

Einsatz von Mixed Reality in der mobilen Leitungsauskunft

Gerhard SCHALL, Dieter SCHMALSTIEG und Franz LEBERL

Kurzfassung

Die Leitungsauskunft stellt einen wesentlichen Geschäftsprozess von Energieversorgungsunternehmen dar, welche für diese Aufgabe verstärkt mobiles GIS einsetzen. Der Anwender muss aber weiterhin die Plandaten interpretieren und sich in der realen Umgebung orientieren. Hierbei kann Mixed Reality einen wesentlichen Beitrag leisten und bietet das Potential die Plandaten in 3-dimendionaler Form mit der realen Umgebung zu verschmelzen. In diesem Zusammenhang befasst sich das Projekt VIDENTE mit dem Forschungsziel eines außendiensttauglichen Prototyps zur mobilen Leitungsauskunft. Wir verwenden Mixed Reality als ein für diesen Zweck neuartiges User Interface, um eine lagegenaue Überblendung der Sicht auf die reale Umgebung mit graphischen 3D Leitungsmodellen zu realisieren. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die derzeitigen Möglichkeiten der mobilen Leitungsauskunft mit Mixed Reality Technologien.

1 Motivation

Geographische Informationen spielen in unserer heutigen Gesellschaft eine große Rolle. Durch die Verbreitung von mobilen Endgeräten, die großteils bereits mit Sensoren, wie beispielsweise GPS Empfängern ausgestattet sind, finden ortsbezogene Anwendungen weite Verbreitung. Dies wird vor allem bei interaktiven Stadtkarten oder Anwendungen zur Autonavigation deutlich. Eine umso größere Rolle spielen geographische Daten bei Energieversorgungsunternehmen (EVU), die großflächige Leitungsnetze betreiben. Für die Leitungsauskunft werden zunehmend mobile Geographische Informationssysteme (GIS) im Außendienst eingesetzt. In jüngster Vergangenheit setzten Global Player auf dem Markt von GIS-Lösungen durch Firmenakquisitionen deutliche Schritte in Richtung mobiler geographischer Informationssysteme. Ein weiterer Trend von 2D-GIS in Richtung 3D-GIS lässt sich unter anderem mit einer wirklichkeitsnaheren Darstellung der Leitungsobjekte erklären.

Diesen Entwicklungen entsprechend, kooperieren die TU Graz mit dem österreichischen Wirtschaftsunternehmen GRINTEC GmbH, das über langjährige Erfahrung und hohe Kompetenz im Bereich mobiler Softwarelösungen verfügt, im Rahmen des Forschungsprojekts VIDENTE. Das Ziel des Forschungsprojekts VIDENTE ist, durch Einsatz von Mixed Reality Technologie (verbreitet auch als Augmented Reality (AR) oder Erweiterte Realität bezeichnet), einen innovativen Prototyp für die lagerichtige graphische 3D-Echtzeitvisualisierung des unterirdischen Leitungsnetzes zu realisieren. In den Arbeiten von Roberts et al. wurden erste Versuche zur Visualisierung von unterirdischen Leitungen mittels Mixed Reality gezeigt [Roberts02]. Unser Ansatz bietet erheblichen Mehrwert gegenüber derzeit eingesetzten Methoden der Leitungsauskunft basierend auf Papierplänen oder digitalen Plänen auf Notebooks.

2 VIDENTE - Mixed Reality mit unterirdischen Leitungsmodellen

Wir verwenden Mixed Reality als innovatives User Interface, um eine lagegenaue Überblendung der Sicht auf die reale Umgebung mit graphischen 3D Modellen zu realisieren. Dafür notwendige neue Datenstrukturen und geeignete Visualisierungstechniken werden im Projekt erprobt und weiterentwickelt. Zur Bereitstellung der 3D Modelle realisieren wir eine automatische Ableitung dieser gewissermaßen „unterirdischen 3D Stadtmodelle“ aus bestehenden Produktiv-Geodatenbanken von EVU. Ein weiterer Bereich des Projekts deckt die Konzeption und Bereitstellung einer ergonomischen mobilen Plattform mit geeigneten Sensoren ab. Dies beinhaltet sowohl Machbarkeitsuntersuchungen als auch die Realisierung großräumigen Trackings im Zusammenspiel mit mobilen AR-Applikationen für den Außendienstesinsatz.

