerstvolgende sectie wordt eerst nog de technische kant van het project bekeken.

3.3 Technische realisatie

CiTUI werd ontwikkeld in *C#*, met als belangrijkste motivatie dat voorgaand werk [8] met de digitale tafel ook werd uitgevoerd in deze taal.

Tangible apparaten

Het apparaat dat als eerste prototype werd ontworpen (rechts op figuur 3.1) kan aangesloten worden via een COM-poort. Er werd echter gekozen om

door middel van een adapter over te gaan naar een meer algemene USB-aansluiting. Het tweede apparaat werd ontwikkeld met als doelstelling de hinderende kabel van het eerste prototype weg te werken. Hier gebeurt de datacommunicatie dus door middel van een draadloze verbinding, opgezet met behulp van twee XBee™ZigBee OEM RF Modules die opereren op 2.4Ghz. Op figuur 3.2 is het apparaat te zien langs de draadloze zender. De zender wordt ook aangesloten via USB, en is door de computer ook bruikbaar als gewone COM-poort.

Beide apparaten worden aangestuurd door middel van dezelfde driver. Deze driver werd ontwikkeld in unmanaged C++, wat incompatibiliteitsproblemen met C# met zich meebrengt. Om deze reden werd eerst een wrapper-DLL geschreven in managed C++, die dezelfde functionaliteiten aanbiedt als de originele DLL. Door de managed aard van C# was er nu geen probleem meer bij het aanroepen van de nieuwe DLL, en kon er dus met het apparaat gecommuniceerd worden.

De informatie die op het scherm getoond kan worden kan ofwel tekstueel zijn, ofwel een figuur, waar aan elke pixel de status aan of uit wordt aangegeven. Via de DLL kan het programma rechtstreeks de tekst op het scherm aanpassen, en kan steeds opvragen welke knoppen op dat moment worden ingedrukt. Dit heeft als gevolg dat het systeem regelmatig moet pollen om te kijken of er een knop werd ingedrukt of losgelaten. Om de 100 milliseconden zal worden gecontroleerd of er veranderingen zijn opgetreden. Het programma werd ontwikkeld op een propere object-georiënteerd manier, wat het voordeel heeft deze acties totaal af te schermen van de gebruikscodes. Er wordt simpelweg een 'Tangible'-object aangemaakt dat bepaalde events aanbiedt aan de hogere klassen. Deze hogere klassen kunnen zich dan subscrijeren op een event door een callback-functie aan te geven. Momenteel zijn er vijf events waarop kan worden ingeschreven:

- Linkerknop werd ingedrukt

- Linkerknop werd langer dan 500 milliseconden ingehouden
- Rechterknop werd ingedrukt
- Rechterknop werd langer dan 500 milliseconden ingehouden
- Beide knoppen werden tegelijk ingedrukt

De eerste vier van deze events worden volop gebruikt in de implementatie, terwijl de laatste nergens is terug te vinden. Dit is omdat het zeer moeilijk is beide knoppen net tegelijkertijd in te drukken, en niet de ene een fractie van een seconde voor de andere.

Interactieve tafel

Om bruikbare coördinaten van de tafel terug te krijgen, wordt zoals in het voorgaand werk nog steeds gebruik gemaakt van de TouchWare-driver versie 5.64 SR6. De driver vergt alleen een calibratie voor het eerste gebruik, om de daadwerkelijke mapping te kunnen maken van het projectiebeeld en de teruggezonden signalen.

3.3.1 Structuur van de applicatie

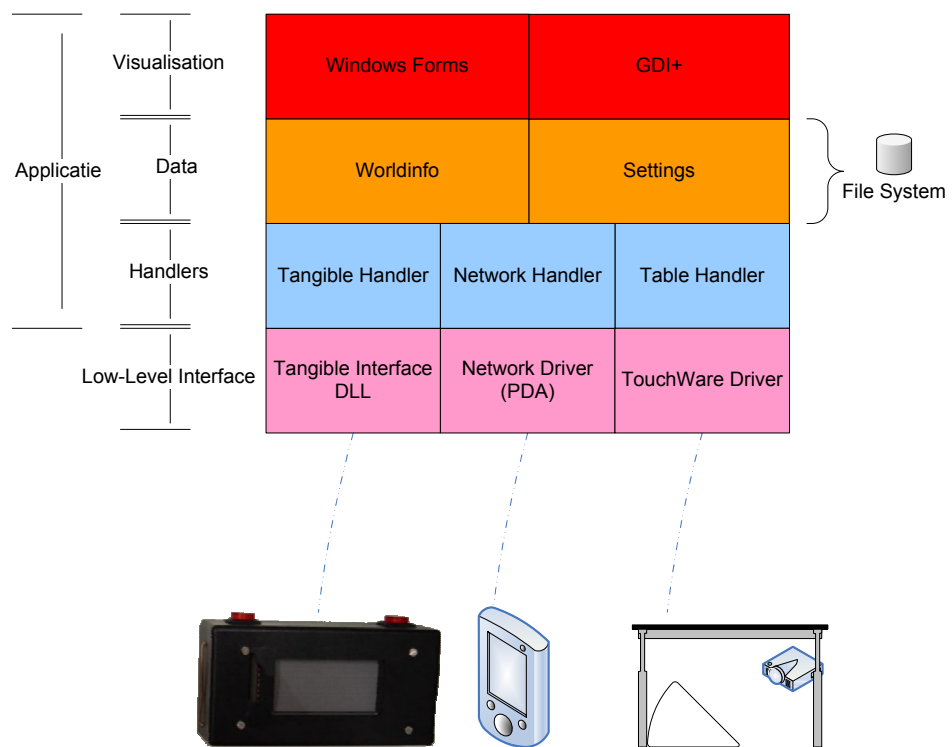
In figuur 3.4 wordt een schematisch overzicht gegeven van de layers van de applicatie.

3.4 Implementatie van de single handed TUI

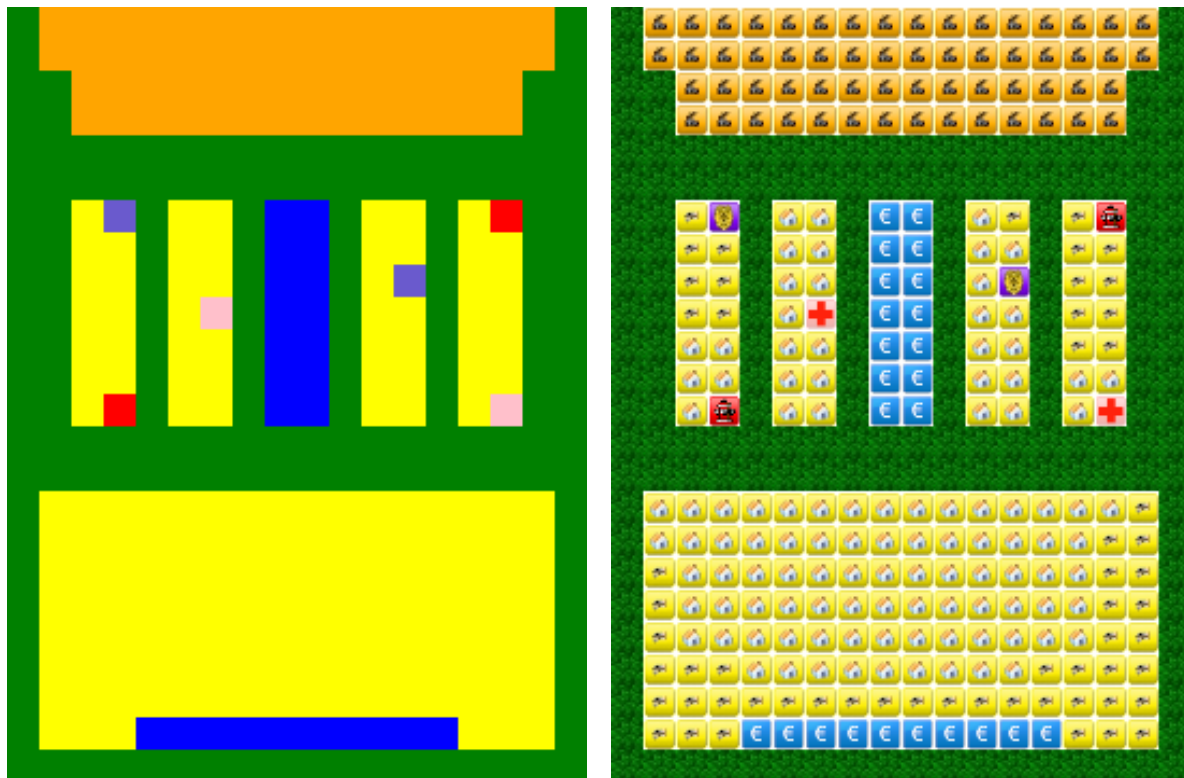
De interactie met de applicatie aan de hand van het rechterapparaat kan tot op heden gebeuren in twee verschillende modi:

- Edit
- Observation

In de eerste modus is het mogelijk om aanpassingen aan te brengen in de verschillende stadsregionen, zoals het veranderen van type bebouwing. Een



Figuur 3.4: Overzicht van de software structuur




















Figuur 3.5: CiTUI: Links: Edit-modus; Rechts: Observation-modus

voorbeeld van een stadsregio in deze modus is te zien links in figuur 3.5. De uitleg van de kleuren is te vinden in de legende op figuur 3.6.

De Observation-modus geeft een minder abstracte weergave van de stad weer, waardoor de band tussen de gekleurde vlakken en de stadsvoorstelling iets duidelijker wordt. De regio, links gemodelleerd in figuur 3.5, ziet er in de Observation-modus uit als rechts op figuur 3.5.

Voor elke wijk wordt een zekere figuur weergegeven met als achtergrond dezelfde kleur als in de Edit-modus. Voor de residentiële wijken (geel op de figuur) zijn verschillende figuren mogelijk, afhankelijk van de omgeving waarin de wijk zich bevindt. Zo zal er in een slechtere omgeving, door bijvoorbeeld de aanwezigheid van veel industrie of criminaliteit, eerder een

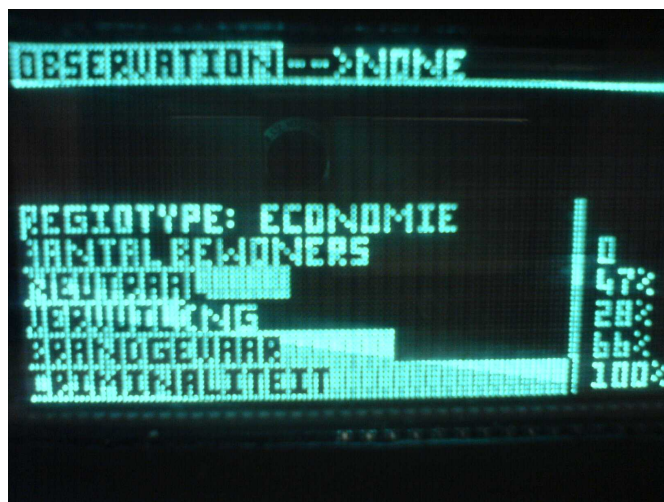
Kleur	Verklaring	Figuren in Observatiemodus
	[geel] Residentiele wijk	 
	[blauw] Winkelwijk	
	[groen] Natuurgebied	
	[oranje] Industrieel gebied	
	[grijs] Weg / Parking	
	[indigo] Politiekantoor	
	[rood] Brandweerkazerne	
	[roze] Ziekenhuis	

Figuur 3.6: CiTUI: Legende

sloppenwijk vormen. Een overzicht van alle mogelijke regio's, met hun weergave in de Edit en de Observation modus, is te vinden op figuur 3.6. In deze modus is het steeds mogelijk, onafhankelijk van de gekozen submodus, om informatie over een bepaalde stadsblok op te vragen. Die informatie wordt dan op het rechterscherm weergegeven, zoals te zien op figuur 3.7.

Doorlopen van menu's

In CITUI wordt er gewerkt met on-screen displays op de tafel die fungeren als menu. Zo een menu bestaat altijd uit een reeks knoppen, geplaatst rondom een centrale navigatiebol, waarmee de menu kan worden verplaatst. Er wordt gebruik gemaakt van deze vorm van OSDs omdat het voor de gebruiker een



Figuur 3.7: Rechtse Tangible: Informatie over een blok in Observation-mode

goed overzicht biedt van de verschillende mogelijkheden, en van de gekozen optie. Om in het OSD een optie te veranderen, volstaat het met de vinger op de gewenste knop te drukken. De knoppen variëren naargelang het gekozen menu. De mogelijkheden worden bovendien beperkt door de modus waarin het programma zich bevindt. Op het tangible apparaat staat bovenaan het scherm een duidelijke weergave van de huidige modus en het gekozen menu, hetzij respectievelijk links- en rechtsboven (zie figuur 3.10). De modus kan gemakkelijk worden omgewisseld door de linkerknop van het apparaat even ingedrukt te houden. De tekst op het apparaat zal zich aanpassen, en het stadsplan zal worden aangepast. Het doorlopen van de menu's kan gedaan worden door middel van het inhouden van de rechterknop. De mogelijke overgangen tussen de verschillende modi, en de submodi van de Edit-modus zijn zichtbaar op figuur 3.8. Bij de Edit-modus zijn de mogelijke menu's:

- None: Het menu is verborgen
- Regions: De verschillende soorten regio's die in de stad kunnen worden geplaatst

- FileSaveLoad: Het opslaan of inladen van een project
- CopyCutPaste: Een omgeving kopiëren of knippen, en vervolgens plakken.

