

**WAYFINDING IN GIS: FORMALIZATION OF
BASIC NEEDS OF A PASSENGER WHEN USING
PUBLIC TRANSPORTATION**

Elissavet Pontikakis

Department of Geoinformation and Cartography
Vienna University of Technology
Gusshausstrasse 27-29/127/1
1040 Vienna, Austria

**WAYFINDING IN GIS: FORMALIZATION OF
BASIC NEEDS OF A PASSENGER WHEN USING
PUBLIC TRANSPORTATION**

Elissavet Pontikakis

Department of Geoinformation and Cartography
Vienna University of Technology
Gusshausstrasse 27-29/127/1
1040 Vienna, Austria

Series Editor

Andrew U. Frank

Department of Geoinformation and Cartography

Vienna University of Technology

Gusshausstrasse 27-29/127

A-1040 Vienna, Austria

FOREWORD

Acquiring a PhD is not only getting a title, a publication, and maybe a new ranking in the job market. It is mostly obtaining a lifetime experience which shapes the way you think and act from that time onwards. This work gave me the opportunity to learn new topics and to revisit older ones. It helped me to further appreciate the great thinkers of all times who paved the road to reasoning. I am vastly grateful for their existence.

As to specific individuals, I am grateful to Professor Andrew Frank that honored me by guiding me through this research with patience and understanding. I have acquired a great many things from our long discussions which I will treasure for the rest of my life. I am also thankful to my second advisor Werner Kuhn who provided me with constructive comments and recommendations for improvements.

I thank all my colleges at the Institute for Geoinformation and Cartography for their support. I especially thank Claudia Achatschitz and Barbara Hofer for their never ending assistance with the German language and Florian Twaroch for our discussions on cognitive agents and formal models. I am grateful to Edith Unterweger not only for her administrative assistance but also for her faith on me and her encouragement.

I am thankful to my husband John for his patience, his time when listening to cognitive public transport issues, totally out of his area of interest, and his confidence in me. I thank him for his assistance in technical issues and text editing. I would not have made it without the support and motivation of my most cherished girls: Kassantha and Ariathney who at all times demonstrated an immense trust in my abilities.

I would always go around preaching that the best period in someone's life to perform a PhD research is before a family of more than two is concealed or after this family is dispersed into individual celestial bodies. I can say now that every time is suitable for a PhD, each one for each own good reasons. In my case, the fact that I could become a role model to my young girls was the greatest motivation to go on despite the difficulties and set backs.

I especially thank Thomas Coyne for his assistance in copy editing this version.

ISBN-13 978-3-901716-38-6

GeoInfo Series Vienna

© GeoInfo Series Vienna 2007

Printed in Austria

Typesetting: Camera ready by author/editor

Printing and binding: Hochschullerschaft, TU Vienna

Wirtschaftsbetriebe GmbH

ABSTRACT

Humans can move in space by foot or are transported with the use of a vehicle. Moving in space is a physical and cognitive process. Physical movement refers to the change in location of the human body. The cognitive process refers to perceiving, learning and reasoning. As a result of cognition, humans sense the environment, learn, plan, acquire information, make decisions and implement their decisions with actions. Significant research is dedicated to pedestrian wayfinding and car navigation in regards to learning, mental representation, and information acquisition. The research on wayfinding with public transport focuses primarily on stochastic modeling of passenger behavior and movements.

A passenger's move with the use of public transport is a spatial wayfinding task which integrates a business component. When a passenger moves with public transportation, he performs business transactions in addition to spatial wayfinding tasks. Successful implementation of the business process establishes the legitimization of a passenger. *When considering the needs of a passenger for information, it is important to consider both the spatial and the business aspect of the wayfinding with public transportation because if any of the two aspects is missing the trip fails.*

This research simulates the passenger as a cognitive agent who moves in a space where different states occur for the agent. The agent transitions between states by performing operations. The agent creates a plan about his trip in advance. When he executes the trip, he perceives the environment and uses his plan to transition from one state to another. He perceives the affordances, and utilizes the knowledge stored in the world in meaningful structures and in signs to acquire information. He then uses his plan to make a decision and subsequently to perform an operation. Affordances are indicative to possible operations.

Ontology assists in defining the structure of a trip into processes and units of operations. Certain units of operations are repeated throughout a trip. Ontology also assists in identifying the level of detail for information needs during the different phases of a trip. Simulation with an agent provides a tool for modeling a concrete case of wayfinding with public transportation within the city of Vienna, Austria. The formal model is based on algebraic specifications of the operations involved in the overall task.

The model can be used to develop practical methods for assessing the information provided to passengers during a trip with public transport.