VIDENTE bietet den Benutzern eine intuitive Visualisierung der lokalen unterirdischen Leitungsinfrastruktur in der unmittelbaren Umgebung (siehe Abbildung 1, im Anhang in Farbabbildung). Im Gegensatz zu traditionellen Methoden zur Lokalisierung von unterirdischer Leitungsinfrastruktur mit Plänen, bietet VIDENTE eine überlagerte Sicht von 3D Leitungsdaten, wodurch für den Benutzer die mentale Transformation von Planansicht auf die Umgebung entfällt. Der Benutzer sieht auf dem Bildschirm des mobilen GIS somit die unterirdischen Leitungen als überlagerte Computergrafik-Modelle auf der Straßenoberfläche eingeblendet.

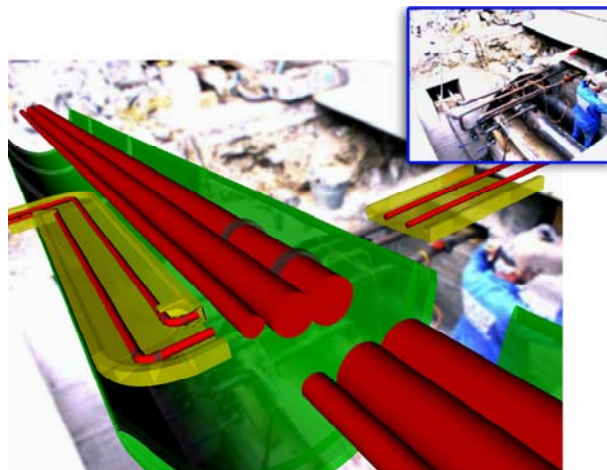


Abb. 1: 3D Modell eines unterirdischen Fernwärme-Leitungsnetzwerks, welches der realen Baustelle lagerichtig überblendet ist.

VIDENTE erlaubt sowohl die Visualisierung von unterirdischer Infrastruktur, wie Leitungen, Kabel und Verbindungsstücken als auch von abstrakten Informationen, wie Grundstücksgrenzen und Sicherheitszonen. Durch diesen so genannten „Röntgenblick“ können

sehr schnell komplexe Leitungsstrukturen räumlich wahrgenommen werden. Das System erlaubt dem Benutzer auch die Darstellung der 3D Leitungsmodelle zur Laufzeit zu verändern. Dies kann durch Filterung des 3D Modells nach Attributwerten, wie beispielsweise Leitungstyp, Einbaujahr oder Material erzielt werden. Des Weiteren können im Büro projektierte und geplante Objekte Vor-Ort in realer Umgebung visualisiert werden, und damit leichter Konflikte mit bestehender Infrastruktur aufgefunden werden. Wenn die Blickrichtung und Position eines Benutzers bekannt ist (durch Tracking-Sensoren) können digitale Informationen bzw. Computergrafiken lagerichtig der realen Welt überlagert eingeblendet werden.

Unter Verwendung von Mixed Reality und Wide Area Tracking Technologien erhält der Anwender an einem mobilen Computer eine intuitive Darstellung der örtlichen, unterirdischen Leitungsinfrastruktur. Die Darstellung erfolgt in Form von 3D-Computergraphik, die kontinuierlich einem Videobild der aktuellen Umgebung überlagert wird. Die Darstellung wird in Echtzeit entsprechend des Standorts und der Ausrichtung des Anwenders angepaßt. Verdeckte unterirdische Einbauten inkl. dazugehöriger Sachdaten, geplante Objekte und abstrakte Information mit Raumbezug (z. B. Katastergrenzen), können dargestellt werden.