Anderzijds is bij de Observation-modus maar een beperkter aanbod beschikbaar:

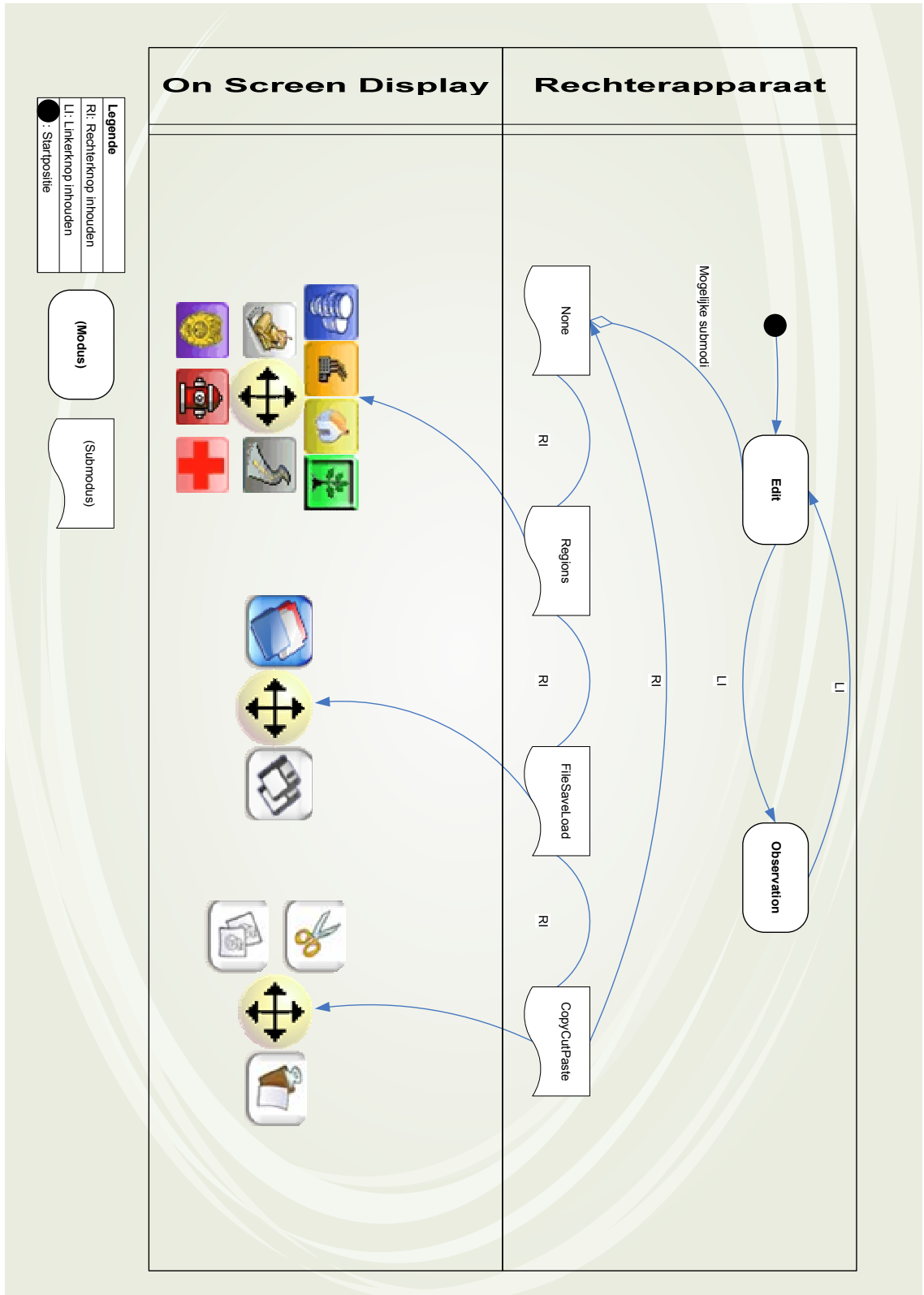
- None
- FileSaveLoad
- Layers: Bepaalde stadsinformatie wordt in een enkele visualisatie gekoppeld aan de geografische informatie, door middel van semantische layers.
- ContinuousInfo: In plaats van elke keer de informatie expliciet te moeten opvragen over bepaalde stadsblokken, volstaat het nu om erover te bewegen.

De mogelijke overgangen tussen de submodi van de Observation-modus zijn zichtbaar op figuur 3.9.

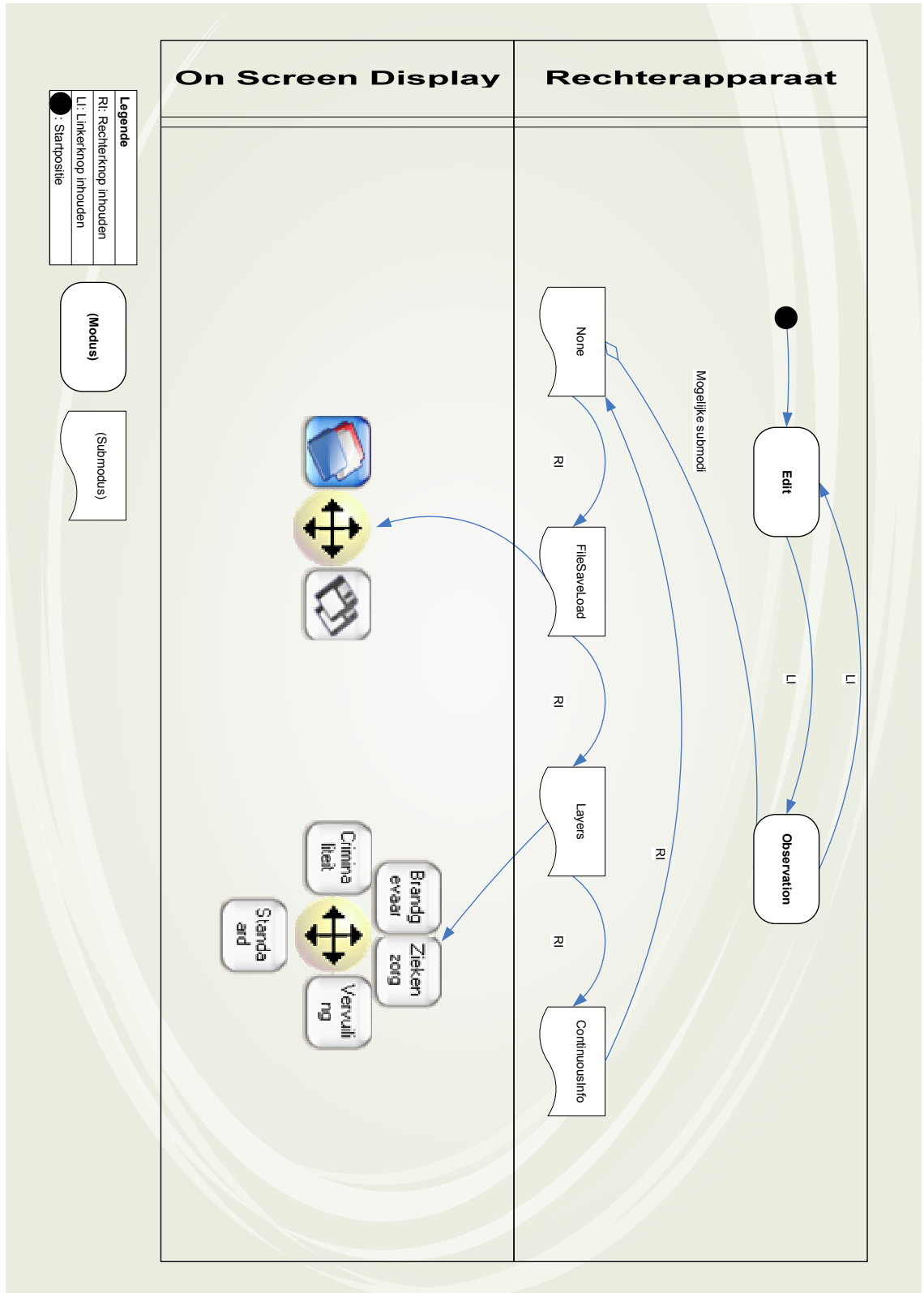
3.4.1 Regio's wijzigen van type

De belangrijkste mogelijkheid van het programma is uiteraard de functionaliteit die toelaat om bepaalde regio's van type te wijzigen. Eender welke aanpassing moet steeds gebeuren in de Edit-modus. Om de selectie te maken tussen de verschillende mogelijke stadselementen, is het mogelijk om de Regions-menu op te vragen, te zien in figuur 3.11. Een andere mogelijkheid is op het apparaat zelf te navigeren doorheen de verschillende regio's (zie rechts op figuur 3.12). Het geselecteerde type is steeds af te lezen in de Regions-menu op de tafel, doordat het desbetreffende icoon ingedrukt blijft. Anderzijds is de selectie ook steeds zichtbaar in de rechterbovenhoek van het scherm op het rechterapparaat.

De verschillende mogelijke regio's zijn onderverdeeld in twee groepen, op grond van hun deployment-niveau. Dit betekent simpelweg dat de types



Figuur 3.8: Schematisch overzicht van de modi en Edit-submodi



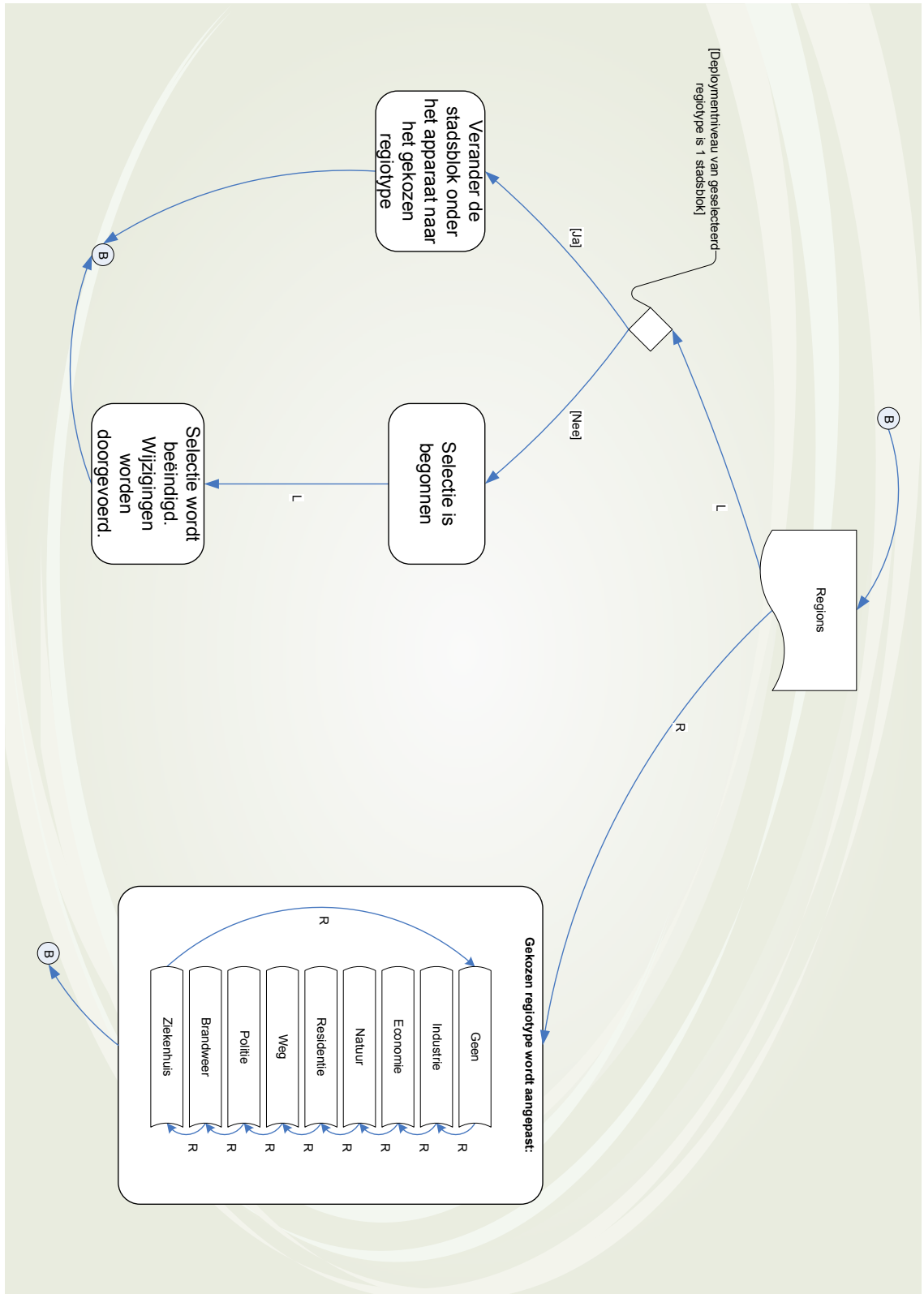
Figuur 3.9: Schematisch overzicht van de modi en Observation-submodi



Figuur 3.10: CiTUI: Weergave van Submenu 'None' in Observation (links) en Edit (rechts)



Figuur 3.11: CiTUI: Regions-menu



Figuur 3.12: Schematisch overzicht van de mogelijkheden in de Regions-submodus

van de ene groep stadsblok per stadsblok moet worden aangemaakt, terwijl voor die van de andere groep een grotere regio kan worden gedefinieerd in een enkele actie.

De eerste groep bestaat uit de volgende stadselementen:

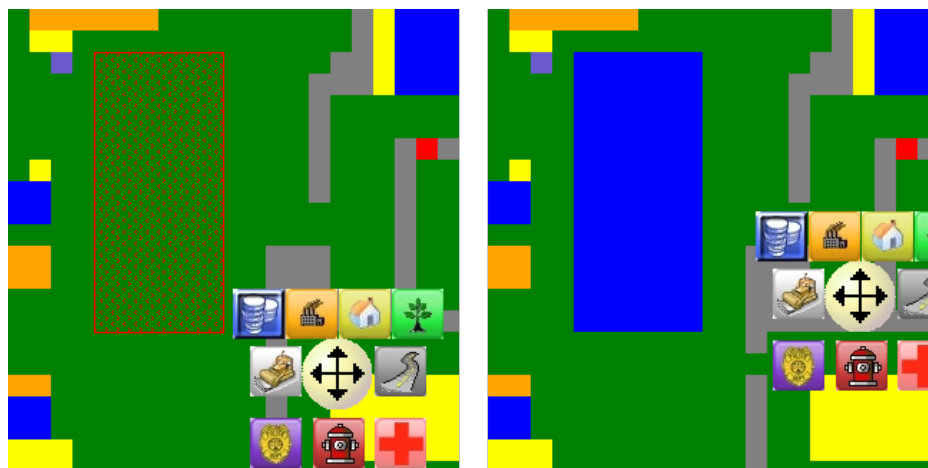
- Politie
- Brandweer
- Ziekenhuis

De tweede groep bestaat uit:

- Residentie
- Industrie
- Natuur
- Economie
- Weg / Parking
- (Bulldozer)

Bij het aanmaken van regio's van de tweede groep kan er, na de selectie van het gewenste type, begonnen worden met het bepalen van een gebied (zie links op figuur 3.12). Het gebied in kwestie wordt bedekt door een halfdoorzichtige rode rechthoek (zie links op figuur 3.13). Op die manier is het steeds duidelijk op welk gebied de toekenningsactie effect zal hebben. Er wordt op het rechterapparaat ook weergegeven wat de omvang van de selectie is in vierkante meter, om het gevoel van koppeling tussen de geselecteerde regio en het apparaat te bevorderen. Van zodra de gebruiker tevreden is met de selectie kan hij de selectie accepteren. De selectie wordt dan vastgelegd, en in de gepaste kleur weergegeven (zie rechts op figuur 3.13).

