

GIS-Systemarchitektur für die automatisierte Echtzeitaufbereitung von SAR-Aufnahmen für das Krisenmanagement bei Hochwasserereignissen

Roland GRILLMAYER¹, Christopher DRESEL¹, Nicole VOJTECH², Martina DÜRAUER², Stefan SCHLAFFER³, Christoph PERGER¹ und Jürgen WEICHSELBAUM⁴

¹Fachbereich Geoinformatik, Fachhochschule Wiener Neustadt · roland.grillmayer@fhwn.ac.at

²FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH, Wiener Neustadt

³Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien

⁴GeoVille GmbH, Innsbruck

Zusammenfassung

Die im Beitrag beschriebene Systemarchitektur ermöglicht die Automatisierung der gesamten Prozesskette, beginnend bei der Vorverarbeitung und Klassifikation beliebiger Satellitenbilddaufnahmen bis hin zur Verfügbarmachung dieser Daten in einem Geodatenkatalog und deren Aufbereitung in Form verschiedener standardkonformer GIS-Webservices für die direkte Datenintegration in bestehende Geoinformationssysteme. Neben der Automatisierung der Prozesskette wurde bei der Systemarchitektur ein besonderer Fokus auf die freie Skalierbarkeit des Systems gelegt. Durch die beschriebenen Eigenschaften und die leichte Adaptierbarkeit des Gesamtsystems stellt der im Beitrag skizzierte Anwendungsfall der Unterstützung des Krisenmanagements bei Überschwemmungskatastrophen lediglich eines von vielen möglichen Anwendungsszenarien dar.

Ausgangslage

Durch ihre immer höhere räumliche und zeitliche Verfügbarkeit stellen aktuelle Fernerkundungsdaten der Erdoberfläche eine wesentliche Informationsquelle bei der Bewältigung der Aufgaben des Krisenmanagements dar. Die Einsatzgebiete reichen hierbei von Aufräumarbeiten nach Erdbeben und Vulkanausbrüchen bis hin zum Krisenmanagement bei Hochwasserkatastropheneinsätzen (VOIGT 2007, DAVID 2005). Die für das Krisenmanagement spezifischen Auswertungen der Satellitenbilddaten müssen möglichst zeitnahe nach einem Katastropheneignis an verschiedenen Stellen wie der Katastrophenleitzentrale und den Hilfskräften direkt vor Ort zur Verfügung stehen, um eine sinnvolle Koordination der Einsatzkräfte zu ermöglichen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, müssen die Fernerkundungsdaten in naher Echtzeit ausgewertet und den unterschiedlichen Endanwendern in geeigneter Art und Weise zur Verfügung gestellt werden. Vor diesem Hintergrund wurde von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) das Projekt FAAPS – Fully Automated Aqua Processing Service – ins Leben gerufen. Ziel des Projektes ist die Konzeption und Implementierung einer Systemarchitektur für eine vollautomatische Auswertung von Überschwemmungsflächen basierend auf SAR-Satellitenbilddaufnahmen und deren Bereitstellung in naher Echtzeit. Als wesentliche Rahmenbedingungen wurden seitens ESA die freie

Skalierbarkeit sowie der ausschließliche Einsatz von Open-Source-Komponenten für die Systemarchitektur definiert. Des Weiteren wurde die „nahe Echtzeit“-Verfügbarkeit mit drei Stunden definiert. Die erstellte Systemarchitektur muss somit sicherstellen, dass ab Vorhandensein einer neuen Satellitenbildszene auf einem Server der ESA die Prozesskette automatisch angestoßen und binnen drei Stunden die ausgewerteten Überflutungsflächen auf den unterschiedlichen Clientapplikationen der Hilfskräfte verfügbar sind.

Um die Komplexität des Gesamtsystems darstellen zu können, wird einleitend die gesamte Systemarchitektur skizziert. Die Konzeption und Umsetzung der Systemkomponenten für die vollautomatische Auswertung der Satellitenszenen wurde von Capgemini Consulting im Subsystem *FAAPS-Core* implementiert. Die Algorithmen für die automatisierte Bildklassifizierung der SAR-Szenen wurden seitens des Instituts für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien entwickelt. In dem von der Firma GeoVille in Kooperation mit der FH Wiener Neustadt entwickelten Subsystem *FAAPS-Front* erfolgt die vollautomatische Aufbereitung der Daten für die Nutzung in Geoinformationssystemen sowie die Bereitstellung verschiedener Frontend-Komponenten für Desktop-Rechner und mobile Devices.

