

TOEPASSING VAN VIRTUAL REALITY BIJ 3D-GIS

Ir. E. Verbree

TU Delft - Afdeling Geodesie - Sectie GIS technologie

INLEIDING

Virtual Reality technieken worden steeds vaker toegepast bij de planvorming, planontwerp, besluitvorming en presentaties van grote infrastructurele werken. Door het creëren van een (schijn-) werkelijkheid kunnen ontwerpers, politici en burgers de toekomstige situatie op een zeer directe wijze beoordelen. VR sluit daarbij aan bij bestaande visualisatie-technieken als plan-kartografie, maquettes en fotorealistische simulaties, die met elkaar gemeen hebben dat er een redelijk vast omlijnde visie wordt gepresenteerd. Het is niet mogelijk, en ook niet de bedoeling, om vanuit deze presentaties een bepaalde bewerking of analyse uit te voeren. Een analyse, bijvoorbeeld het bepalen van de mate van overlast, zou immers een wijziging of een bewerking van het ontwerp tot gevolg kunnen hebben. En dat leidt dan weer tot een nieuwe, fysiek (papier, piepschuim, foto's) aanwezige, visualisatie. VR daarentegen kan niet alleen worden toegepast als een mooie kijkdoos, maar tevens als een echt ontwerpgereedschap waarmee ook realistische visualisaties van het ontwerp kunnen worden gemaakt. Interactie met de ruimtelijke informatie is wel noodzakelijk. VR dient dan als een, bijna per definitie, puur visuele interface op een specifiek daarvoor uitgerust 3D-GIS. In dit artikel worden de diverse aspecten die bij deze koppeling van belang zijn besproken in de context van een in het najaar van 1999 afgesloten LWI-onderzoek. De technische mogelijkheden van een koppeling van VR aan een 3D-GIS zijn daarin worden afgezet tegen de praktische toepasbaarheid van een dergelijk systeem binnen het infrastructurele planproces.

KENMERKEN VIRTUAL REALITY

Een ideaal Virtual Reality Systeem kan de gebruiker de indruk geven in een andere omgeving aanwezig te zijn. Allereerst is daarvoor noodzakelijk dat de ruimte zoveel mogelijk gevuld is met een realistische weergave van een model van het studiegebied. Bij infrastructurele werken is dat vaak een combinatie van de bestaande werkelijkheid met de toekomstige situatie. Dit beeld moet in dezelfde tijd - die met een verandering van het gezichtspunt (rondkijken, verplaatsing) is gemoeid - opnieuw uit het model opgebouwd worden (real time rendering). Deze eis schept voorwaarden voor zowel de gebruikte systemen en programmatuur als aan de modelbouw zelf.

Systemen

Het meest betaalbare systeem is het beeldscherm van de PC als 'raam' naar de virtuele werkelijkheid. De gebruiker is hierin zelf niet aanwezig, maar er kan eventueel wel een afbeelding van de ik-persoon gepresenteerd worden. Door het vrijwel gelijktijdig aanbieden van een beeld voor het linker- en rechteroog, welke door het gebruik van 'shutter glasses' apart worden opgevangen, zijn de hersenen in staat een 3D-beeld te reconstrueren.

Het beeldscherm van de PC kan worden vervangen door een projectie op een tafel (Virtual Workbench) of een projectie op een groot cilindrisch scherm (theater VR). De gebruiker van het systeem bevindt zich dan nog steeds niet echt in de geprojecteerde wereld, maar door het grote gezichtsveld is het overzicht wel veel beter. Voor een goede stereoscopische beeldvorming is een refresh-rate van twee maal dertig keer per seconde noodzakelijk. Dat is alleen mogelijk met speciaal daartoe ontworpen grafische hardware.

Dat is ook zeer zeker het geval bij de CAVE. Anders dan bij de voorgaande vormen van VR bevindt men zich hier daadwerkelijk in de virtuele wereld. Deze wordt opgeroepen in een ruimte van 3 x 3 x 3 meter, waarin op drie wanden (voor, links en rechts) en op de vloer een meervoudige projectie plaatsvindt. Ook hier wordt gebruik gemaakt van 'shutter glasses' voor het oproepen van een 3D-beeld. Net als bij de voorgaande systemen zijn meerdere toeschouwers mogelijk en blijft een deel van de reële wereld zichtbaar en hanteerbaar.

Dat is niet het geval bij de zogenaamde 'head mounted display', waarin binnen een helm twee LCD-schermpjes zijn gemonteerd. Dit systeem heeft echter wel toekomst als 'augmented reality', waarin door de schermpjes heen zicht wordt geboden naar de normaal waarneembare omgeving. Zeker als mobiel systeem kan dat de noodzaak de bestaande werkelijkheid te modelleren wegnemen. Dit wordt al toegepast in de militaire wereld als pilotenhelm met ingespiegelde navigatie-informatie, maar er zijn natuurlijk ook legio civiele toepassingen te bedenken.