Für ein funktionierendes Gesamtsystem ist Forschungsaufwand in allen 4 Themengebieten – Hardwareplattform, Wide Area Tracking, Generierung von 3D Leitungsmodellen und Visualisierung und 3D Interaktion – essentiell.

2.1 Hardware Plattform

Höllerer und Feiner prägten den Begriff *Mobile Augmented Reality* (MARS) [Hoellerer99], welcher mobile AR-Lösungen beschreibt und stetig weiterentwickelt wurde. In den letzten Jahren zeigte sich ein Trend ausgehend von klobigen „Backpack“-AR Systemen zu kleineren handheld AR-Systemen (siehe Abbildung 2) [Schmalstieg08]. Dabei sind Eigenschaften entscheidend, wie Größe, Handlichkeit, Robustheit, Speicherkapazität, Rechenleistung und Batterielebensdauer.

Es musste ein außendiensttaugliches Setup designed und gefertigt werden, welches sowohl ergonomischen als auch leistungsspezifischen Aspekten der Hardware gerecht wird (siehe



Abb. 2: Evolution von Augmented Reality Systemen: „Backpack“-AR System, Ultra-Mobile PC, PDA, Smart Phone (vlnr).

Abbildung 3) [Veas08]. Als Rechnerplattform verwenden wir einen so genannten Ultra-Mobile PC (UMPC) (Sony Vaio UX1), der in ein Hartschalen-Gehäuse integriert ist. Das Gehäuse beinhaltet Sensoren für die Positions- und Orientierungsbestimmung (einen Novatel OEM1 RTK Empfänger und einen Intersense InertiaCube3 Orientierungssensor) des mobilen Benutzers, sowie eine hochauflösende Kamera (UEye 2210), die den Echtzeit-Videohintergrund liefert. In den Griffen sind Joysticks und Knöpfe eingebaut, um eine Interaktion des Anwenders mit der Applikation bzw. den Geodaten zu ermöglichen.

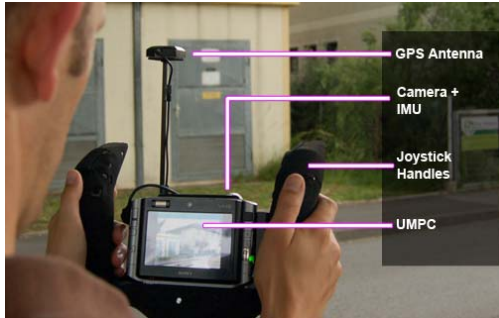


Abb. 3: Tragbare außendiensttaugliche AR-Plattform, das der Benutzer für die Visualisierung Vor-Ort benutzt.

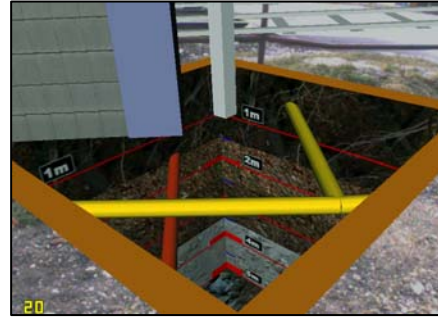


Abb. 4: Bildschirmansicht des mobilen Systems gibt einen intuitiven räumlichen Überblick der Leitungsinfrastruktur (Daten von ÖBB-Infrastruktur Bau AG).

2.2 Tracking

Um die georeferenzierten 3D Leitungsmodelle mit der realen Umgebung lagerichtig in Echtzeit überlagern zu können, spielt das Tracking des mobilen Benutzers eine zentrale Rolle. Zur Positionsbestimmung im Submeter-Bereich verwenden wir differentielles GPS. Des Weiteren arbeiten wir derzeit an einem speziellen Real-time Kinematics (RTK) GPS Modul für tragbare AR-Plattformen, um die Position im Zentimeter-Bereich bestimmen zu können. Die Kombination dieses miniaturisierten RTK GPS Moduls mit Orientierungssensoren erlaubt präzises Tracking in Außenbereich. In diesem Zusammenhang forschen wir an einem Sensor Fusion Modell, das neben den genannten Methoden auch Computer Vision Methoden, wie zum Beispiel inkrementelles optisches Tracking mit einbinden wird. Durch dieses innovative Sensor Fusion Modell erwarten wir uns vor allem in dicht bebauten Gebieten, eine höhere Trackinggenauigkeit.

