

First Intermodal Journey Planner in the Arab World

Liliane Abdul-Reda

mdv - Mentz Datenverarbeitung GmbH, Grillparzerstr. 18, 81675 Munich, Germany

Markus Alefeld

mdv - Mentz Datenverarbeitung GmbH, Grillparzerstr. 18, 81675 Munich, Germany

Hans-Joachim Mentz

mdv - Mentz Datenverarbeitung GmbH, Grillparzerstr. 18, 81675 Munich, Germany

1. Introduction

The Roads and Transport Authority (RTA) in Dubai commissioned the first journey planner in both Arabic and English. mdv, in cooperation with local partner International Aeradio (Emirates) LLC (IAL), subsidiary of UK based Serco group, received the contract to develop a journey planner for Dubai, which meets the latest technical standards. The intermodal journey planner in the internet, is one of a number of traffic projects in the fast-growing city of Dubai. This project is intended to contribute to the alleviation of traffic woes in the city.

Dubai is one of seven Emirates in the United Arab Emirates. In contrast to the other six Emirates, there has been a public transport system in Dubai for years, which consists of a bus service network (70 routes, 1,600 stops, 580 buses, 232,000 passengers per day, Abras (small boats) and taxis. All three modes of transport are operated by RTA.

Riding the bus in Dubai is inexpensive, but when there is a high volume of traffic, it is time-consuming. The twelve km from Sharjah to the center of Dubai can last 20 minutes or two hours depending on the time of day.

For this reason, RTA made a master plan in which a number of projects were defined that all follow one ambitious, but clear goal: public transport in Dubai should be raised to the standard in western countries and the percentage of public transport traffic should be increased (modal split) from 94 million in 2008 to 120 million in 2010.

A few of these projects are:

1. Construction and implementation of a metro,
2. Construction and implementation of a monorail,
3. Implementation of an ITCS (Intermodal Transport Control System),
4. Installation of a new tariff system in connection with the implementation of an AFC (Automatic Fare Collection) and
5. Implementation of an intermodal journey planner in the internet, on a mobile and using a speech dialog system.

2. Special Circumstances in Dubai

When setting up a new journey planner, it is always important to take local conditions and special circumstances into account. In Europe, journey planners have long been a well-established means to plan trips, a familiarity, which in turn allows for standard products that are readily accepted by the public. The challenge in Dubai was to ascertain the specific local requirements and to specify the resulting developments and customization needed. In this way, a system could be established that effectively caters to the actual needs of passengers in an Arabic country, and more specifically, to the special circumstances in Dubai.

Although the public transport network in Dubai is small, the challenge is great due to a number of special conditions. In the scope of this project phase, the following aspects were analyzed and accounted for during implementation:

- Population
- Climate
- Footpath Network
- Maps
- Orientation in the city

Population

The population of Dubai was in 2007 approximately 1,53 million people, three-fourths of which are male. The average age is 32 for men.

UAE citizens account for a little over 20 per cent of the population, with the rest coming mostly from south Asia (India, Pakistan, Bangladesh, Philippines) for employment opportunities.

Even though there is no official survey about the nationalities of public transport users in UAE, it is commonly known in Dubai that UAE citizens do not use public transport. Following figure shows a simplified description of UAE's population:

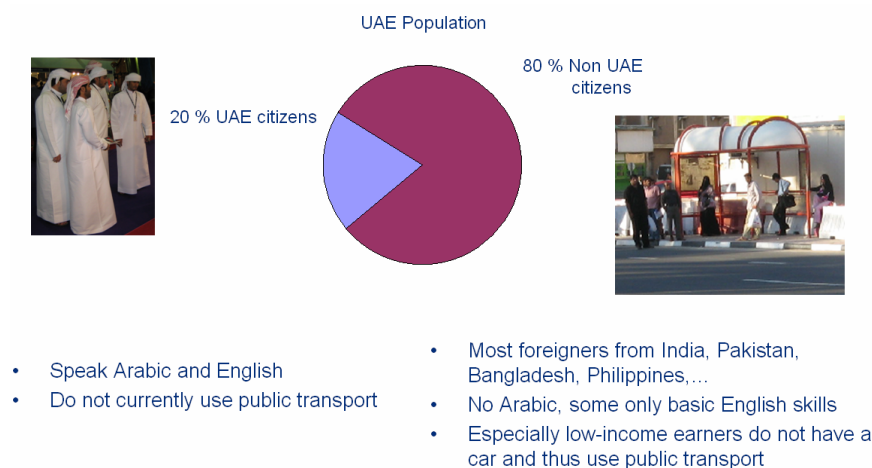


Figure 1: Nationalities, their language and public transport use

Today, public transport is mostly used by poorest portion of the population in Dubai. It was important to implement a system with the latest technology (highest-performance mobile telephones), but also to provide a user-friendly system for the current users of Dubai public transport.

Climate

In the summer, temperatures in Dubai can rise above 50 degrees Celsius on certain days.

With these kinds of temperatures, transfers with long footpaths outside are unbearable. The maximal walk of 20 minutes, which is often used for European journey planners, should be reduced in the summer months.

A special solution was developed for Dubai in order to make the waiting times at bus stops tolerable: Air-conditioned stops were installed.

Footpath Network

Dubai consists mainly of desert. The “Deira” (Dubai Creek) runs through the center of the city. Bridges are not located directly in the city center; pedestrians have to use small boats to get to the other side of a creek (*Abras*). *Abras* do not follow a timetable, they work on demand.

Stop modeling is essential for footpaths and transfers. Numerous workshops with RTA helped determining how the stop model would be arranged: Is the definition of a stop in Europe valid for Dubai? How to group stop points to stops? How to define interchanges considering that many streets and crossings are not usable by pedestrians?

For an intermodal journey planner these are crucial elements that in Europe are quite clear and pre-defined. However in Dubai it was required to apply new rules. The street network is geared towards automobile transit. Many streets have no pavements and on main roads, like Sheikh Zayed Road, there are no crosswalks for pedestrians for kilometers. Therefore stops on this road are modeled in a way that Journey Planner does not tell the passenger to interchange by crossing the road where this is not possible.

As a result, the up-to-dateness and precision of the footpath matrix and the GIS data become paramount, especially regarding the many and quickly changing construction projects in the city.

Maps

GIS data (Geo Information System) have been available for European cities for years. In Dubai a routing-capable GIS network had to be found first. Similar systems have been commercially available in Dubai in the last two years. However after more precise analysis, salient elements like bridges were found to be missing in the network. Still, the quality of the data has improved dramatically in the past few months so that it can be used for the journey planner.

The numerous construction sites still need to be accounted for in Dubai. GIS data need to be updated on a regular basis (e.g. every two months) for the journey planner in Dubai. In contrast, European systems update their GIS data once annually.

Compared to a map of a European big city the map of Dubai looks very empty. Currently there are some 5.000 points of Interest (POI) in the Journey Planner. In order to have a user friendly map all buildings, attractions, parks, water areas, etc., should be shown on the map. For this purpose some hundred Thousands Points of Interest will need to be added to the map in the next years.

Orientation in the City

Most people who live in Dubai do not know their exact address because only the main roads have names. All other streets have numbers, which are only unique inside a specific community. In following example the user's address is in street 1. The street name is indeed “1”. The community name is “Al Buteen”. There are several “street 1” in Dubai, which makes it crucial to know the community name. An address without community name is in many cases useless.

Dubai stop names are totally unknown, which makes POIs much more important than they are in Europe.

3. Journey Planner Modules for the EFA in Dubai

Mdv and local partner IAL provided RTA a complete system, which includes the following modules:

- EFA in the internet in Arabic and English
- EFA on a mobile telephone "EFACompanion"
- EFA using a speech dialog system (SDS)

The system can be found in the internet at the following address: <http://wojhati.rta.ae>

EFA in the Internet

The internet version of EFA provides a number of different functionalities:

- Setting origin and destination in Arabic and English

To set the origin and destination of a journey, users can enter any text into the search field. The input is then verified using an intelligent search, regardless of the object type (stop, point of interest (POI), address or Locality/Community). Every possible origin and destination is saved in dictionaries and is available as a reference for the system.

mdv was able to implement this intelligent and error-tolerant input recognition for Arabic script. The search algorithm works with substrings of character sequences in the user input (N-gram search). In doing so the entire search input is separated into substrings of N characters (e.g. for N=3 Dubai would be separated into dub, uba, bai). As a result, dictionary entries with the most matching N-Grams are returned in a results list.

In the Arabic interface "Arabic Standard" (= high Arabic or "Al Fus-ha") is used. The Arabic Alphabet has 28 basic letters which is basically similar to the Latin alphabet. However Arabic is written from right to left. And each letter is written in four different ways, depending on it standing alone or being at the start / middle or end of the word.