Bij het toevoegen van elementen uit de eerste groep, is er niet meer nodig dan het gewenste type te selecteren, en het gewenste stadsblok aan te klikken met de linkerknop van het apparaat.

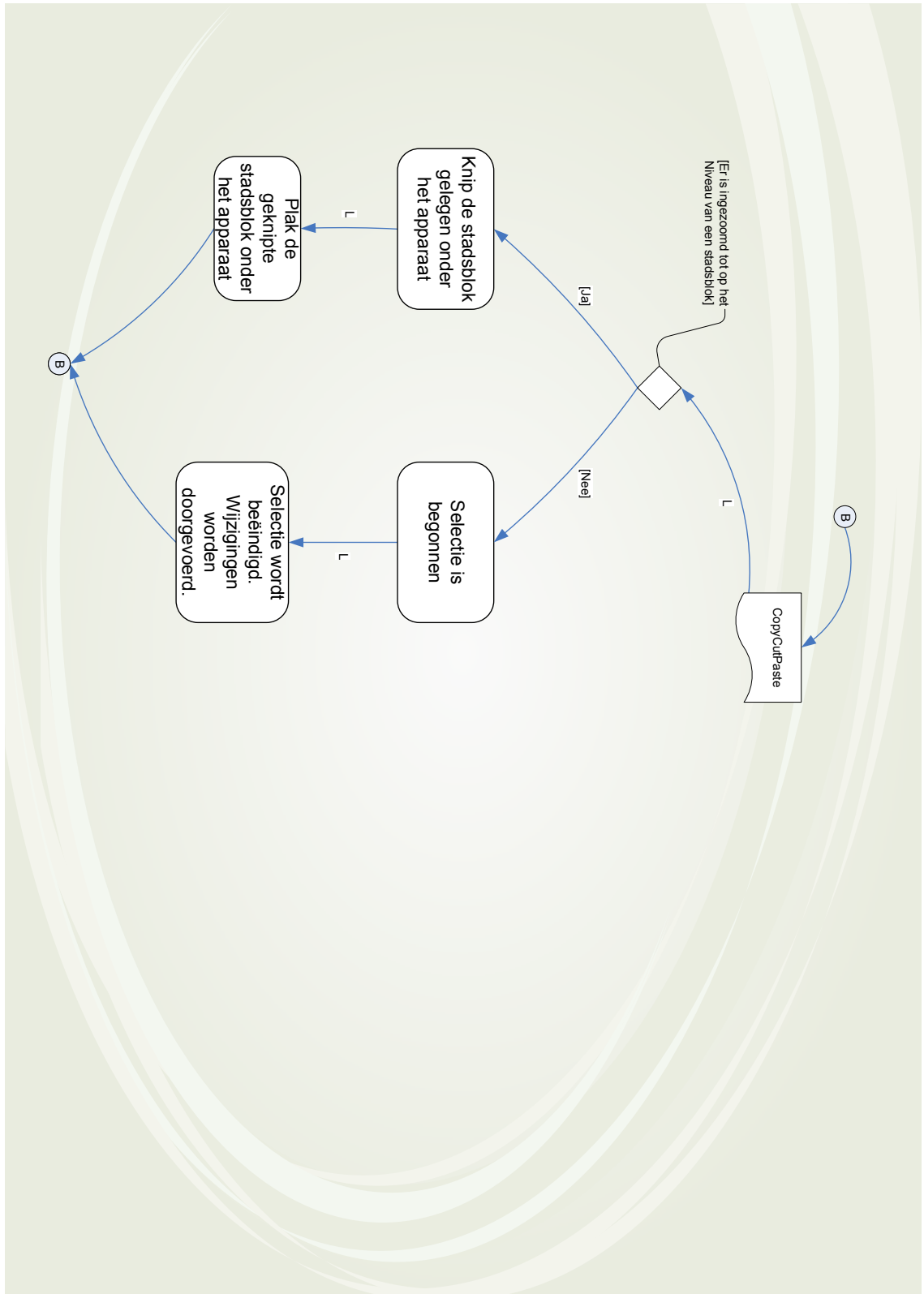


Figuur 3.13: CiTUI: Links: Bij het speciëren van een regio wordt deze rode rechthoek getoond. Rechts: Bij het vastleggen van de regio wordt de rechthoek vervangen door de nieuwe kleur.

3.4.2 Kopiëren, Knippen en Plakken

Een handige extra functionaliteit is het kunnen kopiëren of knippen van bepaalde regio's. Zo kan bijvoorbeeld een woonblok, voorzien van alle benodigde faciliteiten, simpelweg een aantal keer gekopieerd worden, in plaats van eenzelfde concept meerdere malen opnieuw op te bouwen.

Deze modus heeft een andere uitwerking op verschillende zoomniveaus. Als er weinig ingezoomd is op de kaart, zal de gebruiker zelf moeten speciëren welke actie hij wil ondernemen, door middel van het CopyCutPaste-menu (zie figuur 3.15). Anderzijds, als er zo ver is ingezoomd op de kaart dat de stadsblokken even groot zijn als het apparaat, zal de gebruiker waarschijnlijk niet de bedoeling hebben een grote selectie te maken. De verschillende opties zijn zichtbaar op figuur 3.14.



Figuur 3.14: Schematisch overzicht van de mogelijkheden in de CopyCutPaste-submodus



Figuur 3.15: CiTUI: CopyCutPaste-menu

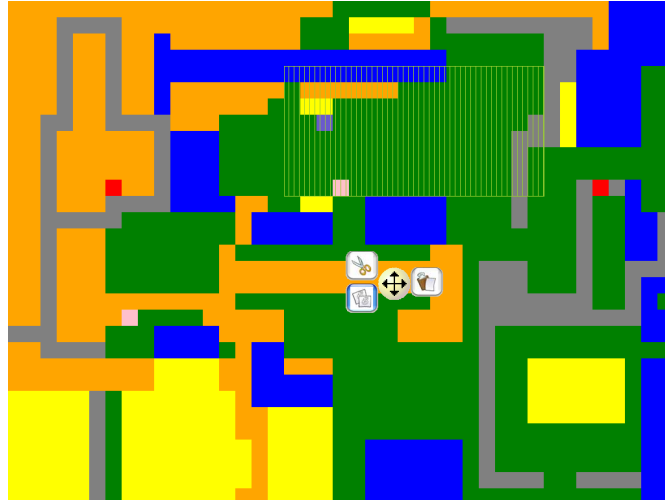
3.4.2.1 High-level

Het high-level-menu (zie figuur 3.15) kan worden bereikt in de Edit-modus, zoals te zien is op figuur 3.8.

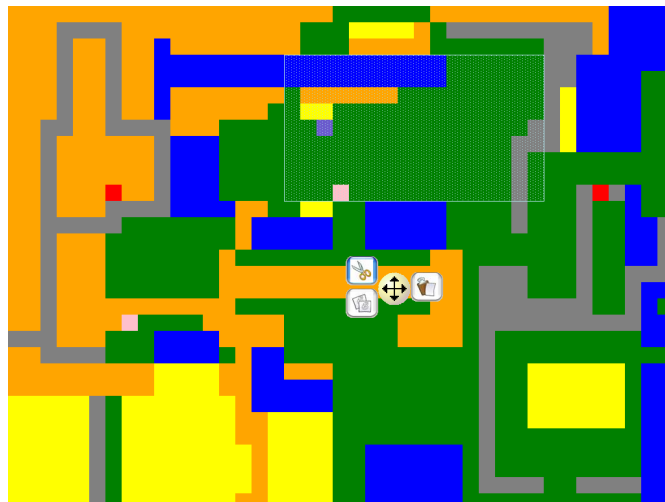
De manier van werken voor het selecteren van een regio is gelijk aan de werkwijze voor het definiëren van een gebied. De enige verschillen zijn het motief en de kleur van de halfdoorzichtige rechthoek, die bij het kopiëren groen-geel is (zie figuur 3.16), en bij het knippen lichtblauw (zie figuur 3.17). Nadat de knip-actie is uitgevoerd, zal de selectie van de map verdwijnen, en zal er een lege omgeving overblijven. Bij het kopiëren van een regio is uiteraard geen effect zichtbaar. Plakken gebeurt door eerst op de plakknop te drukken op de tafel, en vervolgens een stadsblok op de map aan te klikken met het apparaat. Op dit blok wordt dan de linkerbovenhoek van het gebied op het klembord gemapt, en zo zal het geknipte of gekopieerde gebied steeds rechtsonder de aangedrukte blok verschijnen.

3.4.2.2 Low-level

Wanneer er sterk is ingezoomd op de kaart, kan er met behulp van het rechterapparaat makkelijk een woonblok verplaatst worden. Dit gebeurt door het apparaat te koppelen aan de stadsblok die zich eronder bevindt. De koppeling imiteert het oppakken van de blok van de kaart. De perceived



Figuur 3.16: CiTUI: De selectie zal gekopieerd worden.



Figuur 3.17: CiTUI: De selectie zal geknipt worden.

coupling (zie sectie 2.3.5.3) wordt nog verder versterkt door het feit dat het gebouw van de kaart verdwenen is. De informatie ervan bevindt zich echter nog steeds op het scherm van het object, wat insinueert dat het zich in het apparaat bevindt. Het stadsblok kan vervolgens op een andere locatie terug neergeplant worden. Bij deze interactie wordt er slechts gebruik gemaakt van een enkele knop op het apparaat voor het koppelen en ontkoppelen van het digitale object.

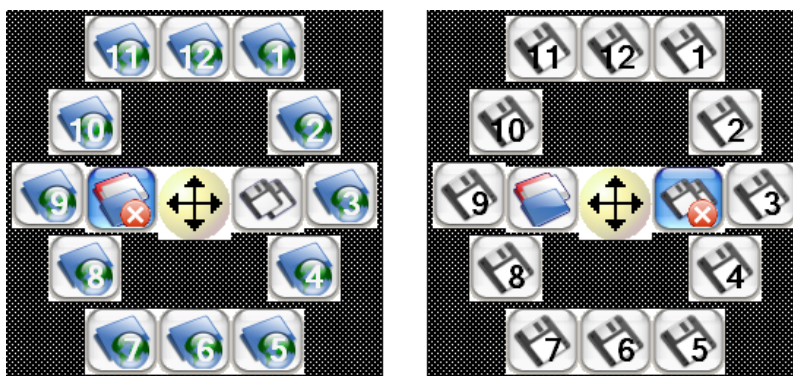
Hier gelijkt de achterliggende manier van werken sterk op dat wat gebruikt wordt in het MediaBlocks-systeem (zie sectie 2.7). Daar wordt de digitale informatie ook gekoppeld aan een box, en evenzeer blijft de informatie in het systeem zelf aanwezig, in tegenstelling tot het daadwerkelijk verplaatsen naar het interne geheugen van het apparaat. Net als bij de MediaBlocks is het mogelijk om aan elk van de twee apparaten andere data te koppelen, vermits het duidelijk is met welk object er wordt gekoppeld en ontkoppeld. Deze functionaliteit werd echter niet opgenomen in CiTUI, omdat het weinig meerwaarde voor de gebruiker zou opleveren.

3.4.3 Opslaan en Laden

Een andere basisfunctionaliteit is uiteraard de mogelijkheid tot opslaan en inladen van voorheen gemodelleerde steden. In CiTUI wordt er gewerkt met 12 mogelijke save-slots, om niet gebruik te moeten maken van een standaard dialoogvenster. De gebruiker kan een bestand opslaan of inladen door simpelweg het FileSaveLoad-menu op te roepen door middel van de rechterknop op het apparaat. Dit menu is beschikbaar in zowel de Edit- als de Observation-modus. De beginweergave is getoond in figuur 3.18. De gebruiker kiest op de beginweergave of hij de stad wil opslaan of een vorig project wil inladen. Na de selectie zal het scherm worden bedekt met halfdoorzichtige zwarte blinden, zodat het verder werken aan het huidige project even bemoeilijkt wordt, maar de grote lijnen van het ontwerp toch nog zichtbaar blijven. Het wordt de gebruiker dus gemakkelijk gemaakt om een 'load'



Figuur 3.18: CiTUI: Opslaan en Laden menu



Figuur 3.19: CiTUI: Opslaan en Laden menu, wanneer geactiveerd

of 'save' actie uit te voeren, in tegenstelling tot het verder laten werken aan het huidige project. Dit is een kleine toepassing van het thema Embodied Facilitation (zie sectie 2.3.4).

Na het activeren, worden vervolgens twaalf knoppen in cirkelvorm geanimeerd rondom het menu. Bovendien verschijnt er bij de knop waarop gedrukt werd een rood kruis. Een tweede druk op de knop laat zo toe de operatie te annuleren. Bij de twaalf knoppen om in te laden, zullen de lege slots herkenbaar zijn door hun grijs logo. De uitgerolde menu's zijn zichtbaar op figuur 3.19.

