

Monitoring und Simulation raum-zeitlicher Prozesse in Geodateninfrastrukturen

Lars Bernard, Ingo Simonis, Andreas Wytzisk

Institut für Geoinformatik
Universität Münster
Robert-Koch-Str.26-28
48149 Münster
{bernard, simonis, wytzisk}@ifgi.uni-muenster.de

Abstract: Derzeit im Aufbau befindliche Geodateninfrastrukturen sollen den Zugang zu geographischen Informationen unter Einsatz von Web Services erleichtern bzw. generell ermöglichen. Dieser Artikel diskutiert Ansätze zur Einbindung von Komponenten für Monitoring und Simulation raum-zeitlicher Prozesse, die beispielsweise der Unterstützung von Anwendungen im Katastrophenmanagement, der Logistik oder der Umweltbeobachtung dienen.

1 Einleitung

Aufbau und Nutzung von Geodateninfrastrukturen (GDI) sind zentrale Forschungs- und Entwicklungsthemen zahlreicher Projekte der angewandten Geoinformatik [GM00]. Zielsetzung ist hierbei einerseits die Steigerung der Effizienz bei der Nutzung von Geoinformationen durch die Bereitstellung interoperabler Geoinformationsdienste (GI-Dienste), die in einer GDI kooperativ genutzt werden können. Andererseits sollen die entstehenden GDI durch die Bereitstellung leicht erreichbarer und einfach zu nutzender Web-basierter GI-Dienste die Nutzung von Geoinformationen unkomplizierter gestalten, auf diese Weise den Anwenderkreis vergrößern und damit insgesamt den Markt für Geoinformationen stimulieren [Be02].

Geoinformationen verfügen per se über räumliche, zeitliche und thematische Eigenschaften. Zukünftige Nutzungsszenarien einer GDI implizieren daher nicht nur den Zugriff auf einzig räumlich variante Informationen, sondern erfordern ebenso den Zugriff auf raumzeitvariante Informationen über reale oder virtuelle Prozesse. Beispielhaft seien die Nutzungen einer GDI für Katastrophenmanagement, Telematik und Logistik, Datenakquisition (z.B. Umweltmonitoring, Personen- oder Fahrzeugtracking) sowie die geowissenschaftliche Forschung genannt. Allen Anwendungsgebieten gemein ist, dass bestehende GDI um Integrationsmöglichkeiten für Monitoring- und Simulationsdienste erweitert werden müssen.

2 Anforderungen und Entwicklungsstatus

Einer kurzen Zusammenstellung der Anforderungen eine Architektur für GI-Dienste und

Simulationsdienste, folgt ein Überblick über die aktuellen Initiativen zur Standardisierung interoperabler GI-Dienste und Simulationsdienste. Die Synthese skizziert auf dieser Basis eine geschichtete Architektur, die *Geoinformationswelt* und *Simulationswelt* nebeneinander stellt, unterschiedliche Abstraktionsniveaus veranschaulicht und Integrationsansätze zeigt.

2.1 Anforderungen

Geoinformationssysteme (GIS) dienen in ihrer klassischen Form zur Erfassung, Aufbereitung, Analyse und Präsentation geographischer Informationen [BM98]. Die Nutzung von GIS in Verbindung mit prognostischen Simulationsmodellen (Klimamodellen, Verkehrsmodellen, etc.) oder erfassten Messreihen (Zeitreihen klimatologischer Parameter, Verkehrsdaten, etc.) erfolgt daher im Sinne eines Prä- und Postprozessierens zur Extraktion der gewünschten Geoinformation für die wissenschaftliche Analyse oder zur Unterstützung von raumbezogenen Planungs- bzw. Entscheidungsprozessen. Existierende Ansätze zur Kopplung von GIS und Simulationsmodellen zielen auf die Unterstützung bzw. Erleichterung dieses Arbeitsablaufes der Informationsextraktion und Entscheidungsunterstützung. Eine direkte Interaktion mit den einzelnen Simulationskomponenten oder die automatisierte Auslösung einer Szenarienberechnung durch einen online erfassten Messwert, der einen Störfall signalisiert, bis hin zur Ausgabe einer Warnung für das betroffene Gebiet liegt nicht in diesem traditionellen GIS-Fokus. Der derzeitige Aufbau web-basierter GDI schafft jedoch eine hervorragende Grundlage für die Nutzung der existierenden GIS-Funktionalitäten für solche Anwendungen. Dabei gilt es nicht nur, den Zugriff auf in geeigneten Datenbanken verwaltete persistente raum- und zeitvariante Informationen sicherzustellen – erste Ansätze hierfür existieren bereits – sondern auch

- den Zugriff auf Stati laufender Simulationen im Sinne einer Prozessinspektion zu erlauben,
- die externe Parametrisierung und Steuerung von Simulationsmodellen zu ermöglichen,
- die zeitliche Synchronisation nebenläufiger beobachteter oder simulierter Prozesse zu realisieren und damit über die derzeit diskutierten Ansätze eines Service Chaining [IO02] hinauszugehen.