Furthermore in Arabic there are short vowels that are not written usually (they are only written in books). This implicates that the reader must be familiar with the language to understand the missing vowels. A further challenge was the definite article "the" which is in Arabic "El" (ال) and is used as part of the word. The system recognizes therefore all words either with or without the article "El". A normalization strategy has been developed which took consideration of these matters.

- Interactive maps:
- Customization and Travel Alert
- Stop Timetable and Typesetting (bilingual)
- Real-time Information
- Email
- EFA for Call Center

EFACompanion – Journey Planner on Mobile

In Dubai almost everyone has a mobile telephone, even low-income earners. For this reason, EFA on mobiles is more important to RTA than it is for journey planners in Europe.

Before the development of a special EFA application for mobiles, it was necessary to more precisely analyze the target groups for the application in a number of workshops with RTA. A number of potential public transport passengers in Dubai cannot read entirely or can only read very poorly. So an application had to be developed that could satisfy the need for a simple, user-friendly application and one that contained as many attractive functionalities as possible.

The resulting EFACompanion application provides the following features:

- Hybrid application:
Timetables can be displayed both on- (current data) and offline (saves costs).
- Use of available space
Users are interested in content. This is why a large amount of space was reserved on the display for the relevant content.
- User-friendly input

Speech Dialog System (SDS)

EFA is available to passengers over a speech dialog system (SDS) in English and Arabic language. EXCELSIS Business Technology AG provides the SDS for Dubai as a subcontractor.

4. Outlook

In Dubai a substantial amount of resources are being invested to control the volume of traffic. This is intended to help alleviate the strains caused by the rapid growth of the city as well as to help improve the overall quality of life. The Intermodal Journey Planner (EFA) is an important part of the overall plan that promises to bring improvements to Dubai: public transport information policy is to be improved which should result in increased use of public transport.

Dubai is a city undergoing many changes. This particularly applies to public transport. RTA has invested in many new products, which are currently being implemented by companies from around the world. The challenge now for RTA is to successfully implement these projects into stable, operative reality.

The implementation of the EFA Intermodal Journey Planner in Dubai is one of these projects. It has generated interest and excitement in the region, not least because Dubai would be the first Arabic Country to order and implement a journey planning system.

Effects of Arrival Flow Uncertainty on Optimal Signal Control

Chang-Jen Lan

Town of Jupiter, 210 Military Trail, Jupiter, Florida, U.S.A.

Xiaojun Gu

F. R. Aleman & Associates, Inc., 10305 NW 41 ST, Ste 200, Miami, FL 33178 USA

Sonny D. Abia

The Masters, LLC, (Engineers and Contractors), 12701 SW 22nd Street, Miramar, Florida 33027, U.S.A.

Abstract

The main purpose of this study is to investigate (1) the effectiveness of a manual procedure for signal timing optimization in comparison with the state-of-the-art solution algorithms such as SOAP and TRANSYT; and (2) effects of statistical uncertainty of arrival flows on control actions and delay performance. In view of two major drawbacks of the Webster cycle length formulation, namely,

1. The cycle length estimate becomes unreasonably large as the critical intersection flow ratio approaches one; and
2. The formulation is inapplicable when the critical intersection flow ratio is equal to or greater than one;

the manual procedure first includes an improved cycle length formulation which is applicable in saturated conditions. The optimal cycle length can be expressed as follows:

$$\hat{C}_o = \frac{a + bL + e \ln(T)}{1 + c \cdot \exp\left(d \sum_i y_{ci}\right)}, \quad C_{\min} \leq \hat{C}_o \leq C_{\max}$$

where T (in hours) is the duration of the analysis period; and a through e are the model parameters. Coupled with the equalized degree-of-saturation principle for green time allocation, the manual procedure is capable of producing near-optimal delay performance. Compared to analytical optimal timing plans generated by the proposed Signal Operations Global Optimizer (SOGO), the degradation in delay performance is slightly over 3%. The manual procedure also performs comparably well with optimization routine in HCS and TRANSYT. In some cases, it even outperforms these computer algorithms. One other advantage of the proposed procedure is that the required computation time is minimal, while both TRANSYT and HCS which utilize the genetic algorithm for optimization are fairly time consuming. Both of them could easily take a few minutes to just complete a single optimization run on a personal computer and the resulting timing solutions may possibly be sub-optimal which are sometimes worse than SOGO. In this study, the authors need to perform more than ten optimization runs before the best timing solution can be determined.

The optimal signal timing plans are usually formulated based on deterministic average arrival flows. Due to the stochastic nature of the arrival flows, the deterministic control strategy may not be effective. The estimated delay performance may also deviate from its actual state. Therefore, it is essential and critical to consider uncertainty of arrival flows when composing control actions. The flow uncertainties affecting control actions include (1) statistical uncertainty, i.e., variability of the actual flows; and (2) predictive uncertainty, i.e., variability of flow predictions which is made based on the actual flows. In this study, the authors will focus on the effect of statistical uncertainty by assuming the control actions are composed based

on the actual flows. The effect of predictive uncertainty on controls will be investigated separately since it requires knowledge of prediction models.

As explicitly shown in the delay formulation, delay is a function of control actions, arrival flows, saturation flows, and the duration of analysis period. For simplicity, let the saturation flows be deterministic and only the arrival flows are subject to uncertainty. The effects of uncertainty of arrival flows on delay performance are twofold:

1. Direct effect – variations of arrival flows affect delay performance directly, and
2. Indirect effect – variations of arrival flows affect the control actions and then changes in control action affect delay performance.

To see this, the authors consider the following delay measures in the paper:

1. Stochastic delay with deterministic control: $\tilde{d} = f(\mathbf{v}, C(\bar{\mathbf{v}}), \mathbf{g}(\bar{\mathbf{v}}))$.
2. Stochastic delay with perfect control: $d = f(\mathbf{v}, C(\mathbf{v}), \mathbf{g}(\mathbf{v}))$.
3. Deterministic delay: $\bar{d} = f(\bar{\mathbf{v}}, C(\bar{\mathbf{v}}), \mathbf{g}(\bar{\mathbf{v}}))$.

where \mathbf{v} , C , and \mathbf{g} stand for arrival flow, cycle length, and green time. Through series of approximations using Taylor expansion and derivations, the results show that the approximation of means is fairly accurate due largely to the 2nd order approximation, whereas the approximation of standard deviation which is derived based on the 1st order linearization is therefore of less quality but is still acceptable (less than 5% for most cases). The coefficient of variation (CV) of the control actions increases linearly with the CV of actual flows, indicating that magnitude of changes in control actions relative to their means is linearly related to magnitude of uncertainty in arrival flows. As the critical degree of saturation, X_c , increases, CV of controls decreases, suggesting that control actions need to be adjusted less frequently in saturated conditions. Among control actions, cycle lengths need to be adjusted less frequently than green times. When the level of arrival flows is higher, the corresponding green time needs to be adjusted more frequently than the other until both flow levels reach certain degree of saturation.

Delay performance is subjected to both direct and indirect effects from flow uncertainty. The stochastic mean is always greater than the deterministic mean, indicating that ignoring flow uncertainty will substantially underestimate delay if degree of uncertainty is significant. When control actions are composed based on the actual flows, the mean of stochastic delay will reduce significantly, confirming that the adaptive control is much effective than the deterministic control. Variation in control actions will also increase the mean of stochastic delay in theory since the delay performance is a convex function of control actions. Supposed the effectiveness of control actions degenerates, the mean of stochastic delay will increase and be possibly worse than the mean of stochastic delay with deterministic controls if the control actions substantially deviate from the perfect state. The Monte-Carlo simulation study shows that the margin of allowable in control actions ranges from 3%-7%.

On the other hand, accuracy of flow prediction also plays an important role in delay performance. When the control algorithm such as the manual procedure proposed here is able to deliver nearly optimal controls based on actual flows, the impact of control algorithm itself on delay is usually marginal. However, error in flow predictions will significantly affect the effectiveness of controls and become a dominant factor for delay performance if flow predictions are not accurate. This study indicates that the mean of stochastic delay with the predictive controls will always be greater than the mean of stochastic delay with the perfect control since the flow prediction is always subjected to uncertainty. This study also shows that the adverse effect of error in flow prediction on delay is slightly less than the imperfect controls. The delay performance starts deteriorating when error in flow predictions exceeds

4%-10% from the actual measurements. With these mean and variance being derived on controls, one could perform the so-called stochastic control which is considered to be more robust control strategy against uncertainty to further improve the effectiveness of control actions. The authors will devote to examine this subject in a future study.

Urban Traffic Control in a Cooperative Environment: The Speed Profile Application

Francesco Alesiani

Mizar Automazione s.p.a., Via Nizza 262/57, 10126, Torino, Italy

Manuel Milli

Mizar Automazione s.p.a., Via Nizza 262/57, 10126, Torino, Italy

Abstract

This work presents a cooperative vehicle to infrastructure application and describes basic principles and opportunities. The Speed Profile application is developed inside the CVIS EU-funded project and will lead to a demonstration in 2009. The paper also describes some design aspects of the HMI to present the speed suggestion to the driver in an effective and natural way.