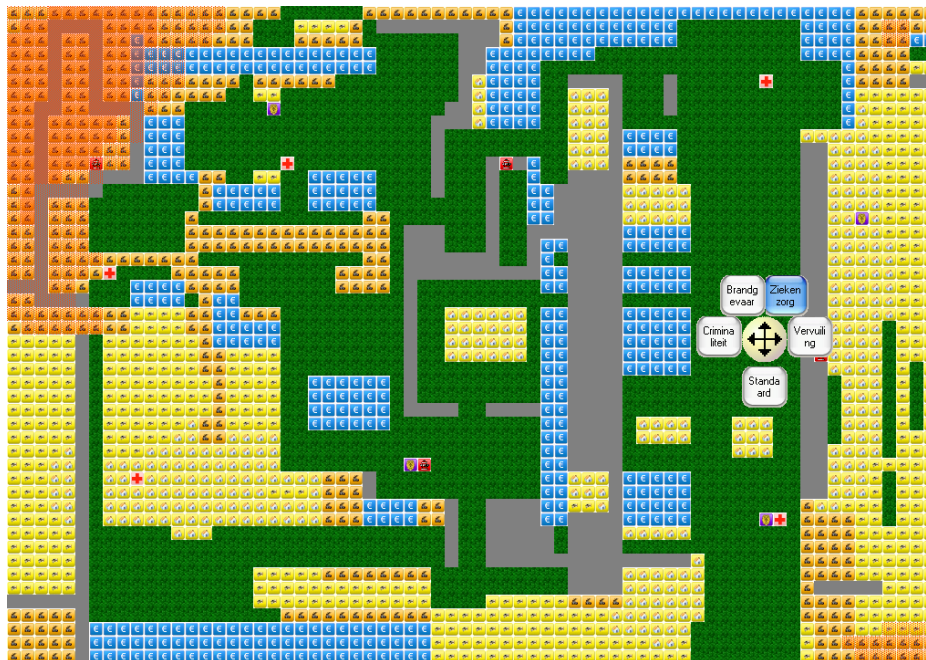
3.4.4 Gebruik van layers

Voor de analyse van bepaalde data van de stad, bestaat er de mogelijkheid om de gehele map te bedekken met een semantische layer in de Observation-modus. Dit is vooral handig als de gebruiker trends wil zoeken in de gegevens, zonder zelf een gebied blok per blok te moeten onderzoeken. Als de gebruiker op zoek is naar een zekere probleemsituatie, geven de layers een goed beeld van de gebieden waar die situatie meer waarschijnlijk is, zonder de gebruiker met absolute data te overspoelen. Het is vervolgens nog altijd mogelijk om van een aantal blokken toch de absolute data op te vragen, door het apparaat te gebruiken.

De verschillende mogelijke layers staan hieronder opgesomd:

- Standaard
- Criminaliteit
- Brandgevaar
- Ziekenzorg
- Vervuiling

Wanneer CiTUI opstart, staat steeds de standaard-layer geactiveerd bij het betreden van de Observation-modus. Deze layer voegt niks meer toe dan de foto's die op de blokken worden weergegeven. De layers voor criminaliteit, brandgevaar en ziekenzorg houden ieder verband met de aanwezigheid van bepaalde faciliteiten in de omgeving. Zo zal de criminaliteit-layer de kaart volledig met rood bedekken, tenzij er zich in de buurt een politiekantoor bevindt. Hetzelfde concept geldt voor het brandgevaar en de ziekenzorg, waar er gecontroleerd wordt op de aanwezigheid van respectievelijk brandweerstations en ziekenhuizen in de buurt. De layer die de vervuiling aangeeft, houdt rekening met de graad van industrie in het gebied, evenals de aanwezig natuur die de vervuiling kan afzwakken. Een voorbeeld van de vervuiling is te zien op figuur 3.20, waar linksboven vooral een duidelijke vervuiling merkbaar is. Het gevaar voor criminaliteit is zichtbaar



Figuur 3.20: CiTUI: Layer van de vervuiling

op figuur 3.21. De resterende filters worden op dezelfde manier gevisualiseerd als deze laatste.

3.4.5 Continue Informatieweergave

Zoals eerder vermeld is het steeds mogelijk om in de Observation-modus informatie op te vragen over de stadsblok waar het apparaat zich boven bevindt, door op een knop te drukken (zoals te zien in figuur 3.22). In deze submodus wordt de vereiste om een knop in te drukken achterwege gelaten. Nu wordt er constant informatie opgevraagd als de gebruiker het apparaat boven een ander digitaal object beweegt. Eigenlijk wordt hier een soort Magic Lens [25] nageemaakt. Bij een traditionele lens, zoals een vergrootglas, moet er ook niet steeds op een knop worden gedrukt vooraleer de vergroting wordt uitgevoerd. In deze submodus kan er dus vrij over de kaart bewogen worden, waarbij steeds de informatie op het apparaat zal



Figuur 3.21: CiTUI: Layer van de criminaliteit

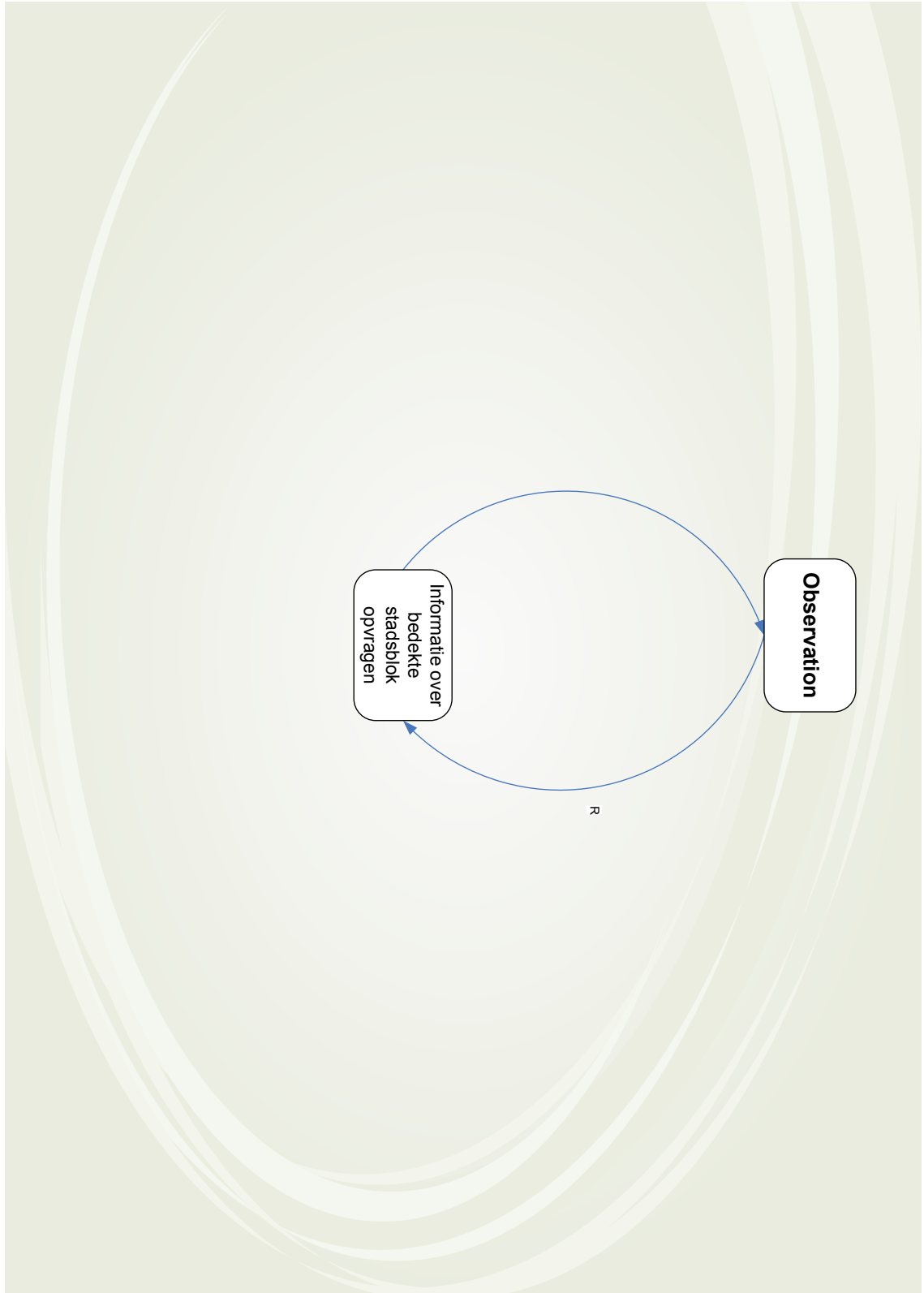
worden geactualiseerd.

3.5 Implementatie van de dual handed TUI

In [26] worden de alledaagse activiteiten van de mens onderverdeeld in drie categorieën:

- asymmetrisch met één hand
- asymmetrisch met twee handen
- symmetrisch met twee handen

De eerste categorie werd reeds toegepast in de single handed TUI en kan worden geïllustreerd met enkele real-life voorbeelden als tanden poetsen en darts werpen.



Figuur 3.22: Schematisch overzicht van de vaste actie in de Observation-modus

De tweede categorie stelt een tweehandige interactie voor waarbij de rollen van de verschillende handen van elkaar verschillen. Enkele voorbeelden zijn hier het delen van een dek kaarten en het spelen van een snaarinstrument.

De derde categorie tenslotte wordt symmetrisch genoemd omdat beide handen in feite dezelfde acties moeten uitvoeren (om beurt of tegelijk). Enkele voorbeelden hiervan zijn touwklimmen en gewichtheffen.

Het is opmerkelijk dat vele interacties die door velen worden geclassificeerd onder de eerste categorie, in feite behoren tot de tweede soort. Zo wordt bijvoorbeeld bij het schrijven met een pen niet alleen met de hand die ze vastheeft gewerkt. De andere hand voert ook acties uit op het blad, door het zo te verplaatsen of te draaien om het de andere hand makkelijker te maken. De andere hand heeft meestal een ondersteunende rol in de interactie.

In de paper wordt geargumenteed dat het grootste deel van de dagelijkse activiteiten eigenlijk als bimanueel kan worden bestempeld, en dat symmetrie eerder de uitzondering is en asymmetrie de regel.

In de dual handed TUI worden de twee laatste categorieën allebei toegepast. De symmetrische manier van werken wordt alleen maar toegepast in de Zoom-modus.

Terwijl de single handed TUI vooral inspeelt op de individuele blokken en bepaalde gebieden op de kaart, zal de dual handed TUI vooral invloed hebben op de globale eigenschappen van het project.

Met dit apparaat kan er gewerkt worden in vijf verschillende modi:

- Inactief
- Navigatie
- Zoom

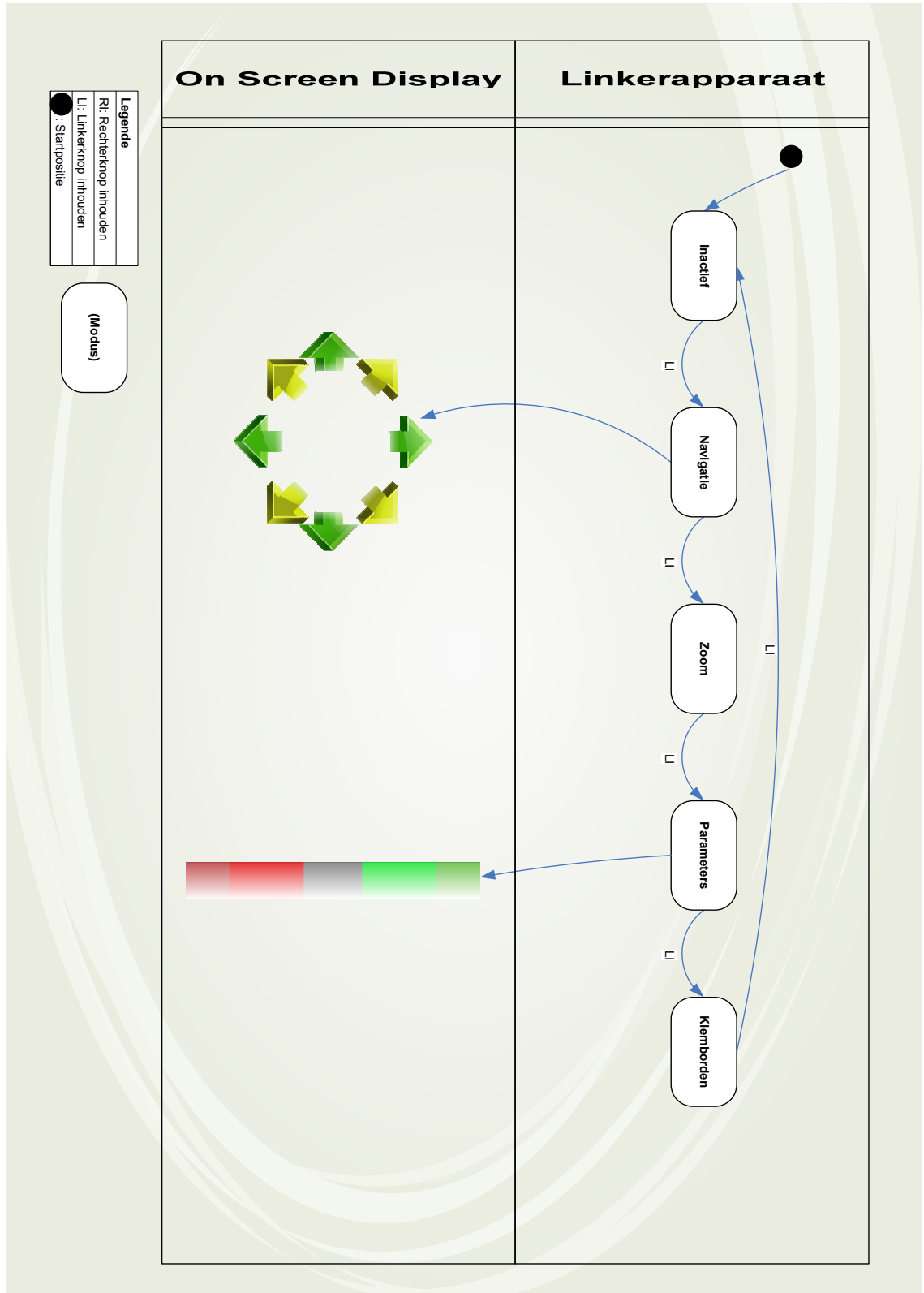
- Parameters
- Klemborden

De inactieve modus heeft zoals de naam voorspelt als gevolg dat het het linkerapparaat op inactief zal zetten. Er kan dan alleen maar worden gewerkt met de single handed TUI. Elk van de resterende modi wordt in de volgende secties beschreven. De overgangen ertussen zijn getoond op figuur 3.23.

3.5.1 Navigatie

Navigatie is een onmisbare modus wanneer er ingezoomd is op de map. Het staat toe het zichtpunt van de gebruiker aan te passen zodat ook in de gezoomde toestand de gehele map verkenbaar is.