Die Übertragung von Ansätzen aus dem Bereich der Kopplung und Integration von GIS und Simulationsmodellen ist im Kontext von Geodateninfrastrukturen daher nicht ausreichend. Es fehlen insbesondere Lösungen zur zeitlichen Synchronisation unterschiedlicher auf einer Zeitachse laufender Prozesse - bzw. der Simulation dieser Prozesse - sowie zum Management parallel zu verarbeitender Szenarien.

2.2 Verteilte interoperable GI-Dienste

Grundlage einer funktionierenden GDI sind standardisierte Spezifikationen, die funktionale Schnittstellen der interoperierenden GI-Dienste beschreiben. In diesem Kontext haben sich die Spezifikationen des 1994 gegründeten OpenGIS Konsortiums (OGC,

[BMc98]) etabliert. Diese in Kooperation mit der ISO entwickelten Standards liefern weltweit akzeptierte Beschreibungen verteilter interoperabler GI-Dienste.

Das OpenGIS Abstract Model beschreibt die fachlichen Anforderungen und die generellen Modelle (Service Architecture, Open Geodata Model, etc.) für die Entwicklung interoperabler GIS als Referenz für die aufsetzenden Implementierungsspezifikationen. Der Wechsel von anfänglich auf Grundlage von DCPs (COM und CORBA) bzw. der SQL entwickelten Implementierungsspezifikationen zu der heute primären Spezifikation von Schnittstellen web-basierter GI-Dienste hat eine erhebliche Akzeptanzsteigerung und verstärkte Umsetzung der durch das OGC entwickelten Spezifikationen nach sich gezogen. Basierend auf HTTP definieren diese Registry Services zur Katalogisierung und Recherche von GI-Diensten, Map Services zur kartographischen Visualisierung, Feature Services zur Abfrage und Einstellung vektoriell modellierter Geobjekte, Coverage Services zur Abfrage rasterförmig modellierter Geobjekte, Gazetteer Services zur Abbildung geographischer Bezeichner auf Geokoordinaten sowie Transformation Services zur Umrechnung von Geokoordinaten in ein gemeinsames Raumbezugssystem.

2.3 Verteilte interoperable Simulationsdienste

Unter verteilter bzw. paralleler Simulation wird die auf verschiedenen, miteinander vernetzten Rechnern ausgeführte Anwendung von Modellen verstanden, die das Verhalten realer oder virtueller Systeme über die Zeit beschreiben. Die Unterscheidung verteilter und paralleler Ansätze ist vor allem in der Latenzzeit von Signalen zwischen den einzelnen CPUs begründet. Traditionelles Anwendungsfeld der parallelen Simulation ist die detaillierte quantitative Beschreibung eines modellierten Systems zu Analysezwecken (z.B. in der Meteorologie oder zur Simulation von Telekommunikationsnetzwerken). Verteilte Simulationen dienen hingegen klassischerweise der Schaffung virtueller Umgebungen (virtual environments) wie sie beispielsweise für Trainingszwecke („human-in-the-loop“) oder Hardwaretests („hardware-in-the-loop“) benötigt werden [Fu00].

Internationale Standards zur Entwicklung interoperabler Simulationskomponenten gingen bisher nur aus dem militärischen Kontext hervor. Zu nennen wären hier die Distributed Interactive Simulation (DIS, IEEE 1278) zum Aufbau virtueller Trainingsumgebungen sowie das darauf aufbauende Aggregate Level Simulation Protocol (ALSP).

Seit dem Jahr 2000 existiert mit der IEEE-Norm 1516 (High Level Architecture, HLA) ein international verabschiedeter Standard zur Entwicklung und Integration wiederverwendbarer und austauschbarer Simulationskomponenten, welcher zwar ebenfalls aus dem militärischen Kontext hervorging, jedoch zunehmend zivile Anwendungsbereiche erschließt [St01]. Die HLA lässt sich keinem der Einsatzgebiete „Analyse“ bzw. „virtual environment“ zuordnen, sondern löst diese Unterscheidung bewusst auf. Mit der HLA steht erstmals eine Plattform zur Verfügung, die zum einen durch ihr technisches Konzept wie auch durch ihre internationale Standardisierung die Integration von Simulationskomponenten in interdisziplinären Forschungs- und Anwendungsfeldern erheblich erleichtert.