Keywords

Cooperative Vehicle Infrastructure Application; Urban Traffic Control; Speed Advice; HMI;

1 Introduction

CVIS [1] is a major EC-funded initiative in the context of cooperative vehicle infrastructure cooperation systems. Coordinated Traffic Control is a fundamental tool to increase traffic efficiency especially in City, allowing optimal use of road network as required in congested networks.

The CURB sub-project of CVIS is aimed to define and to implement selected cooperative applications for the urban environment. A specific application that exploits the possibility to communicate with the vehicle is the approaching speed advice application, which defines a suggestion to the driver based on the traffic control strategy.

Drivers typically approach intersection at maximal speed since green time is now known. The ability to exchange information between the vehicle and the infrastructure allows coordinating the approaching trajectory between the vehicle and the UTC system at the intersection taking into consideration of different aspects, as green time, prioritization, safety, comfort and efficiency. An example situation is presented in Figure 1, where an approaching vehicle from the right can be suggested with a speed profile solution which avoids stop&go conditions.

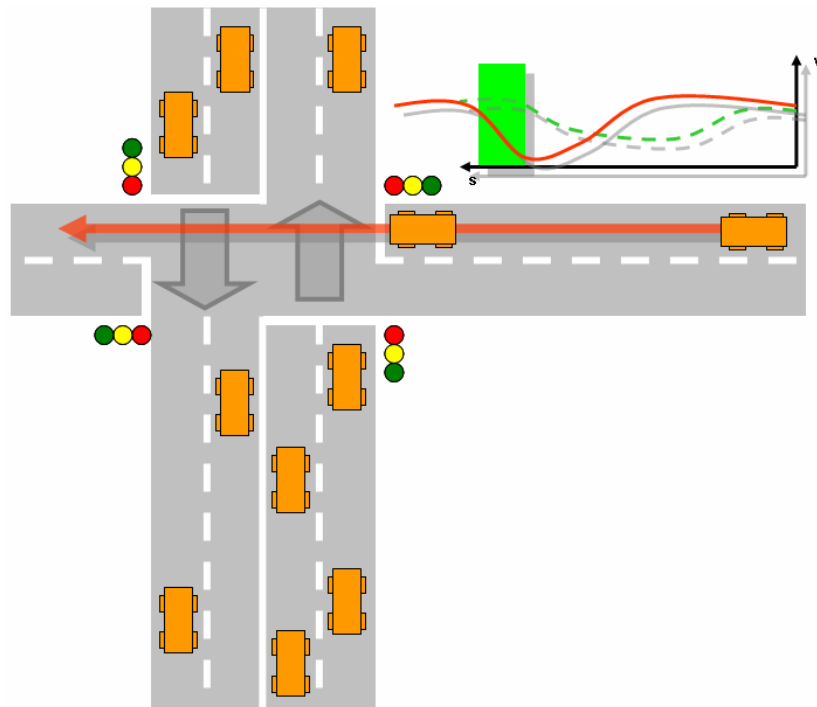


Figure 1 – approaching Speed profile suggestion example, optimal suggestion avoids stop&go situation

This work presents some concept developed in the project and some consideration on the implementation, giving also some design indication for vehicle's Human Machine Interface (HMI).

2 Principles and Application Description

Vehicle in a cooperative environment is able to communicate to the local intersection. UTOPIA is an adaptive traffic control system which coordinates in an adaptive and distributed way the traffic flow at the intersections, considering current and historical traffic measures and traffic strategy coming from the traffic management centre.

The road side unit (RSU), which interfaces the urban traffic control (UTC) unit, is equipped with communication capabilities. In the CVIS project, major CALM interfaces are M5, which is a microwave based media, and the Infra Red (IR) communication media.

The approaching vehicle is provided with the local road structure described by the corridor list [4]. After the localizing itself in the corridor, the vehicle starts to talk with nearby RSUs exchanging relative distance to stop line of the controlled intersection and other information. The RSU, after receiving the green time windows from the nearby intersections, inform the vehicle of the current and predicted traffic stages.

The vehicle receives the green time windows information and computes the optimal approaching speed profile, as described in [6], to be provided to the driver, which can take different criteria:

- Energy/environment (less acceleration and total speed)
- Safety (less maximum speed)
- Throughput (platooning)
- Comfort (avoids stop&go)
- Total travelled distance

Considering a constant speed scenario, the solution space is represented in Figure 2, while a possible solution is presented in Figure 3

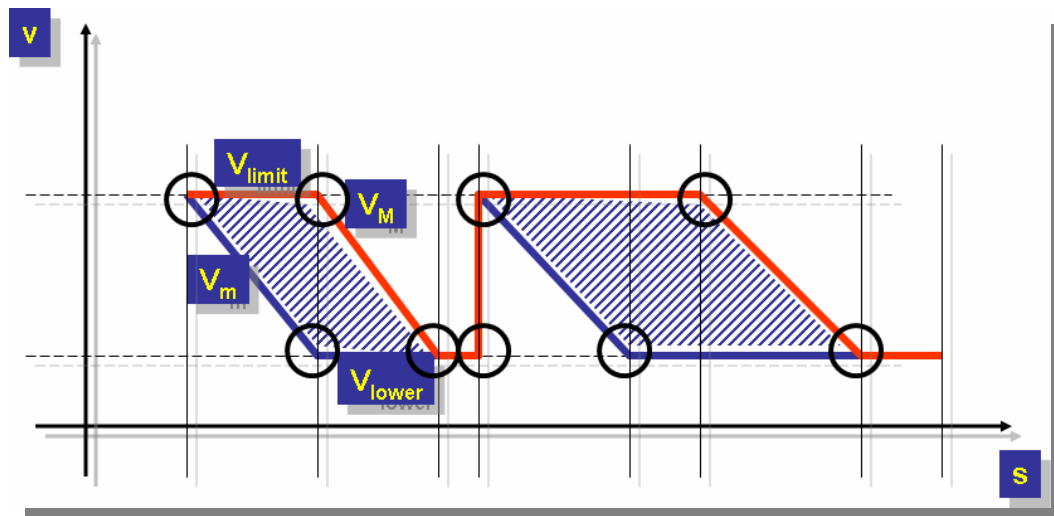


Figure 2 - Approaching Speed Profile Solution Space, constant speed hypothesis

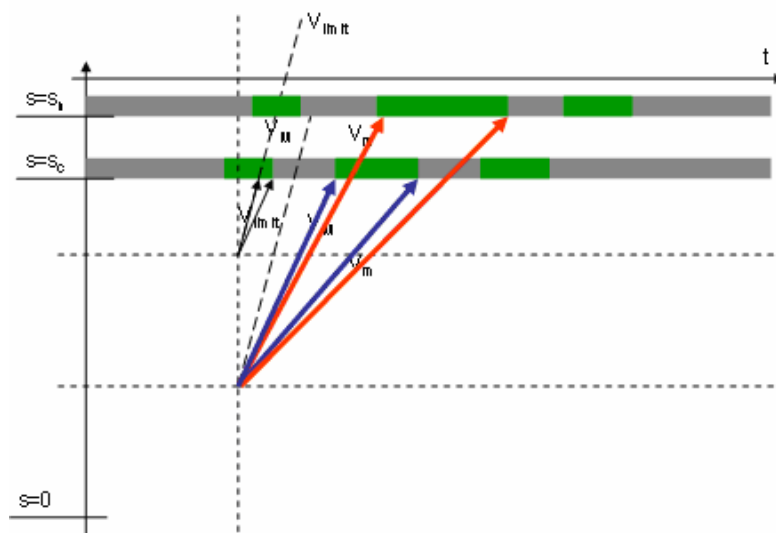


Figure 3 - Example Approaching Trajectory at the intersection

3 Human Machine Interface Design

A proper interface design has to provide a mix of inputs and outputs mechanism that can satisfy the user's needs capabilities and limitations in the most effective way possible [3]. For a driver the ability to stay concentrated on the road and the other road users and contemporary to take into consideration the most relevant instrumentations on the control panel is essential.

We present a possible HMI design which only partially considers all the necessary safety criteria. The design strategy was focused on the compatibility of the speed profile application with the existing car instrumentation and in such a way to be easy comprehensive even without a major technical background. Figure 3 shows a possible HMI implementation of the speed profile application interface.