FAAPS – Gesamtsystemarchitektur

Abbildung 1 stellt die zwei Subsysteme und deren wichtigsten Komponenten dar, die nachfolgend genauer beschrieben werden. Die Gesamtarchitektur gliedert sich in die zwei Subsysteme *FAAPS-Core* und *FAAPS-Front*.

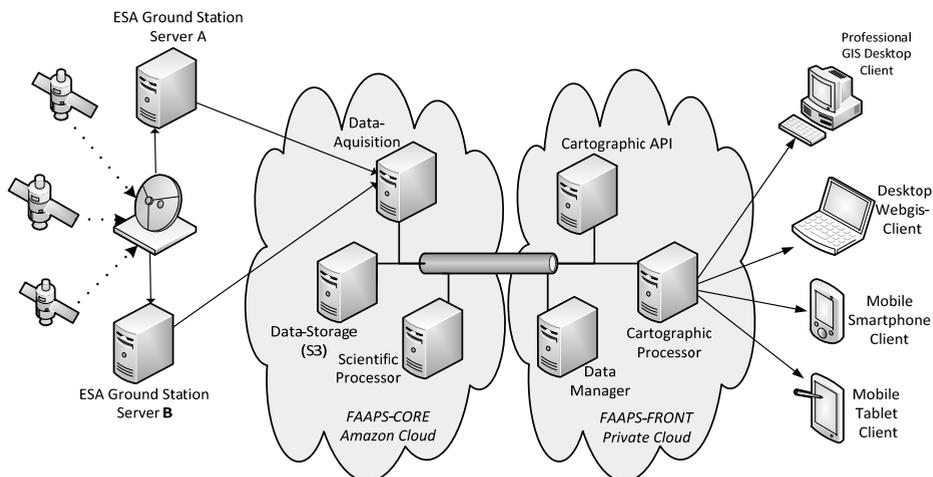


Abb. 1: Schematische Skizze der FAAPS-Systemarchitektur

FAAPS-Core

Im *FAAPS-Core* erfolgt die gesamte Bilddatenverarbeitung. Die Komponente *Data Acquisition* ist zu verschiedenen ESA-Servern verbunden und akquiriert automatisch relevante SAR-Satellitenbilddaufnahmen. Im Produktivbetrieb sollen rund 60 % der gesamten Erdoberfläche permanent beobachtet werden. Die Daten werden im *Data Storage* (Amazon S3 Data Storage) abgelegt. Die Komponente *Scientific Processor* ist für die gesamte Prozesskette der digitalen Bildverarbeitung zuständig. Hier werden die Satellitenbilder vorverarbeitet (Einlesen der Rohdaten, radiometrische Korrekturen usw.) und in weiterer Folge, falls vorhanden, Überflutungsflächen detektiert. Für die Kommunikation zwischen den *FAAPS-Core*-Komponenten kommt der Apache ActiveMQ Message Broker zum Einsatz, der eine Implementierung des Java Message Service 1.1 (JMS) ist. Sobald eine neu klassifizierte Satellitenbildszene vorliegt, wird eine Benachrichtigung an den *Data Manager* des *FAAPS-Front* Subsystem gesendet. In der Benachrichtigung sind zahlreiche Metadaten inkludiert, unter anderem, ob die Satellitenbildszene eine Überflutungsfläche aufweist.

Scientific Processor

Als Eingangsdatenquelle für die Überschwemmungskartierung dient im Wesentlichen der C-Band-Sensor „Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR)“ an Bord der ESA-Plattform ENVISAT, dessen Mission von 2002 bis 2012 stattfand. In *FAAPS* werden Szenen verwendet, die im „Wide-Swath“-Modus mit einer räumlichen Auflösung von 150 m aufgenommen wurden. Zur Verarbeitung dieser Daten verfügt der *Scientific Processor* über ein Präprozessierungsmodul zum Einlesen, Geocodieren und Kalibrieren der Level-1b-Daten sowie über ein Modul zur Klassifizierung der überschwemmten Flächen. Die Geocodierung wird mittels des Range-Doppler-Ansatzes durchgeführt (CUMMING & WONG 2005). Der lokale Einfallswinkel α übt einen starken Einfluss auf die Messung der Rückstreuungintensität σ^0 aus. Die Szenen werden daher mittels einer linearen Beziehung zwischen σ^0 und α auf einen Einfallswinkel von 30° korrigiert. Diese Beziehung wurde im Vorfeld durch eine Reprozessierung der gesamten ASAR-Zeitreihe für jedes Pixel ermittelt (SABEL et al. 2012). Im Klassifizierungsmodul erfolgt die Unterscheidung zwischen überschwemmten und nicht-überschwemmten Flächen anhand eines Schwellwertes (BARTSCH et al. 2012), welcher ebenfalls anhand der statistischen Analyse der Zeitreihe ermittelt wurde. Weiterhin werden während der Postprozessierung nicht-überschwemmungsgefährdeter Gebiete ausmaskiert, um falsch-klassifizierte Pixel, die beispielsweise durch Radarschatten entstanden sind, zu korrigieren. Zur Abgrenzung der überschwemmungsgefährdeten Gebiete kommt hier der „Height Above Nearest Drainage (HAND)“-Index (RENNÓ et al. 2008) zum Einsatz.