2.3 Generierung von 3D Leitungsmodellen

Alle relevanten Geodaten werden durch eine automatische Mehrphasen-Pipeline in 3D Leitungsmodelle übersetzt (siehe Abbildung 5, im Anhang in Farbabbildung) [Schall08b]. Dabei werden die Geodaten, welche in Produktiv-Datenbanken, z. B. GE Smallworld, von Leitungsbetreibern gespeichert sind, in ein XML-basiertes Format konvertiert und weiters in eine Computergraphik-Struktur, welche als 3D Modell visualisiert werden kann.

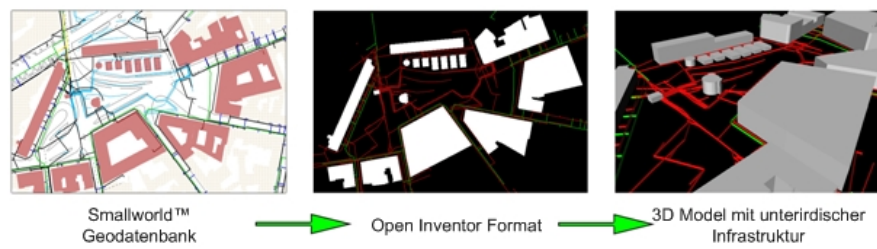


Abb. 5: Pipeline zur Generierung von unterirdischen 3D Leitungsmodellen aus Produktiv-Geodatenbanken von Leitungsbetreibern.

Durch diese automatische Pipeline entsteht eine Mehrfachnutzung der bestehenden up-to-date Daten für die Erzeugung von 3D Leitungsmodellen.

2.4 Visualisierung und 3D Interaktion

Auf der AR-Plattform wird die VIDENTE Applikation ausgeführt, welche für die Darstellung und Interaktion mit den Geodaten zuständig ist. Die Basis für diese Applikation bildet *Studierstube*¹, eines der weltweit leistungsfähigsten Mixed Reality Frameworks, welches an der TU Graz entwickelt wird.

Zur Visualisierung und 3D Interaktion mit Geodaten wurden eine Reihe von Tools implementiert [Schall08a] [Schall08c]. Eine grundsätzliche Schwierigkeit besteht bei der Visualisierung des Tiefeneindrucks, denn Geodaten (3D Leitungsmodelle), die sich unter der Oberfläche befinden, werden dem Videobild überblendet. Dadurch bedarf es geeigneter Techniken, um den visuellen Eindruck zu erhalten, dass sich die Leitungen unter der Ober-

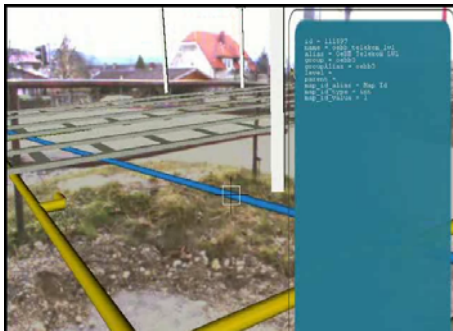


Abb. 6: Abfrage von Meta Daten bzw. Attributdaten von Leitungsobjekten.



Abb. 7: Snapshot tool zu Dokumentationszwecken.

¹ www.studierstube.org



Abb. 8: Screenshot eines Leitungsabschnittes in Nahdarstellung. (Daten von Würzburger Versorgungs- u. Verkehrsbetrieben).