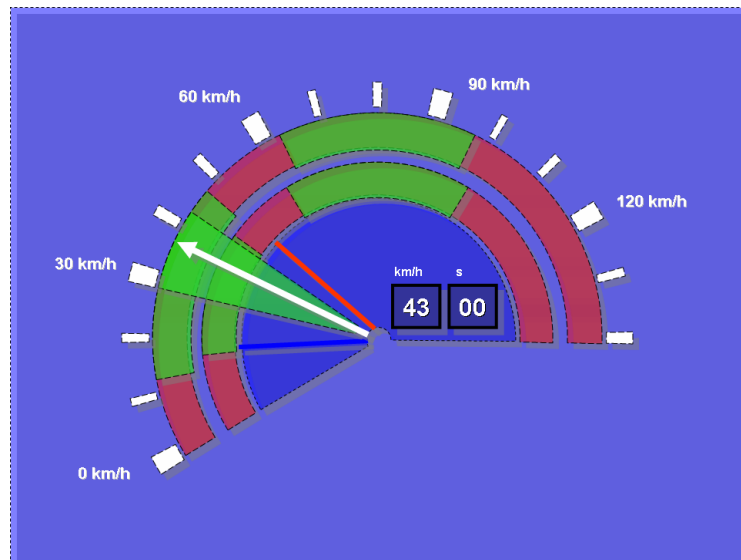


Figure 4 - Example HMI design for Approaching Speed Profile application

Two coloured circular crown sections represent the green windows provided by the UTC to the vehicle, as shown in Figure 3. Based on the speed kept by the driver he/she will be able to single out the green time window immediately. The concept can be intended as an extension of the common tachometer where the white arrow is the current vehicle speed, the red one the maximum allowed speed while the green one the minimum speed necessary to catch at least one green time window. A special green arc represent the suggested speed interval, which may include more sophisticated criteria to be suggested to the driver. Time to green in seconds is provided for comfort, when waiting at the stop line.

4 Conclusion

This paper presents the Approaching Speed Profile application as an example Cooperative Infrastructure to Vehicle application for the urban environment. Some concepts are presented and some HMI design ideas are reported. The application will be demonstrated in the context of CVIS in the 2009 in Torino, Italy. These field tests will give important feedbacks on the maturity of the application developed as well as on the usability of the HMI.

5 Acknowledgements

We acknowledge the CVIS project for the support in the activities and CRF, Maria Paola Bianconi and Carlo Liberto for the joint development and design activities for the vehicle components, which will be demonstrated in 2009. A special thank to Maurizio Pasquero the design and the development of the infrastructure side.

6 Reference

- [1] The CVIS project, www.cvisproject.com
- [2] UTOPIA, www.miz.it
- [3] The Essential Guide to User Interface Design-An Introduction to GUI Design Principles and Techniques, Second Edition, *Wilbert O. Galit*, 2002
- [4] CVIS IP, "CVIS D3.1 CURB Architecture and System Specifications", v4.5
- [5] F. Biora, G.Franco, "Controllo Dinamico delle intersezioni stradali mediante informazioni dirette ai veicoli", Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, 1991

QFCD – Ein mikroskopisches Verfahren zur Ermittlung der individuellen Qualität von Verkehrsinformationen

Klaus Bogenberger

TRANSVER GmbH, Maximilianstraße 45, 80538 München, Germany

Martin Hauschild

BMW Verkehrstechnik und Verkehrsmanagement, 80788 München, Germany

Einleitung

Privatwirtschaftliche Verkehrsinformationen erfreuen sich gerade in jüngster Vergangenheit wachsender Beliebtheit. Die zunehmende Verbreitung von Navigationsgeräten inklusive dynamischer Verkehrsinformationen, häufig von privaten Diensteanbietern, und die zunehmende Verfügbarkeit von städtischen Verkehrsinformationen bei Privatanbietern sind hierfür verantwortlich. Der individuelle Kundennutzen hängt dabei maßgeblich von der Qualität der verfügbaren Informationen ab. Wird der Stau rechtzeitig gemeldet und auch wieder abgemeldet? Sind der Stauort und die Staulänge genau angegeben? Langfristig werden sich die privaten Anbieter nur durchsetzen können und wirtschaftlich erfolgreich sein wenn ein eindeutiger Zusatznutzen für einen Kunden gegenüber einem kostenfreien Angebot nachgewiesen werden kann. Gerade im urbanen Umfeld mit vielen möglichen Alternativrouten ohne große Umwege sind zuverlässige Information für den Kunden von hoher Bedeutung. Er wird nur qualitativ hochwertige Informationen akzeptieren und auch nur für exzellente Dienste zahlungsbereit sein.

Bisher existieren aber kaum Verfahren zur unabhängigen Bestimmung der individuellen Qualität von Verkehrsinformationen aus Kundensicht. Diese wären aber gerade aus Gründen der Vergleichbarkeit von Angeboten oder für ein Benchmarking von Diensten von hohem Interesse, sowohl für die Navigationsgerätehersteller, Zulieferer und Automobilhersteller als auch für den einzelnen Kunden. Eine Qualitätsmessverfahren, das gerade die Kundenwahrnehmung möglichst exakt wiedergeben soll, muss vor allem die zeitliche und räumliche Exaktheit der Verkehrsinformation und die Konsistenz (Übereinstimmung) der Information mit der vom Kunden vorgefundenen realen Verkehrssituation abbilden und bewerten. Aus ökonomischen Gründen sollte das Verfahren auf allgemein verfügbaren Daten basieren, so dass es flächendeckend verwendet werden kann und nur geringer Kodierungs- und Kalibrierungsaufwand notwendig ist.

Für die unabhängige, statistisch signifikante Qualitätsüberwachung der gesamten Prozesskette zur Erzeugung der Verkehrsinformationen (Meldekette) existiert bereits das allgemein anerkannte „QKZ-Verfahren“ [BOGENBERGER, 2003], es wird u.a. bei BMW für das Qualitätsmonitoring der ASSIST V-Info Verkehrsinformationen in Deutschland eingesetzt. Dabei werden zwei Qualitätsindikatoren (QKZ_1 und QKZ_2) basierend auf einer räumlich-zeitlichen Rekonstruktion des Verkehrsablaufs aus straßenseitigen Detektoren berechnet. Durch die Verwendung von Detektormesswerten liegt i.d.R. eine umfangreiche makroskopische Datenbasis für das ausgewählte Testnetz vor.

Nachfolgend wird ein neues Verfahren zur Ermittlung der individuellen Qualität von Verkehrsinformationen aus Kundensicht basierend auf fahrzeugintern aufgezeichneten, mikroskopischen Messdaten vorgestellt (Qfcd-Verfahren). Ziel war es außerdem ein Verfahren zu entwickeln das schnell einsatzfähig ist und für das der komplette Datenbestand für die Qualitätsbewertung unabhängig erhoben werden kann. Für das Qfcd-Verfahren sind deshalb keine Detektormesswerte mehr notwendig. Die reale Verkehrssituation wird aus Fahrerperspektive mittels Zeit-Weg-Aufzeichnungen des von ihm gelenkten Fahrzeugs

rekonstruiert. Die vom Navigationsgerät empfangenen und vom Fahrer/Fahrzeug bewertbaren Informationen werden mit der realen Situation überlagert und anschließend wird die Qualität mit zwei unabhängigen Indikatoren ermittelt. Es wird versucht das subjektive Fahrerlebnis und Informationsempfinden nachzubilden und anschließend objektiv zu bewerten. Mit dem Qfcd-Verfahren können sowohl einzelne Prozessschritte als auch das Gesamtsystem zur Verkehrsinformationserzeugung bewertet werden. Das Verfahren kann sowohl auf Autobahnen, Bundesstraßen, Landstraßen als auch im städtischen Verkehr eingesetzt werden.

Das Qfcd - Verfahren

Das Verfahren basiert auf der zeitlich-räumlichen Rekonstruktion der dem Kunden zum relevanten Zeitpunkt im Fahrzeug angezeigten Verkehrsinformation und der tatsächlich von ihm vor Ort vorgefundenen Verkehrssituation. Die reale Verkehrssituation wird aus einer kontinuierlichen Zeit-Weg-Aufzeichnung im Testfahrzeug ermittelt. Da auch Verkehrsinformationen einen klar definierten Zeit-Weg-Bezug haben¹ können sie ebenfalls in das Zeit-Weg-Diagramm eingetragen werden.

Das Verfahren zur Rekonstruktion der realen Verkehrssituation aus einer Fahrzeugtrajektorie kann Abbildung 1 entnommen werden. Aus der individuellen Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs wird eine mittlere Durchschnittsgeschwindigkeit pro Streckensegment, z.B. pro TMC-Abschnitt, ermittelt. Dadurch entsteht ein Zeit-Raum Abschnitt, dem für den Zeitraum t und die Strecke x eine mittlere Geschwindigkeit v zugewiesen werden kann. Dieser Abschnitt wird im nächsten Bearbeitungsschritt eingefärbt, grün für mittlere Geschwindigkeiten > 60 km/h (freier Verkehr) und rot für mittlere Geschwindigkeiten < 60 km/h (gestauter Verkehr). Es können durch dieses Verfahren nur Zeit-Raum Abschnitte und korrespondierende Verkehrsmeldungen bewertet werden, für die auch Fahrzeugmessungen vorliegen. Man kann also nur dort die Qualität der Verkehrsinformationen eindeutig bewerten wo Fahrzeuge fahren. Bei ausreichender Stichprobengröße könnte man allerdings auch zwischen den Trajektorien der Einzelfahrzeuge interpolieren und ein kontinuierliches Zeit-Raum Geschwindigkeitsfeld (Contour-Plot) ermitteln.