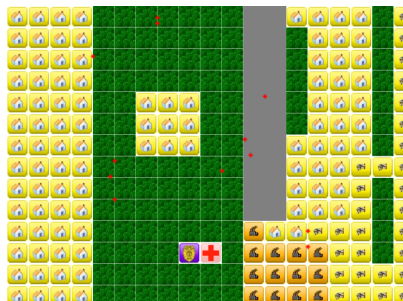
In CiTUI wordt deze modus gerealiseerd door gebruik te maken van apparaten met zowel linker- als rechterhand. Met het apparaat in de linkerhand van de gebruiker, is het mogelijk de Navigatie-modus te activeren. Van zodra deze actief is, verschijnt er in het kwadrant rechtsonder van de tafel een indicator met verschillende pijlen (zie figuur 3.24). Deze pijlen geven aan in welke richtingen navigatie mogelijk is. Om daadwerkelijk te gaan navigeren, moet er met het rechterapparaat rondbewogen worden in de richting van de gewenste beweging. Het plaat dat rechtsonder ligt in de tafel is opgedeeld in acht actieve stukken en een passief stuk. De acht actieve worden aangeduid door de pijlen, en het passieve bevindt zich in het centrum. Als het rechterapparaat zich hier bevindt, zal er geen beweging plaatsvinden, terwijl anders de richting van de pijlen gevolgd zal worden. Wanneer de gewenste locatie bereikt werd, dient de gebruiker het rechterapparaat in het centrum te plaatsen en vervolgens de Navigatie-modus te verlaten.



Figuur 3.23: Schematisch overzicht van de verschillende modi van de dual handed TUI



Figuur 3.24: CiTUI: Navigatie-indicator rechtsonder op het scherm.



Figuur 3.25: CiTUI: Visualisatie van de bevolking op de kaart

3.5.2 Zoom

Het gebruiken van verschillende zoomniveau's is van groot belang in deze applicatie. Zo kunnen bepaalde acties anders uitgevoerd worden, afhankelijk van het zoomniveau, zoals bij de CopyCutPaste-submodus (zie sectie 3.4.2). Het staat bovendien toe om semantische informatie te koppelen aan de diepte van de zoom. Dit principe wordt in CiTUI toegepast door op de diepere zoomniveau's de inwoners van de stad te tonen. De verschillende inwoners worden er simpelweg voorgesteld door rode puntjes op de kaart (zie figuur 3.25). Het aantal rode puntjes dat de pedestrian simulator genereert, hangt af van verschillende factoren in de stad zoals uiteraard het aantal residentiële woonplaatsen en de aantrekkelijkheid van al die woonplaatsen. Hoe beter het ontwerp van de stad, hoe meer mensen er zichtbaar zullen zijn op de kaart. De mensen bewegen zich willekeurig over de kaart via een simpel algoritme, en ze beperken zich tot het bewegen tussen de verschillende wijken, namelijk in de straten ertussen. Het idee van de pedestrian simulator, onderhevig aan de invloeden van de omgeving, werd ook toegepast in [4].

De verschillende mogelijkheden waarop de zoomactie kan worden uitgevoerd, kunnen worden opgedeeld in de volgende twee classificaties:

Gebruik van de knoppen

Deze methode betekent simpelweg dat het zoomniveau zal worden aangepast aan de hand van het drukken op knoppen, ofwel op het apparaat, ofwel op het schermoppervlak in de vorm van een OSD. De ene knop zal een niveau dieper inzoomen, terwijl de andere een niveau hoger zal gaan.

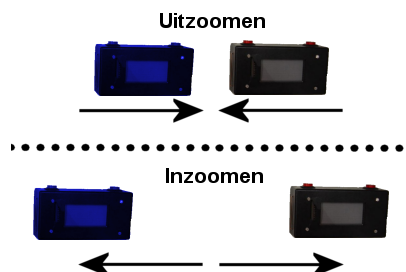
Gebruik van de tangible objecten

Deze klasse kan nog eens opgedeeld worden in verschillende mogelijke implementaties:

- Wanneer de gebruiker exact weet wat hij wil zien op het volgende zoomniveau, kan hij het gebied van interesse aflijnen door een tangible apparaat te plaatsen op zowel het meest linkse als het meest rechtse punt.
- Door een interactietechniek te hanteren die gebruik maakt van de twee apparaten, kan het inzoomen en uitzoomen worden voorgesteld door respectievelijk het uit elkaar en naar elkaar toe bewegen van de verschillende tangible objecten.

Deze laatste methode werd geïmplementeerd, in tegenstelling tot de twee andere, omdat het zeer intuïtief werkt, van zodra de gebruiker de metafoer onder de knie krijgt. De eerste twee methoden vergen relatief meer inspanning van de gebruiker door ofwel het gebruik van knoppen te vereisen, ofwel de exacte plaatsing van de apparaten op de kaart. Met de geselecteerde techniek is het zeer makkelijk om het zoomniveau dynamisch aan te passen totdat de gebruiker tevreden is.

Voor het ondersteunen van de zoom-operaties wordt dus gebruik gemaakt van een methode die beide apparaten benut, en waarbij het linkerapparaat



Figuur 3.26: CiTUI: Overzicht van de verschillende zoommogelijkheden.

niet enkel dient om de modus te activeren en eventuele extra gegevens te selecteren. Van zodra deze modus geactiveerd wordt met het linkerapparaat, zal de afstand tussen de verschillende apparaten de zoomfactor bepalen. De achterliggende metafoer is het uit elkaar trekken van de apparaten om de kleinere informatie ertussen te visualiseren, en komt dus neer op het inzoomen op de kaart. Anderzijds zal het naar elkaar toe bewegen van de apparaten zorgen voor een weergave met minder specifiek detail, maar met meer grotere schaal informatie. Deze laatste actie zal simpelweg uitzoomen op de kaart. Een overzicht wordt gegeven op figuur 3.26. Wanneer het gewenste zoomniveau is bereikt, kan de modus worden gedeactiveerd, of kan er simpelweg worden overgegaan naar een andere modus door respectievelijk de rechter- of linkerknop in te houden

3.5.3 Parameters

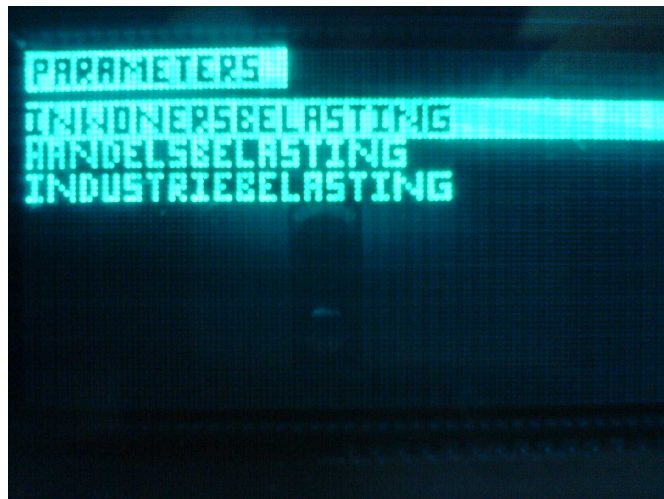
Deze modus dient om bepaalde globale parameters te veranderen die van toepassing zijn op de gebouwde stad. In CiTUI wordt vooral gedacht aan belastingen, in de vorm van inwonersbelasting, handelsbelasting en industriebelasting. Bij de start van een nieuw project staan deze parameters op een bepaalde standaardwaarde. Het doel is deze parameter intuïtief aan te passen, zodat de belastingen gemakkelijk verhoogd en verlaagd kunnen worden. Deze parameters hebben uiteraard ook hun invloed in de populariteit

van bepaalde regio's: hoe perfect de omgeving ook is, de bewoners zullen er niet zo gelukkig mee zijn als de belastingen veel te zwaar zijn. Hetzelfde geldt natuurlijk ook voor de handel en de industrie.

De manier van werken die hiervoor ontwikkeld werd, steunt op de samenwerking tussen de twee apparaten en tussen de linker- en rechterhand. Het idee werd gebaseerd op de werkwijze van het systeem in [15].

Wanneer de gebruiker hier de Parameters-modus selecteert, worden de verschillende belastingen onder elkaar getoond zoals te zien op figuur 3.27. Het eerste element in de lijst staat geselecteerd. Indien de gebruiker een andere belasting wil selecteren, is het mogelijk om dat te doen door de linkerknop te gebruiken om het element erboven te selecteren, of de rechterknop voor dat eronder. Wanneer er bij het onderste of bovenste element naar onder of boven bewogen wordt, zal er gesprongen worden naar respectievelijk het eerste of laatste element. Wanneer het juiste element uit de lijst geselecteerd staat, kan de gebruiker dat bevestigen. De mogelijke acties om een parameter te selecteren, zijn te zien op figuur 3.29. Na de bevestiging kan er dan worden overgegaan naar de aanpassing van de geselecteerde parameter. De verschillende mogelijkheden na de selectie van een parameter zijn getoond op figuur 3.28.

Op het linkerscherm staat nu de parameter met zijn huidige waarde (zie figuur 3.30). Op de tafel staat tegen de rechterraand een indicatorbalk, zoals te zien is op figuur 3.31. De betekenis van de kleuren in die indicator wordt uitgelegd in figuur 3.32. Door nu het rechterapparaat naar boven of onder te bewegen, zal de waarde aanpassen afhankelijk van de positie in de indicator. De gebruiker kan steeds de operatie annuleren door een niveau hoger te gaan in het menu. Wanneer de gebruiker echter tevreden is met de nieuwe waarde kan hij die waarde vastleggen. Ook in dit geval wordt er vervolgens teruggekeerd naar het hoofdmenu en de parameter wordt in het systeem aangepast.