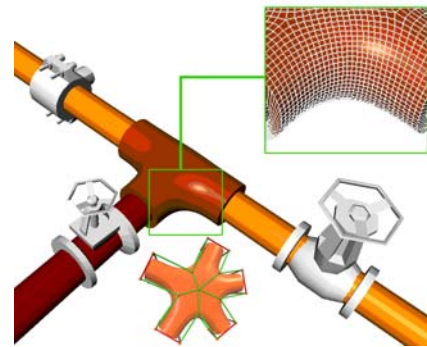


Abb. 9: Kombination von prozeduraler Modellierung und Verwendung von vorgefertigten Modellen.

fläche befinden. Abbildung 4 zeigt eine Möglichkeit, einen verbesserten Tiefeneindruck zu erlangen, indem eine interaktiv verschiebbare virtuelle Baugrube eingeblendet wird. Dies erlaubt einen schnellen räumlichen Überblick über komplexe Leitungsinfrastruktur. Weiters zeigt Abbildung 6 ein Tool zur Abfrage von Attributen zu Geodaten. Hilfreich für Dokumentation und Zusammenarbeit erwies sich bei Evaluierungen mit Außendienstmitarbeitern ein Snapshot-Tool (siehe Abbildung 7). Abbildung 8 zeigt eine Nahdarstellung eines Leitungsabschnittes, wie sie ein Benutzer auf dem Bildschirm sieht.

Abbildung 9 illustriert die Verwendung von prozeduralen Modellierungstechniken von Leitungsabschnitten mit der Kombination von vormodellierten Elementen, wie beispielsweise Absperrschiebern. Dies ermöglicht auch die Modellierung und Darstellung sehr komplexer Leitungssituation in realistischer Weise [Mendez08].

3 Einsatzfelder und Potential

Bereits heute erweitert mobiles GIS bestehende Büroanwendungen von EVU. Dabei existiert eine Vielzahl von Applikationen und verschiedenen Aufgaben für mobile Lösungen.

Die Entwicklung des VIDENTE Prototypen erfolgte in enger Zusammenarbeit mit potentiellen Endanwendern. Während der Durchführung von mehreren Workshops mit Personal von EVU zeigte sich das Potential der Mixed Reality Technologie in Bereichen, wie Wartung, Fehlerbehebung, Dokumentation und Netzwerkplanung.

In diesem Sinn soll VIDENTE nicht vollständig existierende mobile Betriebsmittel-Management-Lösungen ersetzen, sondern diese vielmehr durch einen zusätzlichen Modus der Darstellung und Interaktion erweitern. Unter anderem wurden folgende Anwendungsfälle für VIDENTE betrachtet:

- Inspektion von Leitungsabschnitten

- Planung und Vorbereitung von Grabungsarbeiten Vor-Ort (z. B.: zur Unterstützung von Spray-Markierungen)
- Visuelle Führung während Grabungsarbeiten (z. B.: AR System ist in einem Bagger montiert um dem Fahrer nützliche Informationen über die Leitungsinfrastruktur in Echtzeit einzublenden)
- Lokalisierung von beschädigten unterirdisch verlegten Kabeln und Leitungen
- Unterstützung bei Wartungsarbeiten

Mit VIDENTE können nicht nur bestehende unterirdische Leitungsmodelle visualisiert werden. Das System eignet sich ebenso hervorragend für interaktive Aufgaben des Benutzers, wie

- Vor-Ort Verifikation von im Büro geplanten Infrastrukturobjekten
- Korrektur der Lage von geplanten Objekten (siehe Abbildung 10)
- Vor-Ort Korrektur von Altdaten
- Korrektur der Geometrie oder Attribute durch intuitive Interaktion
- Redlining (z. B.: Bereiche markieren, Kommentare und Vermerke zu Objekten speichern)
- Datenaufnahme (z. B.: georeferenzierte Aufnahme von neuen Objekten)
- Bestandsvermessung

EVU äußerten in diesem Zusammenhang auch den Wunsch nach dem Abgleichen der interaktiv veränderten Daten mit der Geodatenbank in einem weiteren Schritt.