Essentieller Bestandteil der HLA ist die Runtime Infrastructure (RTI), ein zentraler

Kommunikationsprozess, über welchen die gesamte Kommunikation zwischen den an einer verteilten Simulation (Federation) beteiligten logischen Einzelprozessen (Federates) abgewickelt wird. Die Kommunikation zwischen einem logischen Prozess und der RTI wird über zwei voneinander unabhängige Botschafter (Ambassadors) realisiert. Das Interface beider Botschafter wird von der HLA vorgegeben [IE00].

Auf Web Services basierende Simulationsframeworks sind standardisiert derzeit noch nicht verfügbar. Stattdessen ist der Begriff "Web Based Simulation" stark von der Vorstellung geprägt, verteilt im Internet vorliegende interoperable Simulationskomponenten auf einen mit einer Integrationssoftware (häufig Java-basiert) ausgestatteten Rechner zu laden und dort auszuführen [Pa00]. Erste Ansätze und Prototypen in Hinblick auf ein Simulation Service Providing existieren jedoch bereits [GO02, Wi01].

2.4 Synthese

Abbildung 1 zeigt den Entwurf einer geschichteten Architektur zur Integration von Simulations- und GI-Diensten basierend auf der HLA bzw. den OGC-Spezifikationen. Grau hinterlegt sind die Schichten für die aktuell Spezifikationen existieren. Es mangelt derzeit an einer Web-Schnittstelle zu HLA-basiert ablaufenden Simulationen, sowie an Spezifikationen von *HLA Geo Federates*, die in Form einer engen Kopplung auf *Geoprocessing Services* zugreifen und so entsprechende GIS-Funktionalität (Analysemethoden, Zugriff auf Geodatenbanken, etc.) einbinden. Standardisierungen für diese Geoprocessing Services stehen im OGC Kontext noch aus. Einzig die Objektmodelle auszutauschender Geodaten sind spezifiziert.

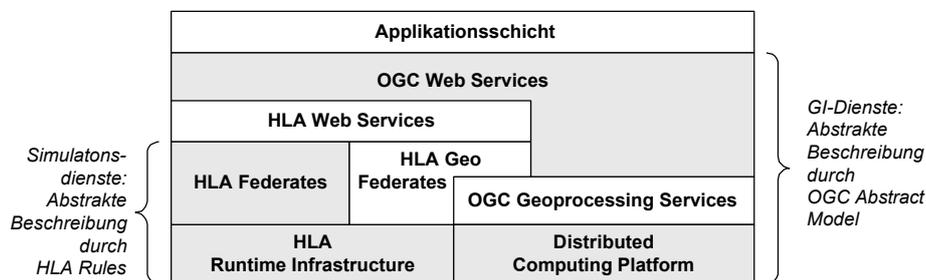


Abbildung 1: Architektur zur Integration web-basierter Simulations- und GI-Dienste

Die zu spezifizierenden HLA Web Services und OGC Geoprocessing Services werden gleichermaßen durch die Schicht der bereits spezifizierten OGC Web Services adaptiert. Auf diese Weise lassen sich die Simulationsdienste in einer heutigen GDI darstellen und in diese leicht integrieren. Ein gekapselter Simulationsdienst kann so Teil einer Service-Chain in der GDI werden und beispielsweise mit einem Web Mapping Service kombiniert werden. Von den eigentlichen Simulationsdiensten wird hierbei möglichst weit abstrahiert, so dass das hohe Abstraktionsniveau einer GDI, die insbesondere auch auf Nicht-Experten als Anwender zielt, erreicht wird. Die für einen *thin Client* entwickelten Schnittstellen der OGC Web Services erlauben weiterhin die Nutzung weniger leistungsstarker Client-Devices (PDA, Mobile Phones, etc.) in einer GDI.

3 Integrationsansatz

Zur Integration HLA-basierter Simulationen in die OGC Web Service Welt ist zunächst der Datenaustausch innerhalb der Simulation zu definieren, dann für eine permanente Verfügbarkeit der Federates nach außen zu sorgen, ein Simulationscontrolling einzurichten sowie den Federates die Möglichkeit zu geben, auf Kapazitäten der Web Services zuzugreifen.

Der Austausch von Geoobjekten zwischen Federates sowie Federates und OGC Geoprocessing Services wird durch die Definition eines *geoobject models* beschrieben, die dem OGC Open Geodata Model folgt. Dieses "geoenabling" der Federates (*GeoFederates*), erlaubt es später, mittels sogenannter *GeoDataListenerFederates* publizierte Geoobjekte innerhalb eines Simulationslaufes zu erkennen und für die OGC Web Service Welt verfügbar zu machen, da ein direkter Zugriff auf Federates generell nicht möglich ist.