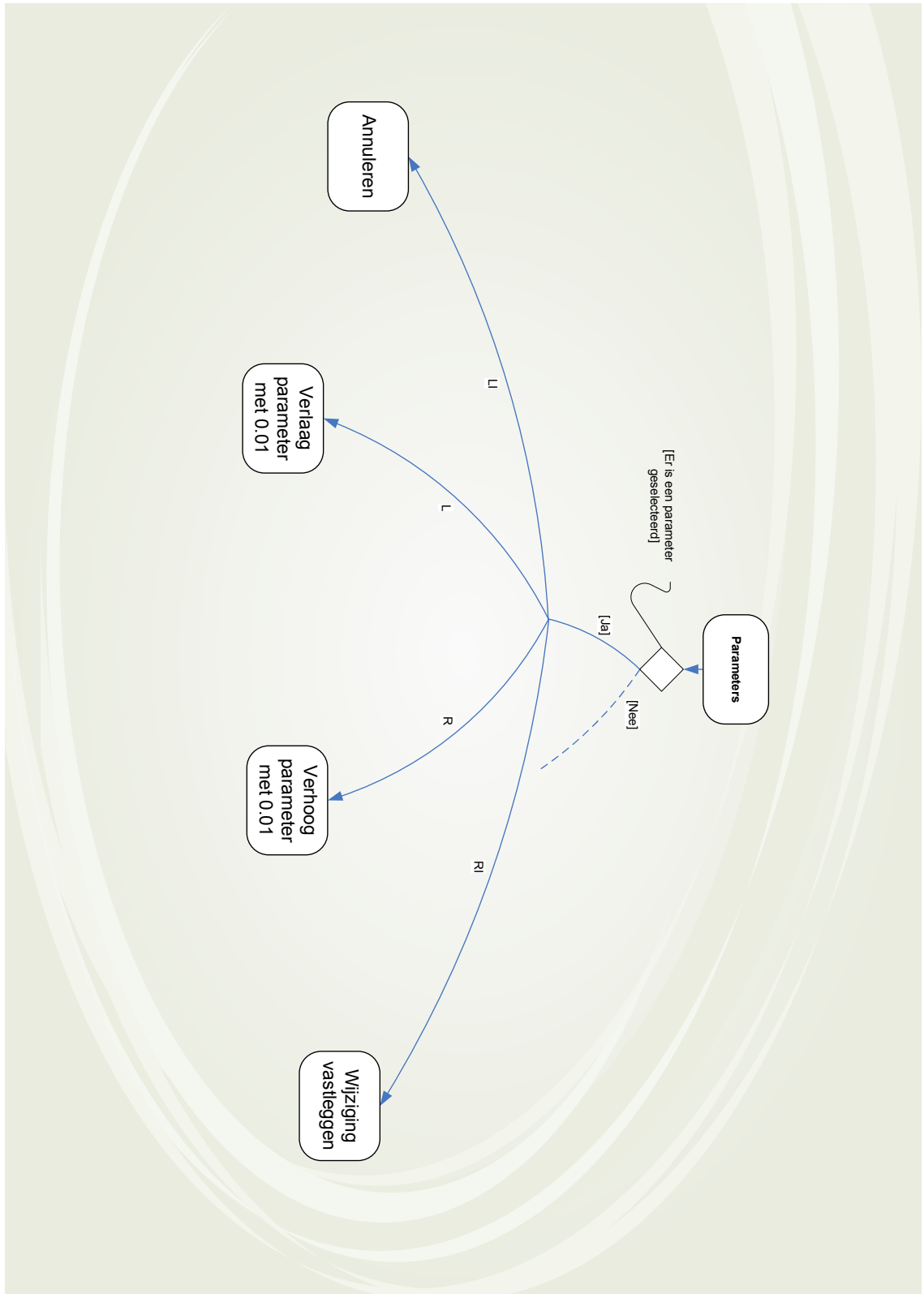


Figuur 3.27: Tangible: Parametersselectie

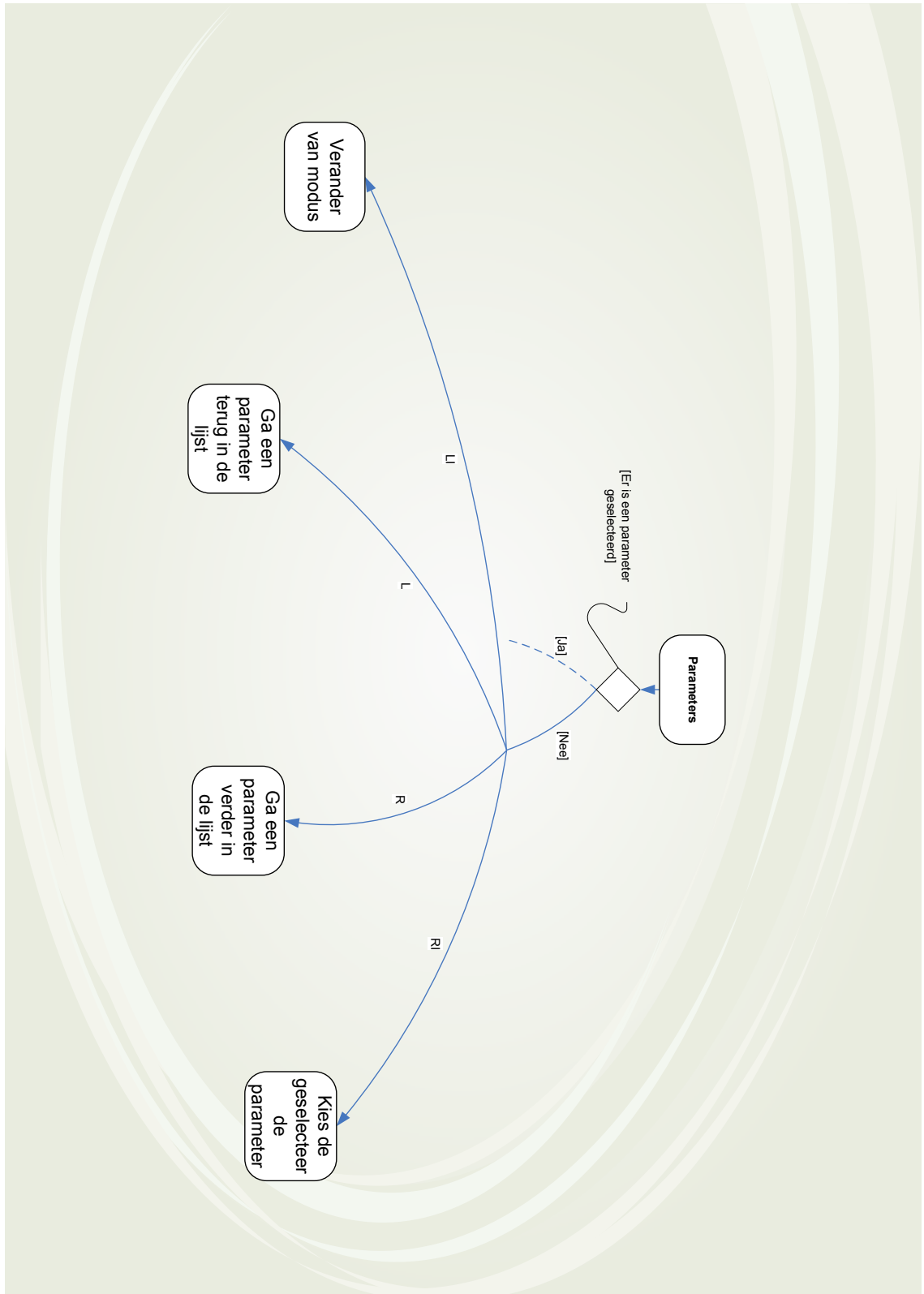
3.5.4 Klemborden

Bij het werken aan een complexere stad is het soms mogelijk dat de gebruiker meerdere objecten wil hergebruiken door ze ergens bij te plakken. De gemakkelijkste manier om te implementeren is uiteraard om simpelweg op dat moment de gebruiker een regio te laten kopiëren en vervolgens op de gewenste locatie te plakken. Soms kan dit echter tegenproductief werken als enkele regio's regelmatig hergebruikt worden, maar niet altijd meteen na elkaar. Het klembord wordt met andere woorden steeds aangepast, waardoor voorgaande fragmenten verloren gaan. Het is ook mogelijk dat de gebruiker voor een moment vergeten is wat er op het klembord stond. Achteraf zal hij dan beseffen dat er per ongeluk een ander gebied op het klembord werd geplaatst en dat hij de vorige informatie dus verwijderd heeft.

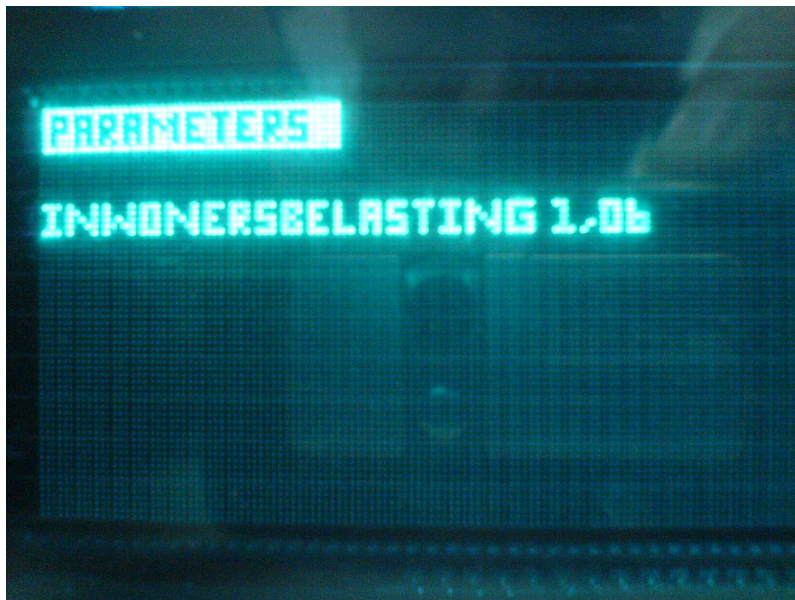
In CiTUI werd om deze reden een systeem voorzien met meerdere klemborden. Elke nieuwe kopieer- of knipactie zal dan een nieuw klembord vullen, zodat er nooit per ongeluk informatie overschreven zal worden. Om vervolgens te bepalen welk plaksel hij wil gebruiken, kan de gebruiker de



Figuur 3.28: Schematisch overzicht van de modi en Observation-submodi

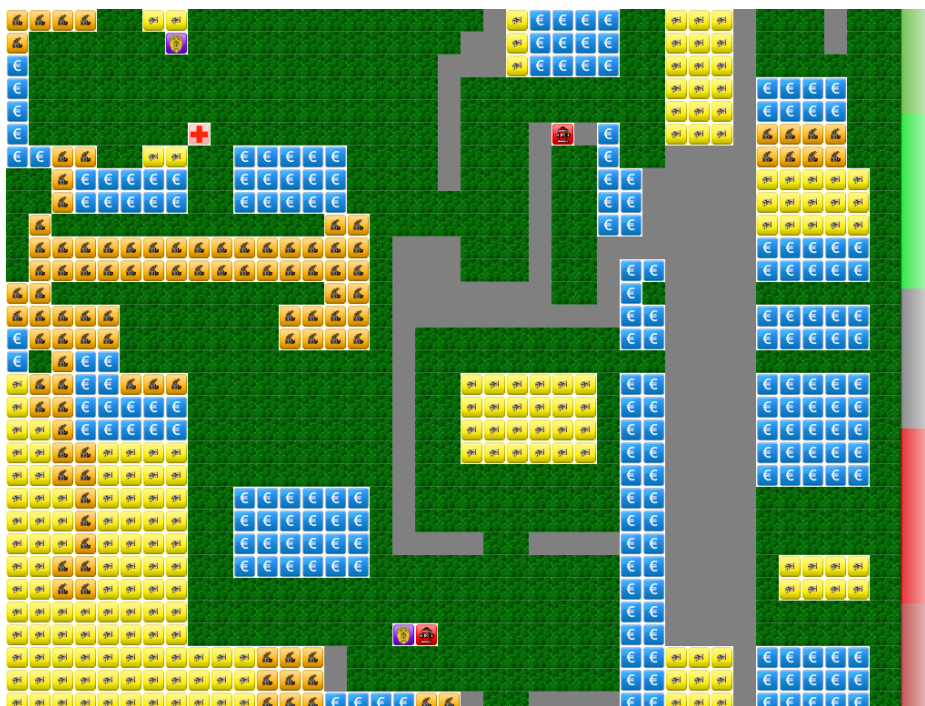


Figuur 3.29: Schematisch overzicht van de modi en Observation-submodi

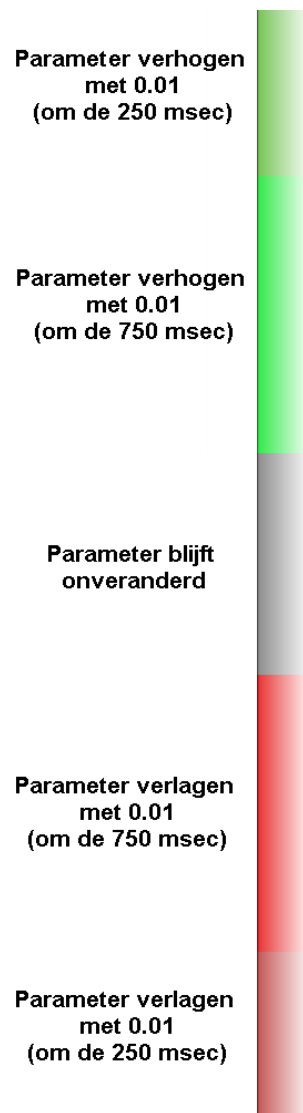


Figuur 3.30: Linkse Tangible: De parameter met zijn huidige waarde.

klembordenmodus gebruiken op het linkse apparaat. Nadat deze modus geselecteerd werd, is het mogelijk om door de lijst van klemborden te navigeren (zie figuur 3.33), door met behulp van de knoppen van het apparaat een klembord terug of een verder te gaan. De mogelijke acties die met de apparaten uitgevoerd kunnen worden zijn zichtbaar op figuur 3.35. Omdat de schermen geen kleurinformatie kunnen weergeven, worden de onthouden regio's voorgesteld door de beginletters van de verschillende stadsblokken. Eens het gewenste klembord geselecteerd is, zal de gebruiker waarschijnlijk willen overgaan naar het plakken van die regio. Dit wordt vergemakkelijkt door de Plaktool-modus (zie figuur 3.34), die ondertussen op het rechterapparaat verschenen is. Deze modus is als het ware een hulpmodus, die niet behoort tot de standaardfunctionaliteit van het rechtse apparaat. Dit is dan ook de reden waarom deze modus niet terug te vinden is bij het doorlopen van de modi op het rechterapparaat. Deze werkwijze plaatst het linkerapparaat eigenlijk in een ondersteunende rol, zodat het rechterapparaat de



Figuur 3.31: CiTUI: Parameters-indicator aan de rechterkant van het scherm.



Figuur 3.32: CiTUI: Legende van de Parameters-indicator.

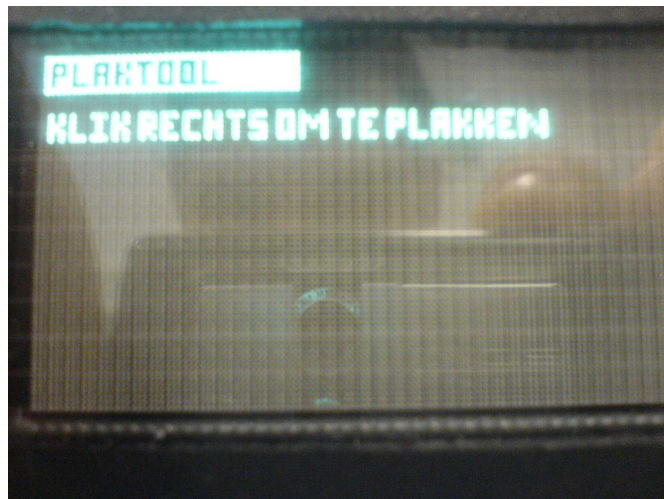


Figuur 3.33: Linkse Tangible: Weergave van een van de aanwezige klemborden.

eigenlijke taak tegoei kan uitvoeren. Dit is dus een duidelijke asymmetrische activiteit met twee handen, waar de taak niet kan worden uitgevoerd moest de gebruiker maar met een enkel object werken. Het is bovendien een duidelijke toepassing van het 'Left-Hand Precedence'-principe [26], omdat er met de niet-dominante hand een situatie wordt gecreëerd waarin de dominante hand een accurate actie kan uitvoeren.

3.6 Future work

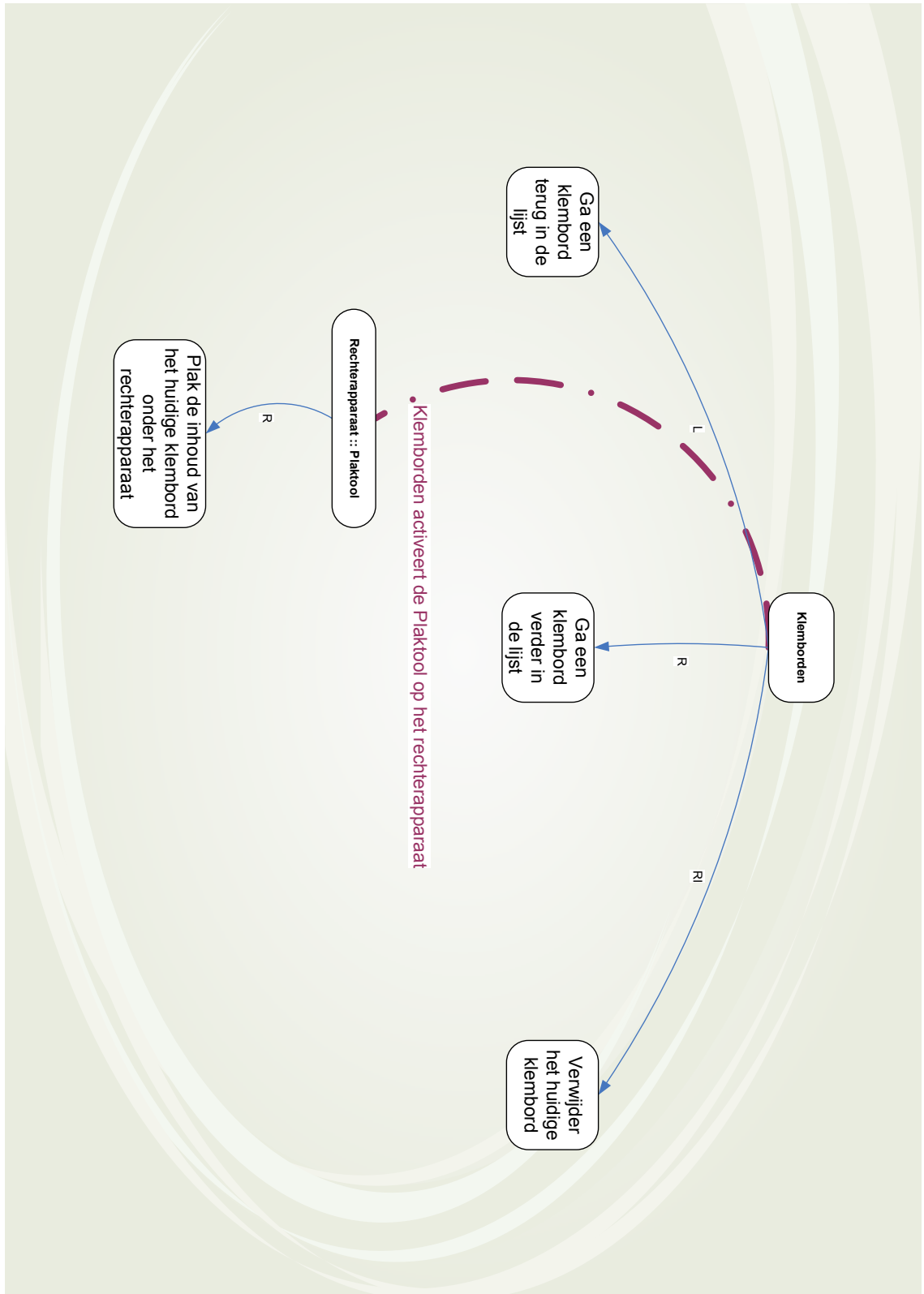
In de huidige implementatie werden de objecten grotendeels gebruikt om het programma in de juiste toestand te krijgen, en er vervolgens een specifieke actie op te kunnen uitvoeren. In toekomstig werk zou het interessant zijn om het over een andere boeg te gooien. De verschillende modi, waartussen nu moet worden genavigeerd, en de verschillende mogelijke submodi gaan dan deel uitmaken van een centraal controlepaneel op het tafelloppervlak. Dit ontlast het gebruik van de apparaten voor functionaliteiten die eigenlijk



Figuur 3.34: Rechtse Tangible: De plaktool op het rechterapparaat.

de conceptuele koppeling tussen de digitale stadsblokken en de apparaten vertroebelt.