Durch die individuelle Fahrweise des Kunden wird die Rekonstruktion der Verkehrssituation (die Bewertungsgrundlage) der Verkehrsmeldung beeinflusst. Im Staufall kann der Fahrer seine Geschwindigkeit jedoch nicht frei wählen, sein Fahrverhalten wird durch das ihn umgebende Fahrzeugkollektiv bestimmt, die Verkehrsmeldung kann also objektiv bewertet werden. Kritisch wäre nur eine extreme Langsamfahrt des Kunden im freien Verkehr, man würde aus der gefahrenen Geschwindigkeit ggf. einen Stau ableiten, eine Meldung würde also folglich falsch bewertet. Durch die eindeutigen Vorgaben für die Testfahrer „sich mit dem Verkehrsstrom zu bewegen“ und/oder „überhole so viele Fahrzeug wie Dich überholen“ kann dies jedoch leicht vermieden werden.

Verkehrsinformationen werden typischer Weise in einer Prozesskette (Meldekette) der Verkehrsdatenerhebung, Verkehrsdatenverarbeitung, Modellierung und Kommunikation erzeugt und verbreitet. Mit Hilfe des Verfahrens können sowohl die einzelnen Sub-Prozesse und deren Beitrag zur Gesamtqualität bestimmt werden als auch die Gesamtqualität des Systems. Im Folgenden wird jedoch das Hauptaugenmerk auf die Gesamtqualität des Systems gelegt, da der Kunde in seinem Endgerät nur diese Qualität sieht und wahrnimmt. Die Verkehrsmeldungen des Navigationsgeräts werden mit der rekonstruierten Verkehrslage aus der Fahrzeugtrajektorie überlagert.

¹ Der Text einer Verkehrsinformation lautet in etwa „x km Stau zwischen Anschlussstelle A und B“, diese wird für einen bestimmten Zeitraum ausgestrahlt, daraus ergibt sich ein klar definierter Zeit-Weg-Bezug der Meldung.

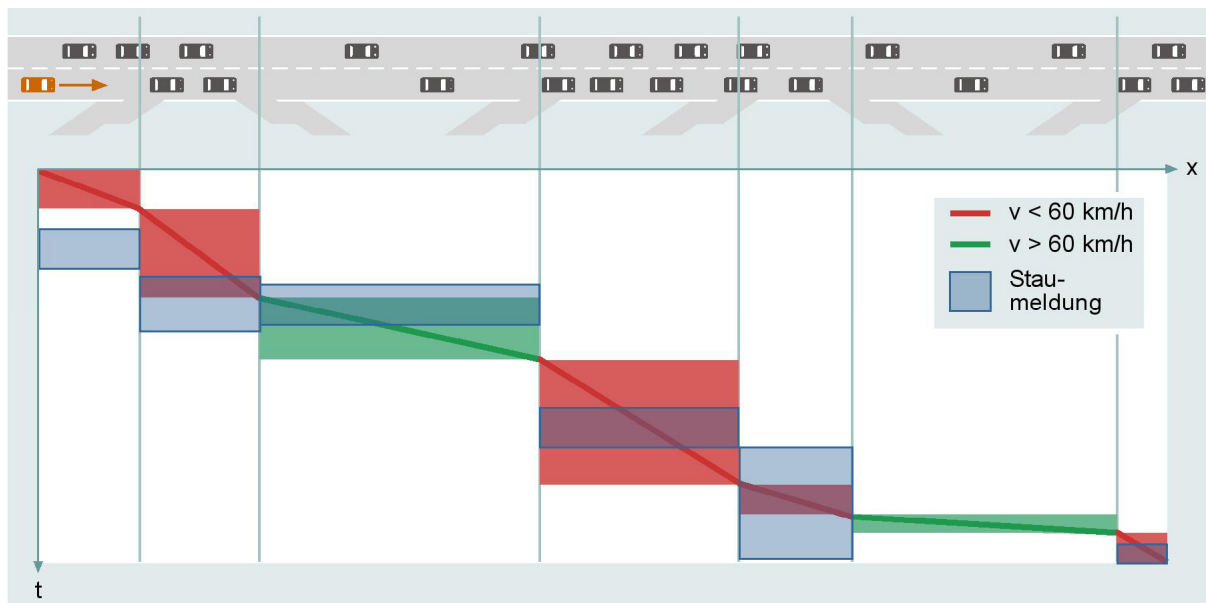


Abbildung 1: Rekonstruktion der realen Verkehrssituation aus der Trajektorie eines Einzelfahrzeugs; Zeit-Raum-Darstellung einer Verkehrsmeldung

Die Qualitätsbeurteilung der Verkehrsinformationen basiert auf dem Vergleich der tatsächlichen Verkehrssituation und die für ihn und seine Routenwahl zum relevanten Zeitpunkt vorhandene Verkehrsinformation im Fahrzeugendgerät. Basierend auf dieser Information (oder Nicht-Information) hätte er selbst oder das Endgerät automatisch eine Alternativroutenwahl getroffen. Da alle relevanten Messgrößen im Fahrzeug selbst erfasst werden und der Vergleich das Fahrer-/Kundenempfinden abbildet wird von einem „mikroskopischen, Fahrer-/Kunden-orientierten Qualitätsmessverfahren“ gesprochen.

Die individuelle Qualität der Verkehrsinformation wird durch die beiden Qualitätsindikatoren Q_{fcd1} und Q_{fcd2} definiert (siehe Abbildung 2):

$$Q_{fcd1} = D / E ,$$

$$Q_{fcd2} = 1 - (D / A),$$

wobei E als die zeitlich-räumliche Staufläche im x-t Diagramm definiert wird. A gibt die x-t-Verkehrsmeldefläche (Stau-meldung) an die vom Fahrer beobachtet wurde und als D wird die Schnittmenge von E und A bezeichnet.

Eine isolierte Betrachtung eines der beiden Qualitätsindikatoren hat nur eine geringe Aussagekraft, es sollten immer beide Indices in Kombination analysiert werden. Zum Beispiel könnte ein Verkehrsinformationsdienstanbieter relativ leicht durch die Anpassung der Parameter seines Verkehrsmodells zur Informationserzeugung die Erkennungsrate Q_{fcd1} verbessern, dies wäre aber i.d.R. immer mit einer Erhöhung der Fehlalarmrate Q_{fcd2} verbunden. Dadurch wird deutlich, dass nur eine integrierte Betrachtung beider Qualitätsindikatoren eine objektive Aussage über die tatsächliche Qualität zulässt.

Die verwendete Verkehrslagerekonstruktion ist natürlich „nur“ eine Näherung der tatsächlich vorhandenen Verkehrssituation, für eine „perfekte“ Verkehrslagerekonstruktion wären die tatsächlichen Zeit-Weg-Verläufe aller Fahrzeuge der Stichprobe notwendig. Natürlich wäre eine derartige Messung viel zu aufwendig und kostenintensiv, deshalb stellt das vorgeschlagene Verfahren bei repräsentativer Stichprobengröße eine sinnvolle Vorgehensweise dar. Durch ein intelligentes Feldversuchsdesign können mit dem Qfcd-Verfahren statisch signifikante Ergebnisse ermittelt werden. Die Anzahl der für einen

Versuch notwendigen Fahrzeuge wird dabei durch eine räumliche Verteilung historischer Verkehrsmeldungen und einen modifizierten Chi-Quadrat Test bestimmt.