There are three scientific contributions from this research. The first scientific contribution is the integration of the spatial wayfinding and business process into the overall wayfinding task. The second contribution is the identification of the structure of objects and operations and their connection to the level of detail and the phases of the trip execution. The third contribution is the identification of the minimum information needs required to complete a trip with public transportation.

KEYWORDS

Public Transportation, Wayfinding, Business Process, Ticketing, Affordances, Algebras, Simulation, Passenger, Traveler, Agent, Cognition, Operations, Information

KURZFASSUNG

Personen können räumlich sowohl zu Fuß als auch mit einem Fahrzeug fortbewegen. Diese räumliche Bewegung einer Person konstituiert einen physikalischen und einen kognitiven Prozess, wobei der physikalische lediglich die Änderung des Aufenthaltsortes der betrachteten Person beschreibt. Der kognitive Prozess besteht aus Wahrnehmen, Lernen und Schlussfolgern seitens der Person während ihres Ortswechsels. Durch Kognition nehmen Menschen ihre Umwelt wahr, lernen, planen, beschaffen Informationen, treffen Entscheidungen und setzen ihre Entscheidungen in Handlungen um. Dem Bereich der Fußgänger- und Fahrzeugnavigation sind signifikante Forschungsarbeiten mit Fokus auf Lernen, mentaler Repräsentation und Informationsbeschaffung, gewidmet worden. Im Bereich Wegesuche mit öffentlichen Verkehrsmitteln konzentriert sich die Forschung auf stochastische Modelle, die das Verhalten und die Fortbewegung von Fahrgästen repräsentieren.

Die Fortbewegung eines Fahrgastes mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist eine räumliche Wegesuchaufgabe, die zusätzlich einen geschäftlichen Prozess beinhaltet. Die erfolgreiche Umsetzung dieses Prozesses führt zur Legitimierung des Fahrgastes. *Betrachtet man den Gesamtinformationsbedarf eines Fahrgastes für eine erfolgreiche Wegesuche, so ist es wichtig, sowohl den räumlichen als auch den geschäftlichen Aspekt der Wegesuche mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu beachten, da die Wegesuche fehlschlägt, wenn irgendeiner der beiden Aspekte fehlt.*

Die vorliegende Forschungsarbeit simuliert einen Fahrgast als kognitiven Agenten, die sich im Raum bewegt und mit verschiedenen Situationen konfrontiert wird. Durch das ausführen von Operationen wechselt der Agent zwischen verschiedenen Zuständen. Bevor der Agent seine Reise antritt, plant er sie. Während der Fahrt nimmt er seine Umwelt wahr und benützt seinen Plan um von einem Zustand in den anderen zu wechseln. Er nimmt Affordanzen die mögliche Operationen anzuzeigen, wahr, und verwendet das Wissen, das in der Welt in verständlichen Strukturen und Zeichen gespeichert ist, um Informationen zu akquirieren. Er benutzt daraufhin seinen Plan um Entscheidungen zu treffen und diese in Operationen umzusetzen.

Ontologien werden verwendet um die Struktur einer Fahrt in Prozesse und Operationseinheiten zu unterteilen. Gewisse Operationseinheiten werden während der Fahrt wiederholt. Ontologien unterstützen auch die Bestimmung des notwendigen Detailgrades der benötigten Informationen während der verschiedenen Phasen der Fahrt. Die agentenbasierte Simulation stellt ein Werkzeug für die Modellierung einer konkreten Fallstudie für eine Wegesuche mit öffentlichen Verkehrsmitteln in der Stadt Wien, Österreich, zur Verfügung. Das formale Modell basiert auf algebraischen Spezifikationen der Operationen, die in einer Wegesuchaufgabe vorkommen. Das Modell kann für die Entwicklung praktischer Methoden zur Bestimmung und Bewertung der Informationen, die Reisende während einer Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln bekommen, verwendet werden.

Zu dieser Arbeit gibt es drei wissenschaftliche Beiträge. Der erste Beitrag beschreibt die Integration der räumlichen Wegesuche und des Geschäftsprozesses in die gesamte Wegesuchaufgabe. Im zweiten Beitrag werden die Objektstrukturen und -operationen und Ihre Verbindung zum Detaillierungsgrad und den Reisephasen aufgezeigt. Im dritten Beitrag wird schliesslich der Informationsbedarf bestimmt, welcher zumindest erforderliche ist, um die Reise erfolgreich abzuschliessen.

SCHLAGWÖRTE

Öffentliche Verkehrsmittel, Wegesuche, Geschäftsprozess, Kartenverkauf, Affordanzen, Algorithmen, Simulation, Fahrgast, Reisender, Agent, Kognition, Operationen, Information