Programmatuur

Er is in de VR-programmatuur een sterke scheiding tussen authoring-tools en de meer algemene viewers. De viewers zijn voor een deel als zogenaamde 'plug-ins' voor Web-browsers beschikbaar. Daarmee wordt gelijk een eis gesteld aan de bestandsomvang van VR-werelden; als deze te groot is, dan duurt het inladen te lang. De authoring-tools, waarmee een VR-wereld gebouwd wordt, zijn daartoe geoptimaliseerd door elk in de VR-wereld te identificeren object centraal te stellen. Veel objecten komen meerdere keren voor in dezelfde wereld; door goed gebruik te maken van klonen en overerving kunnen de werelden fysiek klein gehouden worden.

Naast een geometrische en visuele representatie wordt aan de objecten ook vaak gedrag gekoppeld. Dit maakt het mogelijk dat objecten kunnen bewegen en op elkaar én op de in de VR-wereld aanwezige gebruiker kunnen reageren. 'Collision detection' is slechts één van de randvoorwaarden om dit mogelijk te maken. Interactie met de objecten, op aangeven van de gebruiker, is complex. Hiervoor zullen zowel in de virtuele als in de reële wereld besturingsmechanismen aangeboden moeten worden. In de paragraaf over visuele interactie zullen hiervoor reële en virtuele voorbeelden en mogelijkheden worden aangegeven.

Het gaat hier te ver om een complete lijst te geven met VR-tools, maar VRML2, Viscap en de WorldToolKit zijn het bekijken zeker waard.

Modelbouw

De geometrie van een object is vaak een afgeleide van een complex model, afkomstig uit een CAD-pakket. De geometrie alleen is niet bepalend voor de herkenbaarheid van het object; door een goed gebruik van fotorealistische texturen kan een simpel model er als een echt huis uitzien. Het is ook mogelijk een simpele polygoon met beschrijvende attributen, afkomstig uit een GIS-database, op te werken tot een in de VR-wereld herkenbaar huisobject.

In de gewenste situatie van een gekoppeld 3D-GIS/VR-Systeem fungeert het VR-systeem als client op de GIS-database server. Generieke algoritmes voor het opbouwen van een wereld uit deze database maken een goede modelbouw mogelijk. Daarbij bestaat er een eenduidige relatie tussen de objecten in de VR-wereld en die in de GIS-database. Selecties, bewerkingen en analyses kunnen vanuit de VR-client geïnitieerd en, na uitvoering op de GIS-database, weer door dezelfde client gepresenteerd worden.

KENMERKEN 3D-GIS

Een 3D-GIS onderscheidt zich van een 'normaal' GIS door zowel de dimensie van de ruimtelijke data in het systeem als door de op de data uit te voeren bewerkingen, manipulaties en analyses. In een normaal GIS is de opslag nog veelal op 2D layers gebaseerd, met eventueel een uitbreiding naar 2½D surfaces. Ook als er voor een meer objectgerichte aanpak wordt gekozen, zullen de ruimtelijke relaties tussen de objecten in het algemeen twee-dimensionaal van aard zijn. Deze aanpak is heel goed werkbaar voor geografische objecten die vrijwel direct aan het aardoppervlak gerelateerd zijn. Eventueel kan met eenvoudige boven-onder relaties of multi-level surfaces meer specifiek gemodelleerd worden.

Dieper in de grond, of juist in de lucht, wordt layer- of surface-based modellering te gekunsteld. Daarvoor is een op voxels (3D-pixels) gebaseerde datastructuur meer geschikt. Een nadeel van deze structuur is de beeldvorming bij presentatie van de in de database opgeslagen gegevens. Nu is dat voor grondlagen of voor de atmosfeer niet echt van belang, maar voor man-made objecten - de kern van infrastructurele projecten - wel.

Hier kan gekozen worden voor een hybride aanpak. De man-made objecten worden dan twee maal opgeslagen; eenmaal als een 2D representatie in een 2D-GIS database en eenmaal als een CAD-model

in een object-bibliotheek. Ruimtelijke relaties en analyses worden uitgevoerd op de 2D-GIS database; voor presentatie in VR wordt hetzij gekozen voor het CAD-model, hetzij voor een uit de 2D representatie af te leiden 3D-model. Het geheel wordt geometrisch vastgelegd op multi 2½D surfaces van het aardoppervlak.