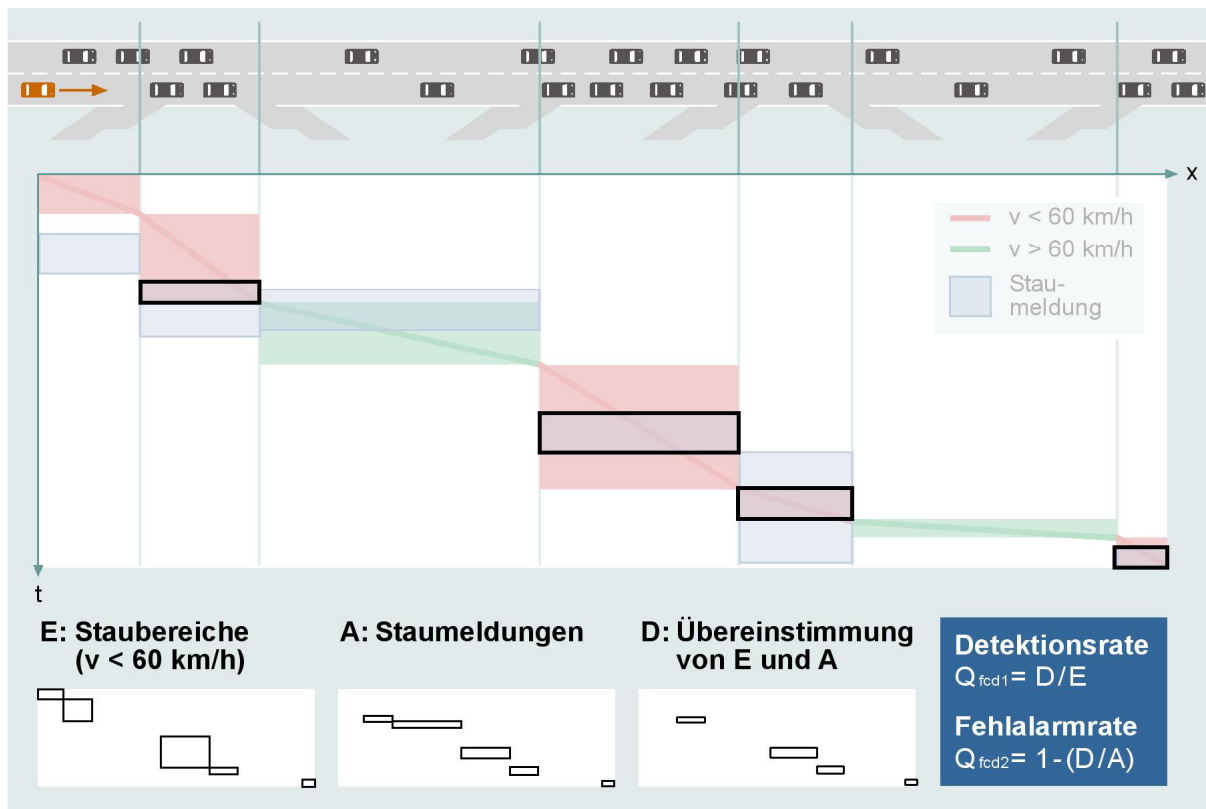


Abbildung 2: Überlagerung der rekonstruierten Verkehrslage und der Verkehrsmeldungen; Berechnung der Qualitätsindikatoren Q_{fcd1} und Q_{fcd2} .

In Abbildung 3 ist das sog. Qfcd-Qualitätsdiagramm dargestellt, Q_{fcd1} auf der x-Achse und Q_{fcd2} auf der y-Achse. Der Wertebereich für beide Indikatoren erstreckt sich dabei von 0 bis 1. Die Qualität wird dabei in die drei Bereiche "ok", "middle" und "inadequate" unterschieden.

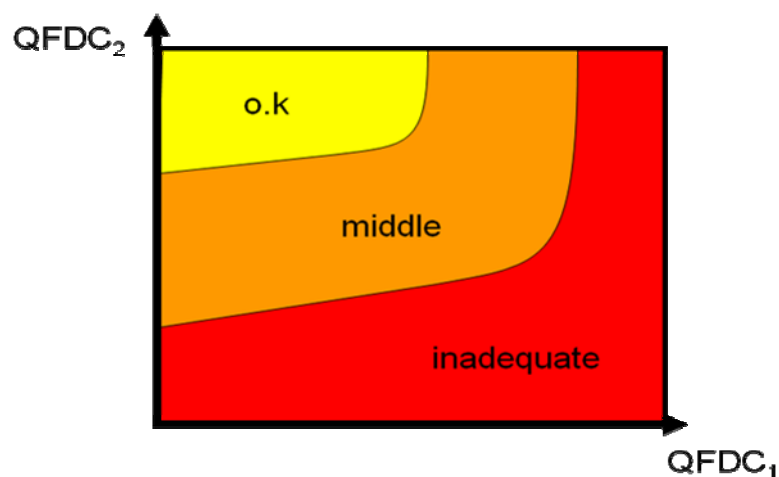


Abbildung 3: Qfcd-Qualitätsdiagramm

Das vorgestellte Qfcd-Verfahren wurde von der TRANSVER GmbH in das professionelle Software Paket LOTRAN integriert. Die Software unterstützt die Datenverarbeitung, Qfcd-Qualitätsermittlung und Visualisierung der Ergebnisse und ermöglicht außerdem einen direkten Vergleich mit den Ergebnissen des „QKZ-Verfahrens“. Außerdem sind die für die

Abschätzung der Fahrzeugstichprobe notwendigen statischen Verfahren und Datenschnittstellen vorhanden.

Ausblick

Das Qfcd-Verfahren wurde von der BMW AG bereits in zahlreichen Feldversuchen in den USA erfolgreich eingesetzt und dient der kontinuierlichen Qualitätsüberwachung des dortigen BMW ASSIST Verkehrsinformationsdienstes.

Der Versuchsaufbau im BMW Fahrzeug, das Feldversuchsdesign in den einzelnen Städten und die Ergebnisse des Qfcd-Verfahrens werden im endgültigen Papier ausführlich dargestellt.

Literaturverzeichnis

BOGENBERGER K. (2003). Qualität von Verkehrsinformationen. *Straßenverkehrstechnik, Heft 10, 47. Jahrgang*.

BOGENBERGER K.; N. HENKEL, E. GOEBEL, R. KATES (2003). How to keep your traffic information customers satisfied. 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transportation Systems and Services, Madrid, Spanien.

System zur dynamischen Fahrgastlenkung im Störfall

Uwe Böhme

Technische Universität München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Arcisstraße 21, 80333 München, Deutschland

Antonios Tsakarestos

Technische Universität München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik, Arcisstraße 21, 80333 München, Deutschland

Frederik Nöth

Verkehrs-Aktiengesellschaft Nürnberg, Südl. Fürther Straße 5, 90429 Nürnberg, Deutschland

Einleitung

Dynamische Fahrgastinformation leistet einen wichtigen Beitrag zur Attraktivitätssteigerung des öffentlichen Verkehrs. Bei Betriebsstörungen, die sich negativ auf den Fahrgastfahrplan auswirken, wird bisher meist über die Störung informiert und ggf. auf den Ersatzverkehr verwiesen. Doch vor allem in Großstädten mit dichten Netzen sind teilweise Umfahrungsmöglichkeiten vorhanden, auf die im Störfall verwiesen werden könnte, um so einen schnelleren Reiseverlauf der betroffenen Fahrgäste zu erreichen. Dafür ist es notwendig, Abweichungen vom Regelbetrieb zu erkennen, neue zu empfehlende Reiseketten zu ermitteln und diese wirksam an die Fahrgäste zu kommunizieren.

Für die gezielte und schnelle Information von Fahrgästen ist ein System konzipiert worden, welches die Mitarbeiter in den Leitstellen bei der Bearbeitung der Fahrgastinformation und insbesondere der Fahrgastlenkung im Ereignisfall unterstützen soll. Durch diese Informationen sollen Fahrgäste des ÖPNV z.B. durch Umfahrung des gestörten Gebietes möglichst schnell ihr Ziel erreichen.

Dieses System, das im Folgenden vorgestellt werden soll, ist das Ergebnis des FOPS- Forschungsprojektes „Entwicklung, Strategie und Instrumentarium für ein dynamisches ÖV-Routing“ (FE 70.792) des Bundesministeriums für Verkehr Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), das zusammen mit weiteren Projektpartnern sowie der Unterstützung durch Verkehrsunternehmen und Industriepartner durchgeführt wurde. Inhaltlich orientiert sich die nachfolgende Beschreibung am bisher unveröffentlichten Bericht zum genannten Forschungsvorhaben.

Methodik

Das System zur dynamischen Fahrgastlenkung ist in einem mehrstufigen Entwicklungsprozess entstanden (siehe Abbildung 1). Zunächst erfolgte eine Bestandsanalyse und Bewertung der heutigen Praxis in Hinblick auf das dynamische Fahrgast-Routing. Anschließend durchgeführte Experteninterviews und eine Fachgremiensitzung haben weitere zu berücksichtigende Aspekte aufgezeigt. Aus den Ergebnissen sind funktionale und organisatorische Anforderungen an das Fahrgast-Routing-System (FRS) aufgestellt worden. In einer darauf folgenden Phase wurde der genaue Untersuchungsraum definiert. Hiermit wurde der Grundbaustein für eine Nutzenermittlung gelegt, bei der innerhalb des Untersuchungsraums auf

Basis des entwickelten Systems die Auswirkungen auf die Fahrgäste anhand verschiedener Parameter abgeschätzt wurden. Eine hierbei verwendete Bewertungsfunktion hat Elemente wie Umsteigevorgänge, Wartezeiten oder zusätzliche Fußwege berücksichtigt, die subjektiv meistens zeitintensiver bewertet werden.