De rol van de tangible objecten wordt dan versimpeld tot de manipulatie van gebouwen en hun eigenschappen. Het valt op te merken dat het huidige aanbod van functionaliteiten nog steeds beschikbaar zal zijn. Momenteel is het eenvoudig om de ruwe structuur van een stad op te bouwen in een sterk uitgezoomde weergave. Vervolgens kan er dan worden overgegaan naar een hogere zoomfactor om met behulp van de apparaten stadsblokken individueel te gaan manipuleren. De apparaten worden dan gekoppeld aan de digitale objecten, zoals nu ook al gebeurt in de CopyCutPaste-submodus (zie sectie 3.4.2). Vervolgens kan het object verplaatst worden naar een geschikte locatie. Dit alles wordt uitgevoerd door slechts een enkele knop te gebruiken. Andere mogelijke acties die zouden kunnen worden uitgevoerd op een individueel stadsblok zijn het aanpassen van de hoogte van de gebouwen, aanpassen van de huur, ... Het eerste apparaat wordt gebruikt om de waardes aan te passen (bijvoorbeeld zoals nu de Parameters worden



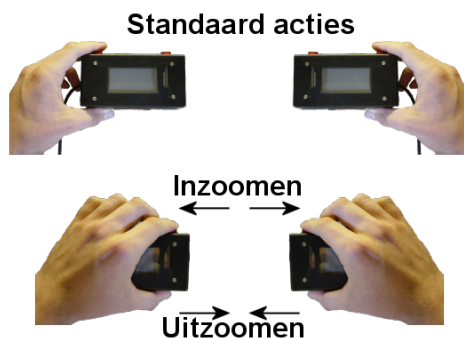
Figuur 3.35: Schematisch overzicht de klemborden-submodus

aangepast), en de eigenschappen ervan worden op het scherm weergegeven. Het tweede apparaat kan bij zo aanpassingen eventueel gebruikt worden om de statistieken van de stadsblok weer te geven vóór de aanpassingen, zodat het makkelijk te vergelijken valt of de actie een positief of een negatief effect zal hebben.

Het belangrijkste verschil is hier dus dat de menuselectie volledig met de hand zal gebeuren, en niet langer met het apparaat. Bepaalde faciliteiten zoals de navigatie op de map kunnen ook worden opgenomen in het centrale controlepaneel, of kunnen steeds beschikbaar gesteld worden. De rand van de tafel kan bijvoorbeeld een verplaatsing veroorzaken van zodra er met de hand of een apparaat wordt gedrukt.

Een andere handige aanpassing is de manier waarop het zoomen kan worden geactiveerd. In de huidige versie moet er met het linkerapparaat de Zoom-modus aangezet worden. Na het zoomen moet de modus verlaten worden, en kan de gebruiker weer verder gaan met zijn andere activiteiten. Alhoewel deze acties op zich niet moeilijk te bereiken zijn, vergt het toch steeds tijd van de gebruiker, die hij beter kan gebruiken voor andere dingen. Tot nu toe werd in de beschrijving van het toekomstige werk steeds slechts gebruik gemaakt van een enkele knop. Dit kan zo blijven, maar in de context van het zoomen lijkt de volgende manier van werken me een waardige reden om de tweede knop van elk apparaat te gebruiken:

- In de andere functionaliteiten wordt maximaal één knop per apparaat gebruikt. Gemakshalve worden dit de knoppen die zich het dichtst bij de handen van de gebruiker bevinden (dus de rechterknop op het rechterapparaat, en de linkerknop op het linkerapparaat).
- De twee resterende knoppen die zich aan de andere kant van de apparaten bevinden kunnen worden gebruikt bij het zoomen. De gebruiker neemt de objecten op een andere manier vast, zodat hij beide appa-



Figuur 3.36: CiTUI: Verschil tussen standaardacties en zoomen met de knoppen

raten knelt tussen wijsvinger en duim. Wanneer beide knoppen zijn ingedrukt kan de gebruiker de objecten van elkaar weg bewegen om in te zoomen, en naar elkaar toe om uit te zoomen. De manier waarop de handen worden gehouden en de beweging die de gebruiker uitvoert, doen er des te meer op lijken alsof de gebruiker iets opentrekt, zoals we in de echte wereld ook met bijvoorbeeld een zak chips zouden doen. Door de handen zo te houden zijn de schermpjes niet meer duidelijk, maar er komt genoeg feedback op de tafel over het zoomen.

In figuur 3.36 wordt het onderscheid tussen de mogelijkheden duidelijk gemaakt. De gebruiker zal nu veel vaker geneigd zijn in te zoomen, omdat deze functionaliteit zeer snel bereikbaar is. Er moet geen enkel menu gebruikt worden.

Een mogelijke extra uitbreiding is het voorzien van een mini-map in het controlepaneel, zodat de gebruiker bij het zoomen en rondbewegen steeds een idee heeft van zijn omgeving.

Hoofdstuk 4

Analyse

Inhoudsopgave

4.1	Beperkt aantal knoppen	87
4.2	Beperkte schermmogelijkheden	90
4.3	Beperkte trackingmogelijkheden	92
4.3.1	Beperking events per scherm	92
4.3.2	Gebrek aan identificatie	94
4.3.3	Constante detectie	95
4.4	Two-handed input	95

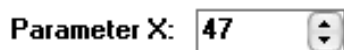
In dit hoofdstuk worden enkele beperkingen van de hardware besproken, waar steeds mee rekening moest worden gehouden bij het ontwikkelen van CiTUI. Deze analyse heeft als doel zekere tekortkomingen aan te kaarten en mogelijke oplossingen voor te stellen.

4.1 Beperkt aantal knoppen

Het aantal knoppen aanwezig op het apparaat is eigenlijk vaak onvoldoende ter ondersteuning van een gebruiksvriendelijke interactie. Er kan een vergelijking gemaakt worden met andere beperkte tangible user interfaces, zoals een draagbare telefoon. Ook daar wordt geïnterageerd met een interface

met beperkte mogelijkheden, en worden voor de navigatie in de hiërarchische menu's steeds minstens drie knoppen gebruikt, namelijk 'ga een optie verder', 'ga een optie terug', 'selecteer deze optie' en vaak ook een knop om de navigatie te annuleren. Deze manier van werken is intuïtiever voor de gebruiker omdat hij zich de menustructuur kan voorstellen als zijnde een aantal objecten die op een band geplaatst worden. Een toegepast voorbeeld hiervan is de TUISTER (zie sectie 2.4.6). Door het draaien aan de band kan dan makkelijk het object dat zich op de voorgrond bevindt veranderd worden. De metafoer van het draaien aan de band wordt dan gemapt naar het links en rechts bewegen in de menu. In TUISTER wordt de handle gebruikt in twee verschillende rotatierichtingen, wat dan weer gemapt kan worden op twee extra knoppen. Een knop zou één niveau dieper in de hiërarchie gaan, en de andere één niveau hoger.

Het is veel moeilijker om dit gevoel aan de gebruikers te geven, als ze slechts over twee knoppen beschikken, waardoor de geïmplementeerde manier van werken een periode van gewenning zal nodig hebben. Een voorbeeld dat het probleem illustreert is het willen aanpassen van een discrete parameter van een object. Stellende dat het object reeds geselecteerd werd, en er naar de juiste menu werd genavigeerd, rest er nu de taak van het daadwerkelijk veranderen van de parameter. Een gewone gebruiker verwacht hier een interface in de aard van een numerieke up/down box (zie figuur 4.1). Met de twee knoppen zou de waarde kunnen worden verlaagd en verhoogd met een zekere waarde, maar de acceptatie van die nieuwe waarde kan niet meer intuïtief worden uitgevoerd. De enige mogelijkheid is het blijven inhouden van een knop gedurende een zekere periode, maar dat kan verwarrend zijn voor de gebruiker, vermits 'OK' niet behoort tot het standaardgedrag van de verlaag- of verhoogknop. De meeste gebruikers zullen wegens hun ervaringen met dergelijke widgets in standaard desktopapplicaties verwachten dat het inhouden van een van de twee knoppen zal resulteren in het vergroten van de stapgrootte, zodat een groot verschil tussen begin- en eindwaarde sneller kan worden bereikt dan het veelvuldig klikken op een van de knoppen.



Figuur 4.1: Beperkingen: voorbeeld van mentale beeld van een numerieke up/down widget

Een onderzochte mogelijkheid in de context van de ontwikkeling van Ci-TUI, is het gebruiken van de combinatie van beide knoppen als 'OK'-knop. Dit leverde echter ook enkele nadelen op. Zo was het bijvoorbeeld uitermate moeilijk om de twee knoppen op exact dezelfde tijd in te drukken. Meestal werd de ene knop een aantal milliseconden voor de andere geactiveerd, wat in het voorbeeld van de parameteraanpassing een onverwachte verandering van waarde zou betekenen. Het instellen van een vertraging zou de kans op zo een verkeerd effect wel sterk verlagen, maar die vertraging zou dus ook bij elke parameteraanpassing optreden, wat ook weer uitermate negatief is voor de reactiesnelheid van de tangible user interface.

Een mogelijke verbetering naar toekomstige ontwikkelingen zou kunnen zijn minstens een knop toe te voegen, die kan gebruikt worden als een 'OK'-actie. Het zou bovendien handig zijn als deze knop een duidelijk ander uitzicht had dan de andere twee, ter ondersteuning van het gebruiksgemak van de gebruiker. Volgens de heuristieken van Nielsen [27] is het immers belangrijk dat een user interface steunt op herkenning, in tegenstelling tot op herinnering. Verder zeggen diezelfde heuristieken dat het aangeraden is ten aller tijden de gebruiker in staat te stellen de huidige actie te annuleren, wat zou pleiten in het voordeel van een tweede extra knop.

Er kan ook andersom geredeneerd worden. In plaats van knoppen toe te voegen, en de interface complexer te maken, kan het voordelig zijn om het aantal knoppen net te beperken. In de Future Work-sectie (3.6) wordt een systeem voorgesteld dat grotendeels gebruik maakt van slechts één knop. De enige vermelde uitzondering is de zoommetafoor, maar daar kan de vereiste

van de twee knoppen in te drukken ook vervangen worden door een extra knop in het controlepaneel.

4.2 Beperkte schermmogelijkheden

Het huidige type van display op het apparaat is slechts in staat monochrome informatie weer te geven. Dit is uiteraard vrij beperkt en is vooral geschikt om tekst weer te geven, met eventueel een primitieve visualisatie zoals een barchart. De resolutie van het scherm is bovendien nog sterk beperkt tot 126 bij 64 pixels. Complexere informatie kan dus veel moeilijker worden weergegeven wegens deze beperkingen.

Indien het scherm een uitgebreider kleurenaanbod zou hebben, waren er een aantal extra opties mogelijk. Zo kan bijvoorbeeld het concept van het klembord nog intuïtiever gemaakt worden door het gekopieerde of geknipte gebied weer te geven op het apparaat. Zo is het veel duidelijker wat de gebruiker kan verwachten wanneer hij de plakoperatie uitvoert.

Een andere extra functionaliteit die een kleurenscherm zou mogelijk maken, is de visualisatie van de context van de omgeving van het apparaat. Er kan dan bijvoorbeeld aangegeven worden waar de gebruiker zich bevindt ten opzichte van de gehele map. Deze mini-map zou vooral handig zijn wanneer de gebruiker reeds een aantal keer heeft ingezoomd op de map. Zonder deze informatie bestaat het risico dat de gebruiker verloren loopt. Hij zal dan terug moeten uitzoomen naar een herkenbaar niveau, of navigeren naar een duidelijk te onderscheiden plek op de kaart.

De grootte van de apparaten heeft als gevolg dat een deel van de kaart niet zichtbaar zal zijn. Het oorspronkelijke doel van apparaat was dat het zou dienen als een Magic Lens om zowel het deel van de kaart weer te geven dat bedekt wordt, als extra semantische informatie te leveren.

Naast het gebruiken van een kleurenscherm zou een touch-sensitive scherm ook een belangrijke verbetering zijn ten opzichte van het huidige ontwerp van de apparaten. Dit concept zou een gehele extra dimensie van input betekenen voor het systeem. Het zou ook veel intuïtiever kunnen overkomen bij de gebruikers, omdat zij kunnen inzoomen tot op het niveau van een stadsblok, en er vervolgens acties op uitvoeren. De stadsblok wordt dan als het ware belichaamd door de tangible blok die er bovenop geplaatst wordt. Er domineert dan het gevoel dat de acties plaatsvinden OP dat blok, en niet alleen MET dat blok. Dit is een uitermate belangrijk streefdoel voor Tangible User Interfaces. Een dergelijke interface zou de verschillende mogelijkheden op een zeker moment ook duidelijk kunnen weergeven, zonder verschillende menu's te moeten doorlopen, of door de menu's op het scherm zelf te houden. Zo wordt de tangible user interface des te meer een controle-apparaat.