HLA Web Services müssen permanent verfügbar sein. Da dies per se nicht gegeben ist, werden *FederateWebServices* (FWS) geschaffen, die für die Erzeugung, Initialisierung und das spätere Zerstören von Federates verantwortlich sind. Das Simulationsmanagement erfolgt über sogenannte *ScenarioManagementServices* (SMS). Diese verfügen über eine definierte Schnittstelle zur OGC Web Service Welt und erlauben es aus der GDI individuelle Anforderungen für komplexe Simulationen zusammenzustellen und die Simulation zu steuern. Die Analogien zwischen einem realen Messwert und einem simulierten Wert aufgreifend erfolgt der Zugriff auf Simulationsergebnisse mittels eines erweiterten *OGC Sensor Collection Services*, der es erlaubt, Daten von realen Sensoren abzufragen. Die Erweiterung zum Zugriff auf simulierte Daten erfolgt über die Schaffung eingangs erwähnter *GeoDataListenerFederates* (GLF).

Auf Grundlage dieses Integrationsansatzes wurde ein erster Prototyp für eine Anwendung im Bereich des Hochwassermanagements realisiert. Dieser Prototyp dient der Evaluierung und Erweiterung der hier dargestellten Lösungen.

4 Fazit und Ausblick

Dieser Beitrag entwickelt auf Grundlage existierender Standards für die verteilte Simulation bzw. interoperable GI-Dienste Konzepte, die eine Erweiterung zukünftiger GDI um Dienste zur Beobachtung und Simulation räumlich *und* zeitlich varianter Prozesse ermöglichen. Dabei werden die architektonischen und syntaktischen Integrationsprobleme fokussiert. Es zeigt sich, dass derzeitige Standards um entsprechende Spezifikationen zu ergänzen sind. Ziel weiterer Untersuchungen sollte es sein, diese Dienste in einer GDI *intelligent* zu machen. Hierbei gilt es beispielsweise zu untersuchen wie:

- semantisch heterogene Informationen unterschiedlicher Anwendergruppen bzw. fachlicher Domänen integriert werden können [Bi97, Vi00].
- die fehlerhafte Nutzung von GI-Diensten als Auslöser einer Fehlinterpretation durch den Einsatz geeigneter Plausibilitätskontrollen vermieden werden kann [BP98].

- Nutzeranfragen automatisiert eine Zusammenstellung der zur Beantwortung benötigten GI-Dienste auslösen können [IO02],
- Erkenntnisse und Ansätze aus dem Bereich der Spatial Decision Support Systems in geeignete GI-Dienste umgesetzt werden können.

Literaturverzeichnis

- [Be02] L. Bernard, Experiences from an implementation Testbed to set up a national SDI, 4th AGILE Conference on Geographic Information Science 2002, Palma de Mallorca, 2002.
- [BP98] L. Bernard and H. Pundt, Semantikverlust in integrierten Systemen - Ein Fallbeispiel aus der Umweltplanung, Umweltinformatik 98, Bremen, 1998.
- [Bi97] Y. Bishr, Semantic Aspects of Interoperable GIS. Enschede: Landwirtschaftliche Universität Wageningen, 1997.
- [BMc98] K. Buehler and L. McKee, The OpenGIS Guide,, 3 ed. Wayland: Open GIS Consortium Technical Committee, 1998.
- [BM98] P. A. Burrough and R. A. McDonnel, Principles of Geographical Information Systems. New York: Oxford University Press, 1998.
- [Fu00] R. M. Fujimoto, Parallel and distributed simulation systems. New York; Chichester; Weinheim; Brisbane; Singapore; Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [GO02] B. Gebert and S. Osterburg, Solutions for Web-Based Simulation Services, Simulation und Visualisierung, Magdeburg, 2002.
- [GM00] R. Groot and J. McLaughlin, Geospatial data infrastructure - Concepts, cases, and good practice. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [IE00] IEEE, 1516-2000 IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2000.
- [IO02] ISO/TC-211 and OGC, Geographic information Services Draft ISO/DIS 19119. OpenGIS Service Architecture Vs. 4.3. Draft Version, International Organization for Standardization & OpenGIS Consortium 2002.
- [Pa00] E. H. Page, A. Buss, P. A. Fishwick, K. J. Healy, R. E. Nance, and R. J. Paul, Web-Based Simulation: Revolution or Evolution, ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, Vol. 10, 2000, S. 3-17.
- [St01] S. Straßburger, Distributed Simulation Based on the High Level Architecture in Civilian Application Domains: SCS-Europe BVBA, 2001.
- [Vi00] U. Visser, H. Stuckenschmidt, H. Wache, and T. Vögele, Using Environmental Information efficiently: Sharing data and knowledge from heterogeneous sources, in Environmental Information Systems in Industry and Public Administration, C. Rautenstrauch and S. Patig, Eds. Hershey (PA): Idea Group Publishing, 2000, S. 41-73.
- [Wi01] T. Wiedemann, Simulation Application Service Providing, Winter Simulation Conference, Arlington, Virginia, 2001.