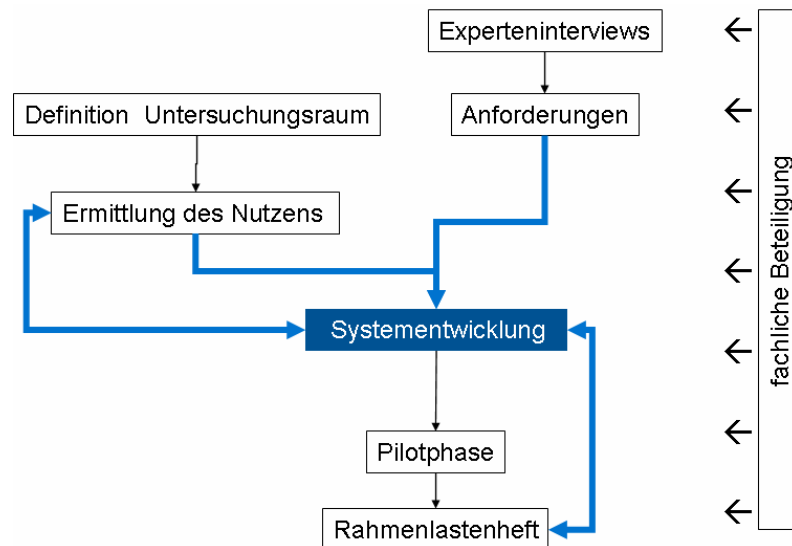


Abbildung 1: Methodik zur Systementwicklung

[Quelle: in Anlehnung an unveröffentlichten Endbericht des BMVBS zum FOPS Forschungsvorhaben FE 70.792]

Der Nachweis der Funktionsfähigkeit konnte durch die abschließende Pilotphase gezeigt werden, bei der eine Simulation realistischer Störungssituationen stattfand und damit einen Test des methodischen Gesamtansatzes darstellte. Alle Forschungsergebnisse bildeten die Grundlage für die Erstellung eines Rahmenlastenheftes. Die im Rahmenlastenheft festgelegten Anforderungen können, ergänzt mit den Randbedingungen des Verkehrsunternehmens / Verkehrsverbundes, in ein Lastenheft überführt werden.

Systemaufbau

Das System berücksichtigt sowohl die Möglichkeit vordefinierte Lenkungsmaßnahmen für die Fahrgäste zu hinterlegen als auch im Fall von ungeplanten Ereignissen spontane Lenkungsmaßnahmen zu entwickeln. Die Grundlage der Fahrgastlenkung bilden Ist-Daten, die aus modernen Intermodalen Transport Control-Systemen (ITCS) extrahiert und aufbereitet werden. Es handelt sich hierbei meist um die Abweichungsinformation in Relation zum geplanten Betriebszustand. Diese automatisch generierten Daten werden durch weitere Informationen ergänzt, die vor allem auf Erfahrungen und Erkenntnissen der Leitstellenmitarbeiter basieren.

Als Werkzeug für die Berechnung der Lenkungsmaßnahmen wird das Fahrplanauskunftssystem genutzt. Die elektronische Fahrplanauskunft wird bisher für individuelle Auskünfte verwendet, kann aber in modifizierter Form für die Mitarbeiter in der Leitstelle eingesetzt werden.

In erster Linie sollen die Informationen für kollektive Medien aufbereitet und auch verkehrs-unternehmensübergreifend zur Verfügung gestellt werden. Hierfür werden größtenteils standardisierte Schnittstellen zum Datenaustausch verwendet, so dass das FRS optimal in die vorhandene Systemumgebung integriert werden kann.

Funktionsbeschreibung

Nach dem Auftreten eines Störungs-Ereignisses, das zu Fahrplanabweichungen geführt hat (z.B. Oberleitungsschaden einer Straßenbahn, Behinderungen durch Falschparker, etc.), muss zunächst ein gestörter Bereich definiert werden, in dem die Fahrzeuge des ÖPNV nicht oder nur unzureichend verkehren. Hierfür gibt der Bediener des FRS über Eingabemasken Erstinformationen zur Störung (betroffene Linien, Haltestellen, Fahrtrichtungen) ein, die er von Disponenten an den ITCS erhält. Darüber hinaus sind Vorgaben (Verkehrsmittel, Anzahl der Umstiege, Fahrzeit zum gestörten Bereich) zu berücksichtigen, mit denen das Gebiet, das mit Informationen versorgt werden soll, erweitert oder verringert werden kann.

Auf Basis dieses definierten gestörten Bereiches und der getroffenen Vorgaben werden mit Hilfe der elektronischen Fahrplanauskunft automatisch diejenigen Haltestellen identifiziert, an denen die Fahrgast-Information kommuniziert werden muss. Unter Verwendung des ITCS müssen außerdem Fahrzeuge des ÖPNV im Zulauf auf den gestörten Bereich identifiziert werden.

In einem ersten Schritt wird an den identifizierten Informationsmedien (in Fahrzeugen, an Haltestellen) über die Störung informiert, ohne konkrete Routing-Informationen zu nennen. Dazu werden vom FRS Ad-hoc-Informationen erzeugt und zur Bestätigung dem Bediener des FRS angezeigt. Nach der Bestätigung stehen die Informationen für ITCS oder Info-Server zur Verfügung, wo diese entsprechend der Eigenschaften der verfügbaren Informationsmedien aufbereitet und umgesetzt werden.

Durch welche Reisekette der Fahrgast schneller ans Ziel kommt, wird in einem zweiten Schritt mit Hilfe der elektronischen Fahrplanauskunft ermittelt. Dazu werden unter Berücksichtigung einer prognostizierten Störungsdauer mögliche Reiseketten von einer Starthaltestelle (=identifizierte betroffene Haltestelle) zu einer definierten Zielhaltestelle berechnet. Als Zielhaltestelle sollte ein Umsteigepunkt nahe am gestörten Bereich definiert werden, von dem aus eine Weiterfahrt möglich ist. Das Ergebnis wird dem FRS zur Verfügung gestellt. Das FRS wählt nach der Bewertung unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien wie Bedienungshäufigkeit, Anzahl der Umstiege, Reisezeit, etc. die günstigsten Alternativen aus und zeigt sie dem Bediener in einem Dialogfenster zur Bestätigung an. Die anschließende Weiterverarbeitung erfolgt analog zur Ad-hoc-Information.

Für die Auswahl geeigneter Reiseketten ist die jeweilige vorhandene verkehrliche Situation maßgeblich, so dass eine Veränderung der Verkehrslage (z.B. durch den eingesetzten Schienenersatzverkehr) eine Neuberechnung notwendig werden lässt. Sollte es nach der Behebung der Störung weiterhin zu Fahrplanabweichungen kommen, ist eine Nachlauf-Information möglich, die nach Wiederherstellung des Regelbetriebes deaktiviert wird.

Die folgende Abbildung zeigt die für das Fahrgast-Routing notwendigen Systeme und deren wesentliche Funktionen.

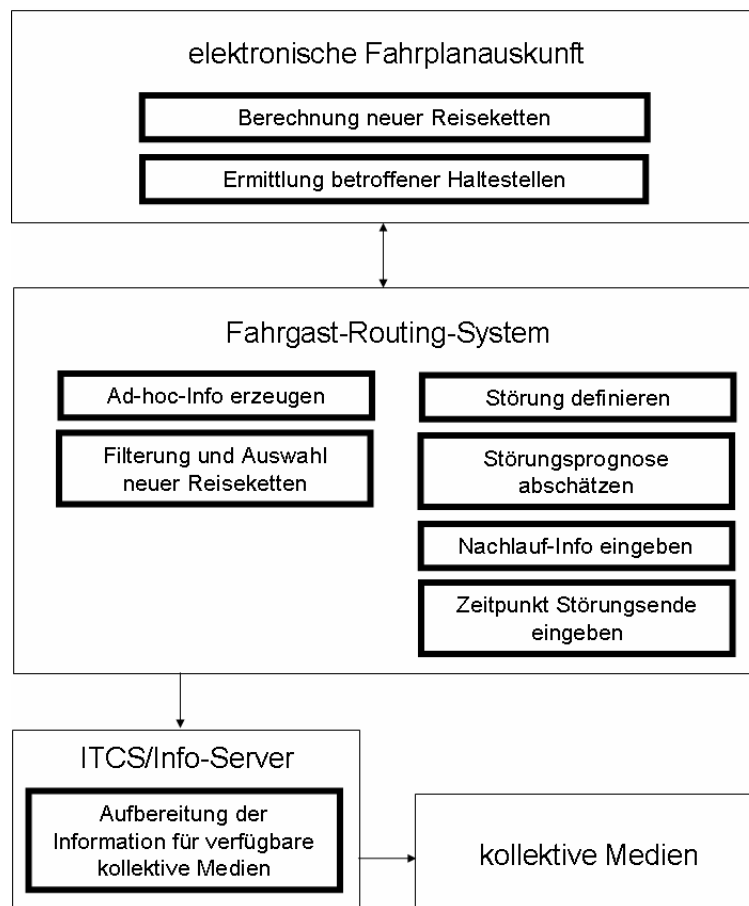


Abbildung 2: Systemaufbau und Funktionsweise

[Quelle: in Anlehnung an unveröffentlichten Endbericht des BMVBS zum FOPS Forschungsvorhaben FE 70.792]

Fahrgästen des öffentlichen Verkehrs könnte durch dieses System erstmalig eine konkrete Routenoption bei spontan auftretenden Störungen aufgezeigt werden und damit einen Beitrag zu höherer Kundenzufriedenheit und –bindung leisten. Darüber hinaus würden Verkehrsbetriebe von einer gleichmäßigeren Auslastung von Fahrzeugen sowie zusätzlichen Maßnahmen zur Reaktion auf betriebliche und verkehrliche Störungen profitieren. Insgesamt geht dieser Ansatz damit deutlich über bisherige Strategien hinaus. Darauf aufbauend sollte das Fahrgast-Routing-System in anschließenden Forschungsprojekten anhand realer Abläufe und Störuereignisse getestet werden. Hierbei sind vor allem die zu erzielenden Auswirkungen und Ergebnisse für die Fahrgastinformation sowie der notwendige Aufwand durch die Mitarbeiter im Verkehrsunternehmen zu betrachten.