KOPPELING VR AAN 3D-GIS

De koppeling van een VR-systeem aan een GIS moet verder gaan dan louter en alleen het extraheren van geometrische data uit de GIS-database om deze vervolgens in een 3D-omgeving te visualiseren. Toch is dat wat tot nu toe vaak onder een dergelijke koppeling wordt verstaan; de geometrische ligging van punt-, lijn- of vlakobjecten wordt als basis genomen voor het handmatig of volgens bepaalde kennisregels opwerken tot herkenbare 3D-objecten. Visualisatie alleen is echter niet voldoende; net zo min als in 2D-GIS een kaart het doel is. In het verleden is GIS wel voor die toepassing gebruikt, maar tegenwoordig meent men dat de diverse data-visualisatie mogelijkheden die een GIS biedt - met niet alleen een kaart, maar ook tabellen en diagrammen - juist dienen als interface tussen gebruiker en systeem. Deze visuele interactie is van wezenlijk belang bij het ontwikkelen van een goed toepasbaar GIS/VR-systeem, waarin alle aspecten van een GIS zijn toe te passen.

Visuele interactie

Met de komst van Windows-georiënteerde besturingssystemen is de kloof tussen gebruiker en de mogelijkheden van 'platte' geografische informatiesystemen kleiner geworden. Het geheel van menu's buttons, tools en andere controls zorgt ervoor dat de geboden functionaliteit goed aangestuurd kan worden. Daarbij moet een onderscheid worden gemaakt tussen oriëntatie en navigatie, selectie en bevraging en tot slot manipulatie en analyse. Als de gebruiker zich in een echte 3D-omgeving bevindt, dan moet ook deze functionaliteit zoveel mogelijk in dezelfde 3D-omgeving worden aangeboden. Dat kan door gebruik te maken van de visualisatie van de virtuele wereld zelf, het aanbieden van virtuele controls en deze eventueel te laten ondersteunen door reële controls.

Oriëntatie en navigatie

Een gebruiker van een GIS/VR-systeem wil graag weten waar hij zich bevindt en waar hij naar toe kan. Dit is te bereiken door een goede herkenbaarheid en interpretatie van de virtuele wereld, maar virtuele controls als bijvoorbeeld een meelopend kompas, routeborden en plattegronden zijn ook bruikbaar. Daarnaast is een echte virtuele gids (dus iets of iemand die voortdurend in de buurt is om een route uit te stippelen) of mobiele informatiezuil denkbaar. Reële controls zijn hier onmisbaar, zonder een 3D-muis of joystick is verplaatsing ondenkbaar, behalve als het gehele virtuele systeem even mobiel is als de gebruiker, iets wat met een 'augmented reality' systeem mogelijk zal worden gemaakt. Aan de TU Delft wordt in het kader van het Ubicom project onderzoek verricht en een systeem gebouwd waarin deze toepassing met real-time tracking en rendering zal worden uitgetest.

Selectie en bevraging

Bij bevraging van geometrische en thematische gegevens en relaties binnen een door de gebruiker aangegeven studiegebied moet worden bedacht dat een virtuele wereld in feite een visuele representatie is van het digitale landschapsmodel (DLM), zoals dat in het GIS is opgeslagen. Doordat de gebruiker zich in deze representatie bevindt, is hij zich er waarschijnlijk niet van bewust dat een selectie of bevraging niet op dat wat hij ziet - het digitale kartografische model (DKM) - betrekking heeft, maar op het achterliggende landschapsmodel. Input in het DKM start een proces in het DLM, welke weer een output geeft in het DKM. Deze uitvoer is vaak wel veel schematischer en thematischer van aard dan de input. Voor het uitvoeren van een selectie of bevraging heeft de gebruiker de beschikking over een zelfde soort virtuele en reële controls als bij oriëntatie en navigatie, aangevuld met het gebruik van een gewone PC. Het is immers ondoenlijk, en ook niet gewenst, alle mogelijkheden die een gecombineerd gebruik van toetsenbord, muis en beeldscherm biedt te kopiëren of te vervangen door een equivalent in de virtuele wereld. Het gebruik van VR-systemen waarin de gebruiker geheel wordt afgesloten van de buitenwereld zoals bij een head-mounted-display is dan ook af te raden.