FAAPS-Front

FAAPS-Front ist für die GIS-Aufbereitung und Bereitstellung der Überflutungsszenen zuständig. Ist eine Überflutungsfläche vorhanden reagiert der *Data Manager* und lädt die Satellitenbildszene vom Amazon S3 Storage. Der *Data Manager* ist des Weiteren für die gesamte Kommunikation und Überwachung der Prozesse innerhalb von *FAAPS-Front* zuständig. In einem ersten Arbeitsschritt werden die Satellitenbildszenen als WMS auf der *Cartographic Processor* Komponente registriert. Anschließend wird ein sogenannter See-

ding-Prozess angestoßen und OGC WMTS-Kacheln für die definierten Zoomstufen berechnet. Nach Fertigstellung der Kacheln werden diese an die *Cartographic API* verteilt und der OGC WMTS-Layer für aktuelle Überflutungsevents aktualisiert. Falls von *FAAPS-CORE* eine Benachrichtigung empfangen wird, die besagt, dass für ein Teilgebiet keine Überflutungsflächen mehr vorliegen, wird der WMTS Tile Cache für diesen Bereich gelöscht.

Zeitgleich wird während des ersten Arbeitsschrittes die Satellitenbildszene zu Archivzwecken in einem Geodatenkatalog registriert und steht auch nach Ende des Überflutungsevents als WMS-Dienst zur Verfügung. Die in der ActiveMQ Nachricht enthaltenen Metadaten werden ebenfalls standardkonform im ISO 19139 Schema abgespeichert. Dies ermöglicht die Suche von historischen Überflutungsszenen nach räumlichen und zeitlichen Kriterien.

Nach Abschluss der zuvor beschriebenen Prozesskette stehen sowohl die aktuellen (OGC WMTS-Dienst) als auch die historischen Überschwemmungsszenen (OGC WMS-Dienst) zur Verfügung. Die aktuellen Überflutungsszenen werden einerseits im Rahmen einer herkömmlichen Webapplikation (Abb. 2) als auch mittels einer mobilen Web-Applikation (Abbildung 3) zur Verfügung gestellt.