Een type scherm dat perfect aan al deze vereisten voldoet is er een dat wordt gevonden in Personal Digital Assistants (PDA's). Deze schermen ondersteunen doorgaans relatief hoge resoluties en een groot aantal kleuren. Ze zijn bovendien ook touch-sensitive. In het kader van de ontwikkeling van CiTUI werd er geëxperimenteerd met een opstelling met een PDA. Er werd een rechtstreekse verbinding gemaakt met de centrale computer door middel van een draadloos netwerk. Deze manier van werken was zoals verwacht een grote verbetering op de huidige apparaten. Helaas was er geen mogelijkheid voorzien om de positie te kunnen detecteren op het tafelloppervlak en dit werd ook niet gerealiseerd in kader van dit onderzoek. Het zou volstaan rond het scherm een behuizing te maken, die de energie van de vingers die het vastnemen, geleidt naar de tafel. Dezelfde techniek wordt toegepast bij de huidige apparaten.

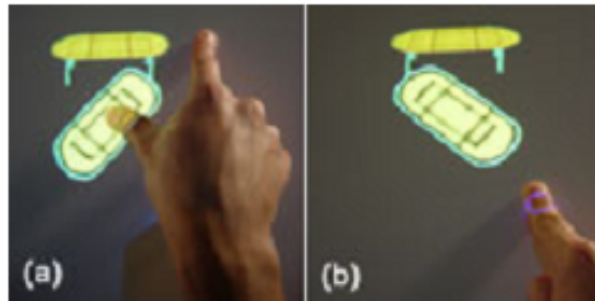
4.3 Beperkte trackingmogelijkheden

4.3.1 Beperking events per scherm

Zoals reeds besproken in een voorgaand onderzoek [8], ondersteunt de huidige configuratie slechts vier detecties in totaal, namelijk één per scherm. In de literatuur zijn er nog proefopstellingen te vinden die lijden onder deze beperking. Eén voorbeeld hiervan is het Sensetable-project (zie sectie 2.4.8). Dit systeem is opgebouwd uit twee platen, die elk één object kunnen tracken. In [18] wordt een oplossing voorgesteld waarmee het mogelijk wordt om toch meer dan twee objecten te kunnen tracken. Er wordt namelijk gebruik gemaakt van het 'duty cycling'-principe, zoals werd aangehaald in sectie 2.4.8. Het feit of de objecten worden vastgehouden is in dat algoritme vooral van belang, en in dat opzicht werden de tangible objecten van deze thesis ook ontwikkeld. Het is de bedoeling dat er alleen events voorkomen als de gebruiker het object vastheeft.

De beperking van het aantal events heeft natuurlijk enkele gevolgen:

- Beperkt vast aantal objecten: Het ondersteunde aantal objecten is gelijk aan het aantal platen in de opstelling.
- Bemoeilijken van het gebruik van gestures:
 - Het draaien van een object kan niet worden gedetecteerd. De verandering van oriëntatie vereist een tracking van minimum twee locaties. De eerste locatie is het centrum waarrond gedraaid moet worden. De tweede locatie geeft aan over welke hoek de rotatie moet gebeuren. Dit concept werd al in verscheidene projecten toegepast door met de vingers de twee locaties te specificeren (zie figuur 4.2 uit [7]). Anderzijds kan het systeem makkelijk aangepast worden tot het ondersteunen van de tangible apparaten, door ze te voorzien van twee contactoppervlakken.
 - Op een scherm waar meerdere vingers tegelijk kunnen worden getracked is het ook mogelijk om dynamisch parameters aan te



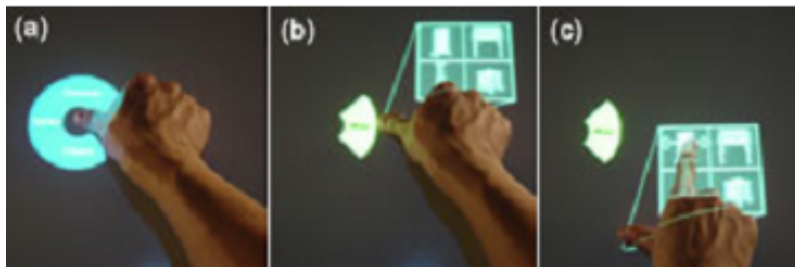
Figuur 4.2: Gestures: Rotatie (bron: [7])



Figuur 4.3: Gestures: Regio-selectie (bron: [7])

passen. Bepaalde parameters zouden dan kunnen worden aangepast door de afstand tussen twee vingers op een scherm te vergroten of te verkleinen.

- Met twee vingers of objecten is het ook mogelijk om een rechthoek te definiëren. Deze manier van werken kan worden gebruikt om een regio te selecteren op de kaart, zoals ook te zien op figuur 4.3.
- Een goede uitbreiding op het huidige programma zou zijn om de verschillende menustructuren zoveel mogelijk van het object weg te kunnen houden. Een mogelijkheid om dit te realiseren is het kunnen oproepen van een context-afhankelijk taartmenu op het scherm wanneer bijvoorbeeld de duim voor een tijdje op dezelfde plaats wordt gehouden. Het verschuiven van de duim vanuit het



Figuur 4.4: Gestures: Menustructuur: a) het menu wordt opgeroepen. b) De vinger naar een taartstuk bewegen, selecteert die modus. Er wordt een extra selectietool getoond. c) Een tweede vinger kan een selectie maken in de tool. (bron: [7])

centrum naar een specifiek taartstuk van het menu kan dan een andere submodus activeren. Als er op een dieper niveau nog extra variabelen moeten worden gespecificeerd, zoals aanpasbare parameters, zullen ze worden getoond aan de gebruiker in een extra tool. De selectie ervan kan dan gedaan worden door gebruik te maken van een andere vinger zoals de wijsvinger.

4.3.2 Gebrek aan identificatie

Het is met de huidige hardware niet mogelijk om te bepalen welk object zich nu op een bepaalde locatie bevindt. Het is alleen mogelijk vast te stellen waar de verschillende objecten gedetecteerd worden. Er kan alleen onderscheid gemaakt worden tussen de objecten door het verschil in functionaliteit die ze ondersteunen. Om toch een differentiatie te maken tussen de verschillende objecten, worden ze onderverdeeld in een dominant en een niet-dominant apparaat. Op die manier zal hetzelfde apparaat zich steeds op hetzelfde plaat van de tafel bevinden. Als de gebruiker zich niet aan deze beperking houdt en toch de twee apparaten op eenzelfde plaat wil gebruiken, zal het systeem niet reageren naar verwachting. Door de manier waarop het scherm werkt, zullen de apparaten samen slechts één signaal en dus één locatie

doorgeven aan de applicatie. Deze locatie bevindt zich ergens tussen de apparaten en is in feite het gemiddelde van de twee gegenereerde signalen.

4.3.3 Constante detectie

De tangible apparaten zijn ontwikkeld met de bedoeling om enkel een signaal te geven aan de tafel wanneer een gebruiker de metalen contacten vastheeft. In een voorgaand project [8] werd dezelfde werkwijze succesvol toegepast op houten paddles. De paddles verschillen echter van de tangible apparaten, doordat in deze laatste verschillende elektronische componenten zijn verwerkt. Hoewel alleen het geleidend doek rechtstreeks contact maakt met het tafelloppervlak, is er toch constant een storing in het elektrische veld van de tafel. Deze storing wijst er normaal op dat de gebruiker de ijzeren contacten aanraakt. De elektronische componenten zorgen hier dus voor problemen, en voor een constante detectie van de tangibles.

Het probleem hierbij is dat er bij het gebruiken van de onscreen menu's vereist wordt dat de gebruiker met de vinger op de gewenste knop duwt. Doordat de apparaten constant gedetecteerd worden, is het onmogelijk om op eenzelfde plaat een apparaat te hebben staan en ook op een menu te willen drukken. Het probleem kan worden verholpen door in zo een situatie even het apparaat van de tafel te lichten.

4.4 Two-handed input

Het werken met één enkel apparaat is gebruiksvriendelijk omdat het object van de ideale grootte is om met beide handen vast te nemen. De twee knoppen kunnen zo ook eenvoudig worden bediend zonder dat het zicht op het scherm wordt geblokkeerd; de linkerhand wordt gebruikt voor de linkerknop, en de rechterhand voor de rechterknop.

Wanneer daarentegen een tweede apparaat geïntroduceerd wordt, is het moeilijker om beide ten volle te gebruiken. Omdat de gebruiker in elke

hand een apparaat heeft, zal hij soms moeite moeten doen om de moeilijker geplaatste knoppen te kunnen gebruiken. Doordat bij deze actie de hand het scherm bedekt en door de ongemakkelijke houding van de hand, zal voor de meeste acties waar maar een van de objecten van echt belang is slechts één apparaat in de hand gehouden worden. Het andere object wordt meestal aan de kant gezet om het zicht op de map niet te verhinderen. Er zal dus waarschijnlijk relatief veel gewisseld worden van apparaat tijdens het gebruik van het programma.

Hoofdstuk 5

Conclusie

Het resultaat van deze thesis is CiTUI, een city-scaping applicatie met ondersteuning van tangible apparaten. Bij het huidige werk vertolken de tangibles een dubbele rol, namelijk die van een controleapparaat en van een manipulatieapparaat. In het toekomstig werk worden richtlijnen opgesteld om de controle terug te geven aan klassieke menu's en de objecten alleen te gebruiken voor de essentie van TUIs: het koppelen met en vervolgens manipuleren van digitale objecten.

Het is belangrijk te onthouden dat de mogelijkheden van de apparaten steeds duidelijk moeten zijn voor de gebruikers, wat niet altijd vanzelfsprekend is bij generieke objecten. Het is ook aan te raden de rollen van de objecten niet te vaak te veranderen omdat dat de gebruiker kan verwarren.

Er zijn al vele richtlijnen opgesteld met als doel het werken met tangible objecten zo natuurlijk mogelijk te doen overkomen, maar men moet nog steeds rekening houden met de beschikbare apparatuur. Wanneer de exacte bedoeling van de tangible apparaten nog onduidelijk is, wordt een generieke vorm aangeraden. Wanneer er meer informatie is omtrent de behoeften, kan het ontwerp van de tangible objecten worden aangepast aan een specifiek doeldomein, door bijvoorbeeld de vorm, het scherm of het aantal knoppen te veranderen.

Bibliografie

- [1] B. Ullmer. *Tangible Interfaces for Manipulating Aggregates of Digital Information*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- [2] Eva Hornecker and Jacob Buur. Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. In *CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pages 437–446, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [3] Brygg Ullmer and Hiroshi Ishii. Emerging frameworks for tangible user interfaces. *Human-Computer Interaction in the New Millenium*, 2001.
- [4] Chen-Je Huang. Mousehaus table, a physical interface for urban design.
- [5] Hiroshi Ishii, Craig Wisneski, Julian Orbanes, Ben Chun, and Joe Paradiso. Pingpongplus: design of an athletic-tangible interface for computer-supported cooperative play. In *CHI '99: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 394–401, New York, NY, USA, 1999. ACM Press.
- [6] Ali Mazalek, Matthew Reynolds, and Glorianna Davenport. Tviews: An extensible architecture for multiuser digital media tables. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 26(5):47–55, 2006.
- [7] Mike Wu and Ravin Balakrishnan. Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays. In *UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface*

- software and technology*, pages 193–202, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.
- [8] Sofie Notelaers and Raf Menten. Bachelor thesis: Interactief tafelen, 2006.
- [9] Hiroshi Ishii. Tangible bits: designing the seamless interface between people, bits, and atoms. In *IUI '03: Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces*, pages 3–3, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.
- [10] Chen-Je Huang. Not just intuitive: examining the basic manipulation of tangible user interfaces. In *CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 1387–1390, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.
- [11] Hayes Solos Raffle, Amanda J. Parkes, and Hiroshi Ishii. Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory. In *CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 647–654, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.
- [12] Eva Hornecker. A design theme for tangible interaction : Embodied interaction. *E-CSCW 2005*, 2005.
- [13] A Kendon. Spatial organization in social encounters: The f-formation system. *Conducting Interaction*, Cambridge University Press:209–237, 1990.
- [14] University of Washington. Mousehaus table.
- [15] A. Butz, M. Gro, and A. uger. Tuister: a tangible ui for hierarchical structures, 2003.
- [16] M. Fjeld, F. Voorhorst, M. Bichsel, K. Lauche, M. Rauterberg, and H. Krueger. Exploring brick-based navigation and composition in an augmented reality. *Lecture Notes in Computer Science*, 1707:102–116, 1999.

-
- [17] M. Rauterberg, T. Mauch, and R. Stebler. What is a promising candidate for the next generation of interface technology, 1996.
- [18] James Patten, Hiroshi Ishii, Jim Hines, and Gian Pangaro. Sensetable: a wireless object tracking platform for tangible user interfaces. In *CHI '01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 253–260, New York, NY, USA, 2001. ACM Press.
- [19] Lucia Terrenghi, Matthias Kranz, Paul Holleis, and Albrecht Schmidt. A cube to learn: a tangible user interface for the design of a learning appliance. *Personal Ubiquitous Comput.*, 10(2):153–158, 2006.
- [20] G. Michelitsch; J. Williams; M. Osen; B. Jimenez; S. Rapp. Haptic chameleon: a new concept of shape-changing user interface controls with force feedback. *CHI 2004, April 24-29, Vienna, Austria*, pages 1305–1308, 2004.
- [21] Alexandra Mazalek. *Media Tables - An extensible method for developing multi-user media interaction platforms for shared spaces*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, September 2005.
- [22] Andrew Carvey, Jim Gouldstone, Pallavi Vedurumudi, Adam Whiton, and Hiroshi Ishii. Rubber shark as user interface. In *CHI '06: CHI '06 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 634–639, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [23] Iriam Konkol, Vivian Leung, Brygg Ullmer, and Catherine Hu. Taga-boo: a collaborative childrens game based upon wearable rfid technology. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5):382–384, 2004.
- [24] Gian Pangaro, Dan Maynes-Aminzade, and Hiroshi Ishii. The actuated workbench: computer-controlled actuation in tabletop tangible interfaces. In *UIST '02: Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 181–190, New York, NY, USA, 2002. ACM Press.

-
- [25] Maureen Stone, Ken Fishkin, and Eric Bier. The Movable Filter as a User Interface Tool. In *Proceedings CHI 94*, pages 306–312. ACM, 1994.
- [26] Yves Guiard. Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model. *Journal of Motor Behavior*, 19(4):486–517, 1987.
- [27] Jakob Nielsen. Jakob nielsen’s online writings on heuristic evaluation: Usability heuristics. <http://www.useit.com/papers/heuristic/>.

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Tangible Interaction Techniques for Tabletop Interfaces

Richting: **Master in de informatica**

Jaar: **2007**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

Raf Menten

Datum: **23.05.2007**