Abb. 10: Geplante Lärmschutzwand entlang einer Eisenbahntrasse. Die geplante Lärmschutzwand ist Gegenstand der Vor-Ort Besichtigung mit den VIDENTE System, um Überschneidungen mit bestehender Leitungsinfrastruktur festzustellen (Daten von ÖBB-Infrastruktur Bau AG).

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde ein Prototyp eines Mixed Reality Systems zur mobilen Leistungsauskunft präsentiert, welcher das Potential hat, in verschiedenen Arbeitsprozessen von EVU eine Workflow-Optimierung zu erzielen. Neben der Visualisierung von bestehenden Leitungsdaten sind als wichtigste Einsatzgebiete auch die Korrektur von geplanten Infrastrukturobjekten als auch die Bestandsvermessung zu nennen. Ein System, wie es in VIDENTE in einem Prototyp-Stadium entwickelt wurde, würde es erlauben "key-hole surgery" (gewissermaßen minimalinvasive Schlüsselloch-Chirurgie) am unterirdischen Leitungsnetz von Ver- und Entsorgungsunternehmen durchzuführen. Dies bedeutet, dass weniger Versuchsbohrungen und Grabungen notwendig wären, als auch raschere Arbeitsabläufe, weniger Verkehrsbehinderungen infolge von Grabungen und somit geringerer Schaden für die Umwelt.

Acknowledgements VIDENTE wird von der Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) unter der Nummer BRIDGE 811000 und ASAP ARTIST 815531 und dem Österreichischen Wissenschaft Fond (FWF) unter der Nummer Y193 und W1209-N15 gefördert. Weiters danken wir *GRINTEC GmbH, Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation, Würzburger Versorgungs- und Verkehrs GmbH* und *ÖBB-Infrastruktur Bau AG* für das Bereitstellen der Geodaten und das Testen des entwickelten Systems.

Literatur

- [Hoellerer99] Höllerer, T., Feiner, S., Terauchi, T., Rashid, G., and Hallaway, D. 1999, *Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System*, Computers and Graphics, 23(6), Elsevier Publishers, Dec. 1999, pp. 779-785.
- [Mendez08] Mendez E., Schall G., Havemann S., Junghanns S., Schmalstieg D., "Generating 3D Models of Subsurface Infrastructure through Transcoding of Geo-Databases" In IEEE Computer Graphics and Applications (CG&A), Special Issue on Procedural Methods for Urban Modeling, no. 3, May/June 2008
- [Roberts02] Roberts, G. W., Evans, A. J., Dodson, A. H., Denby, B., Cooper, S. J. & Hollands, R. J. 2002, *The use of augmented reality, GPS and INS for subsurface data visualization*, Proc. XXII International Congress of the FIT, Washington DC, USA.
- [Schall08a] Schall G., Mendez E., Kruijff E., Veas E., Junghanns S., Reitinger B., Schmalstieg D., "Handheld Augmented Reality for Underground Infrastructure Visualization" In Personal and Ubiquitous Computing, Special Issue on Mobile Spatial Interaction, Springer, 2008
- [Schall08b] Schall, G., Junghanns, S. & Schmalstieg, D., *The Transcoding Pipeline: Automatic Generation of 3D Models from Geospatial Data Sources*, GIScience 2008, 1st International Workshop on Trends in Pervasive and Ubiquitous Geotechnology and Geoinformation (TIPUGG 2008), 23 September 2008, Park City, Utah.

-
- [Schall08c] Schall, G., Mendez, E. & Schmalstieg, D., *Virtual Redlining for Civil Engineering*, Proc. 7th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'08).
- [Schmalstieg08] Schmalstieg, D. & Wagner, D., *Mobile Phones as a Platform for Augmented Reality*, Proc. IEEE VR 2008 Workshop on Software Engineering and Architectures for Realtime Interactive Systems (Reno, NV, USA), pp. 43-44.
- [Veas08] Veas E., Ernst Kruijff: Vesp'R: design and evaluation of a handheld AR device. *IEEE/ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008*, Cambridge.