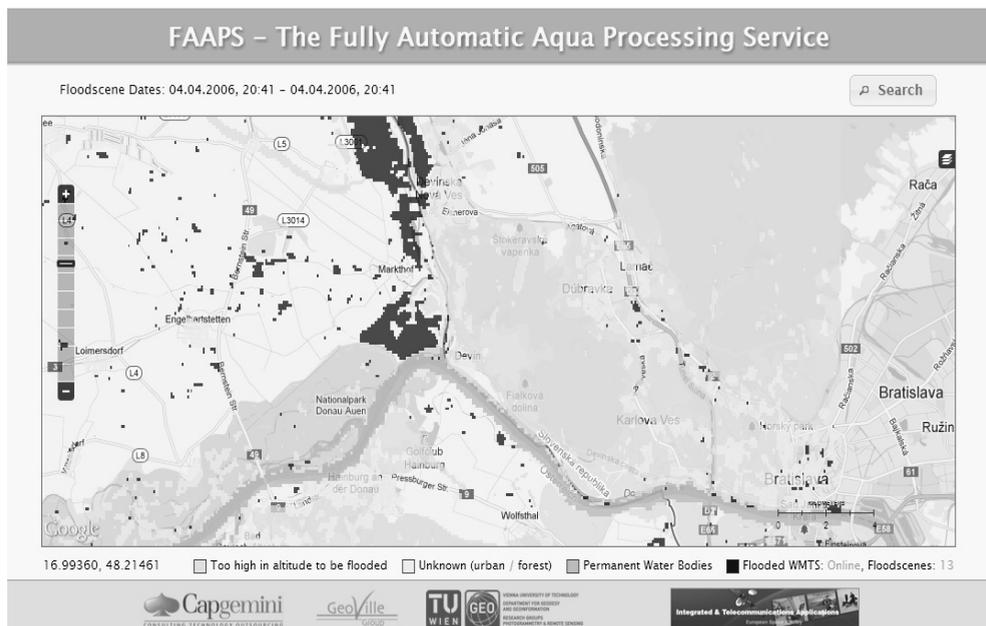


Abb. 2: Webapplikation FAAPS am Desktopgerät

Für die Einsatzkräfte werden verschiedene Basiskarten unterschiedlicher Anbieter (Google Maps, Bing Maps, Open Street Map) zur Verfügung gestellt. Um die Aktualität der Überflutungsdaten abschätzen zu können, wird für den aktuellen Kartenausschnitt der früheste und späteste Aufnahmezeitpunkt der verwendeten SAR-Satellitenbildszenen angezeigt. Des Weiteren wurde eine Ortssuche sowie die Verwendung und das Zentrieren der Karte auf

eine aktuelle GPS-Position implementiert. Um in Gebieten, die keine Datenfunkabdeckung aufweisen die Informationen zur Verfügung stellen zu können, wurden für den mobilen Client Caching Mechanismen basierend auf HTML5 Web Storage implementiert.



Abb. 3: Mobile Webapplikation FAAPS

Die Systemarchitektur ist so konzipiert, dass sowohl für den *Cartographic Processor*, als auch den *Cartographic API*, mehrere Server zur Lastenverteilung konfiguriert werden können. Durch dieses Design ist die geforderte freie Skalierbarkeit des *FAAPS-Front* Subsystems sichergestellt.

Für die Umsetzung der OGC-Webservices wurde auf die Open-Source-Projekte Geoserver und GeoWebCache zurückgegriffen. Für den Geodatenkatalog kommt das Open-Source-Projekt GeoNetwork zum Einsatz. Für die beiden Web-Applikationen wurde auf die JavaScript-Libraries OpenLayers und jQuery (mobile) zurückgegriffen.

Ausblick

Die Systemarchitektur ermöglicht eine beinahe Echtzeitverarbeitung von Erdbeobachtungsdaten. Der skizzierte Anwendungsfall des Krisenmanagements bei Überflutungskatastrophen stellt lediglich eines von vielen möglichen Szenarien dar. Eine Adaptierung des Gesamtsystems für neue Anwendungsfälle ist mit geringem Aufwand möglich. Die Weiterentwicklung der Systemarchitektur hinsichtlich der Dokumentation von Überflutungsflächen durch Personen vor Ort mittels Fotos und verbalen Beschreibungen sowie eine Verortung dieser Informationen mittels GPS wären für viele Anwendungsszenarien wünschenswert.

Literatur

- BARTSCH, A., TROFAIER, A. M., HAYMAN, G., SABEL, D., SCHLAFFER, S., CLARK, D. B. & BLYTH, E. (2012), Detection of open water dynamics with ENVISAT ASAR in support of land surface modelling at high latitudes. *Biogeosciences*, 9 (2), 703-714. doi:10.5194/bg-9-703-2012.
- CUMMING, I. G. & WONG, F. H. (2005), *Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data: Algorithms and Implementation* (p. 625). Artech House.
- KEMPER, T., RIEDLINGER, T., KIEFL, R., SCHOLTE, K., MEHL, H. & VOIGT, S. (2005), Remote Sensing and Geospatial Information for Natural Hazards Characterization. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59 (4), 185-198.
- RENNÓ, C. D., NOBRE, A. D., CUARTAS, L. A., SOARES, J. V., HODNETT, M. G., TOMASELLA, J. & WATERLOO, M. J. (2008), HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, 112 (9), 3469-3481. doi:10.1016/j.rse.2008.03.018.
- SABEL, D., BARTALIS, Z., WAGNER, W., DOUBKOVA, M. & KLEIN, J.-P. (2012), Development of a Global Backscatter Model in support to the Sentinel-1 mission design. *Remote Sensing of Environment*, 120, 102-112. doi:10.1016/j.rse.2011.09.028.
- TRALLI, D. M., BLOM, R. G., ZLOTNICKI V, DONNELLAN A. & EVANS, D. L. (2007), Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45 (6), 1520-1528.