Manipulatie en analyse

Echte GIS-bewerkingen als manipulatie van de in de wereld aanwezige objecten en het doen van analyses of het uitvoeren van modellen in deze wereld zijn nog complexer van aard als selectie en bevraging. Daarbij moet bedacht worden dat bijvoorbeeld geluidsoverlast, beperkt doorzicht of andere verstoringen in 2D-GIS bijna noodgedwongen in getalswaarden worden uitgedrukt, terwijl een indruk of een beleving veel meer zegt. Een VR-systeem kan juist deze kwalitatieve analyse ondersteunen; vijftien minuten rondlopen in, en gericht bevragen van, een schijnwereld kan veel bijdragen aan een besluitvormingsproces. Van een eindgebruiker mag niet verwacht worden dat deze direct in deze wereld een veelal rekenintensief en van veel parameters voorzien proces aanstuurt en regelt. Een bepaalde subset van deze analyse moet echter wel in de vorm van een aantal scenario's of varianten vanuit het GIS/VR-systeem door een aantal betekenisvolle controls aan de gebruiker worden aangeboden.

VIEWS OP INFRASTRUCTUREEL PLANPROCES

Een gekoppeld GIS/VR-systeem is pas toepasbaar als beslissingsondersteunend systeem binnen een bepaalde organisatie als het gehele proces van data-exploratie, bewerkingen en manipulaties op basis van de data (analyse) en presentatie kan worden doorlopen. Daarbij geeft de zogenaamde map-use-cube van McEachren het verband tussen interactie, datarelatie en kaartgebruik. Juist om binnen één organisatie op meerdere denk-, werk- en handelingsniveaus van een gecombineerd GIS/VR-systeem te kunnen profiteren, moet er goed onderscheid worden gemaakt tussen de diverse fasen in het planontwikkelingsproces. Hiervoor is een concept van gekoppelde 'views' ontwikkeld. In iedere view wordt een specifieke vorm van functionaliteit aangeboden, waarvan de resultaten worden doorgegeven aan de andere views. De views sluiten nauw aan bij het infrastructurele proces, welke van globale kaart (planview), via ontwerp (modelview) naar voorlichting (worldview) verloopt. In de planview is de informatie gewoon 2D over een redelijk groot gebied. In de modelview wordt de hoogte-component al belangrijker door op een geschematiseerd oppervlak van het maaiveld de afzonderlijke componenten van het ontwerp te plaatsen en in schaal en oriëntatie vast te leggen. De worldview is volledig 3D en vooral bedoeld als finale presentatie voor de besluitvorming. In elk van deze views is de GIS-functionaliteit en daarmee de visuele interactie afgestemd op het doel; het op een goede en inzichtelijke wijze gelijktijdig ontwerpen en presenteren van een groot infrastructureel project.

CONCLUSIES

Een Virtual Reality Systeem - ingezet als front-end van een GIS - heeft een extra waarde als een gebruiker dit gekoppelde systeem ook daadwerkelijk als een 3D-GIS kan gebruiken. Het is daarvoor noodzakelijk dat binnen elk van de ontwerpstappen, welke bij een groot infrastructureel project worden doorlopen, de gebruiker op een juiste wijze wordt ondersteund. Een goede uitwerking van het begrip visuele interactie is daarbij noodzakelijk. Het moet worden voorkomen dat VR alleen wordt ingezet als (dure) presentatie-techniek, waarbij het GIS alleen wordt gebruikt als databron. Het LWI-project 3D-GIS/VR heeft dan ook in de naamgeving het begrip 3D-GIS voorop gezet, waarbij VR als middel wordt gebruik en niet als doel.

Projectverantwoording

Het onderzoek van het LWI-project 3D-GIS/VR is uitgevoerd door de Afdelingen Geodesie en Technische Informatica van de TU Delft in samenwerking met het ITC. Daarbij zijn zij ondersteund door de ontwikkelaars Sara, TNO-FEL en CrossWorlds. Als eindgebruikers traden op Holland Railconsult en de Bouwdienst en Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat.

Het onderzoek en de systeemontwikkeling heeft geresulteerd in het 3D-GIS&VR systeem Karma-vI. Dit multi-platform systeem (zowel NT als UNIX) kan gebruik maken van vrijwel de complete VR-range (van gewone PC-beeldschermen, de Virtual Workbench en de CAVE), zowel in mono als stereo-projectie. Als GIS-database is gekozen voor Oracle met de Spatial Database Engine van ESRI.

Verdere informatie is in te winnen via de web-site van het LWI: www.lwi.nl, de web-site van de sectie GIS-technologie: www.geo.tudelft.nl/gist of direct bij e.verbree@geo.tudelft.nl.

Literatuur

- Verbree, E., van Maren, G., Gerns, R., Jansen, F., and Kraak, M-J., 1999, Interaction in virtual world views - linking 3D GIS with VR, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 13, no. 4, 385-396.
- MacEachren, A.M., Kraak, M-J., Verbree, E., 1999, Cartographic issues in the design and application of geospatial virtual environments, *Proceedings 19th International Cartographic Conference*, Ottawa, Canada, pp. 657-665.