Dmotion – Baulastträgerübergreifende Alternativrouten- und Eventroutensteuerung

Dmotion – Integrated Traffic management by alternative route and event-oriented route guidance

Timo Finke

Landeshauptstadt Düsseldorf, Amt für Verkehrsmanagement, Auf'm Hennekamp 45, 40225 Düsseldorf, Germany

Alexander Göbbels

PTV AG (NL Düsseldorf), Abteilung Verkehrsmanagement, Gladbecker Straße 5, 40472 Düsseldorf, Germany

Hintergrund

Die Landeshauptstadt Düsseldorf ist ein Verkehrsmagnet. Insgesamt kommen täglich ca. 400.000 IV-Pendler nach Düsseldorf. Durch dieses hohe Verkehrsaufkommen entstehen regelmäßig Staus und Behinderungen auf den Zufahrtsstrecken im Umland (Bundesautobahnen und Einfallstraßen) und den innerstädtischen Hauptstraßen. Aus ökonomischen und ökologischen Gründen können diese Probleme nicht durch eine Erweiterung der Straßeninfrastruktur entschärft werden. Um die gegenwärtige Verkehrssituation im Ballungsraum Düsseldorfs für den motorisierten Individualverkehr zu verbessern, wurde daher entschieden, die Verkehrsauslastung des Straßennetzes mittels unterschiedlicher verkehrstelematischer Lösungsansätze zu optimieren.

Hier setzt das Projekt „Dmotion – Düsseldorf in Motion“ an. Ziel ist es, durch einen Daten- und Informationsverbund zwischen Stadt, Land und privaten Akteuren ein effektives, strategisches Verkehrsmanagement für den Ballungsraum Düsseldorf aufzubauen, um somit die Basis für verkehrliche Optimierungsprozesse zu schaffen. Eine wesentliche Grundlage dieses Kooperationsverbundes stellt die Erhaltung der jeweiligen hoheitlichen Zuständigkeiten der Partner als Baulastträger, Betreiber und Systemgestalter in den erforderlichen Abstimmungsprozessen dar.

Ausgangssituation

Die die Landeshauptstadt umgebende Autobahnnetzmasche bietet optimale Voraussetzungen für eine baulastträgerübergreifende Alternativroutensteuerung zur Verteilung des Verkehrsaufkommens im Gesamtnetz und zur Entlastung regelmäßig überlasteter oder gesperrter Netzelemente.

Voraussetzung zur Integration eines solchen baulastträgerübergreifenden Strategiemanagements ist die zentrale Erfassung der aktuellen Verkehrslage mittels entsprechender Detektorik und die Verkehrslenkung bzw. -information mittels straßenseitiger Aktorik in beiden Hoheitsgebieten. Da aus ökonomischen Gründen eine flächendeckende Erhebung der Verkehrszustände mittels stationärer Detektion im städtischen Netz nicht möglich ist, werden die Verkehrszustandsdaten im Rahmen von Dmotion aus verschiedenen Quellen für ein ausgewähltes Untersuchungsnetz erhoben und zusammengeführt.

Während die verkehrslageabhängigen Alternativroutenempfehlungen auf dem Autobahnnetz über 19 dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) an insgesamt 10 Entscheidungspunkten angezeigt werden, erfolgt dies im innerstädtischen Verkehrsnetz durch sieben Freitextanzeigen (Variotafeln). Neben den Verkehrsinformationstafeln in beiden

Hoheitsgebieten wurde zudem die nachfolgende Akteurik im städtischen Verkehrsnetz als Grundlage für ein baulastträgerübergreifendes Strategiemanagement umgesetzt:

- **Lichtsignalanlagen (LSA)**

Im Falle einer Strategieschaltung bzw. Alternativroutenempfehlung werden die LSA's auf der Alternativroute durch die Verlängerung der entsprechenden Freigabezeiten in leistungsfähigere Programme geschaltet, um eine reibungslose Verkehrsabwicklung aufgrund der erhöhten Nachfrage zu gewährleisten.

- **Wechselwegweiser (WWW)**

Neben den individuell schaltbaren Variotafeln mit Freitextanzeige werden zusätzliche additive Wechselwegweiser im Strategiemanagement berücksichtigt.

- **Internet**

Alle auf der Straße angezeigten Alternativroutenempfehlungen werden auch bei der städtischen Verkehrslagedarstellung der Stadt Düsseldorf im Internet angezeigt.

- **Content-Center-Private**

Der Akteur „Content-Center-Private“ wurde durch eine Schnittstelle zwischen der Stadt Düsseldorf und einem privaten Diensteanbieter eines individuellen Routingverfahrens demonstrativ umgesetzt.

Alternativroutensteuerung

Ein zentraler Bestandteil von Dmotion sind kollektive Alternativroutenempfehlungen, die ihren Ursprung in einem workflowbasierten Entscheidungsprozess haben. Voraussetzung hierfür sind Abstimmungen zwischen den Baulastträgern Stadt und Land, die sowohl im Vorfeld als auch während des Entwicklungsprozesses regelmäßig stattgefunden haben.

Dazu wurden Streckenabschnitte, auf denen regelmäßig Verkehrsprobleme in den Spitzenzeiten auftreten, sowie Netzabschnitte, deren Störung oder Sperrung sich aufgrund ihrer Ausnahmestellung im strategischen Netz auf das Gesamtnetz auswirken (z.B. Tunnel, Brücken) identifiziert. Daraufhin wurden Quell-Ziel-Beziehungen definiert, die bei ungestörtem Verkehrsfluss über diese Problemabschnitte führen. Für diese als Hauptrouten bezeichneten Verbindungen wurden dann Alternativrouten über möglichst weniger stark belastete Netzabschnitte gesucht. Aus diesem Planungsprozess ergaben sich insgesamt 71 Haupt- und Alternativroutenpaare. Nach der planerischen Abstimmung und Festlegung der Strategien fand die eigentliche Konzeptionierung und Entwicklung des workflowbasierenden Strategiemanagements statt.

Die Grundlage des Entscheidungsprozesses über eine Alternativroutenempfehlung stellt dabei eine automatisierte und regelbasierte Situationserkennung dar, in der kontinuierlich die Verkehrszustände (Level of Service) auf den Haupt- und Alternativrouten in beiden Verkehrsnetzen erfasst werden. Im Planungsprozess wurde die Gesamtheit aller Strategien und ihrer gegenseitigen Auswirkungen berücksichtigt und alle möglichen Konflikte durch die Betrachtung von Matrizen im Vorfeld identifiziert und durch verkehrlich, wirtschaftlich oder politisch motivierte Priorisierungen gelöst.

Im Rahmen der Strategieplanung wurde außerdem sichergestellt, dass alle Verkehrsteilnehmer, die der Alternativroutenempfehlung an einem Entscheidungspunkt folgen, im weiteren Verlauf der Alternativroute von der statischen Beschilderung wieder aufgefangen werden.

Durch Auswertung von unterschiedlichen Verkehrsdaten, die im Rahmen von Dmotion in einer großen Felduntersuchung erhoben wurden, wurden sowohl (kollektive) Befolungsgrade als auch (individuelle) Reisezeiteinsparungen während der Schaltung einer Alternativroutenempfehlung ermittelt.

Der Vergleich der Aufteilung von Zielverkehren auf Haupt- und Alternativrouten während der Strategieschaltung mit der Aufteilung ohne Strategieschaltung wurde mittels Kennzeichenerfassung für den ab AK Meerbusch nach Düsseldorf fahrenden Zielverkehr durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen einen Befolungsgrad in den Versatzzeiten der Verkehrsspitzen von 10-11% und in der Nebenzeit von 22-23%.

Der individuelle Reisezeitnutzen zwischen Alternativ- und Hauptroute konnte durch gleichzeitige Befahrungen beider Routen ermittelt werden. Im Falle der bereits gestörten Hauptroute vom AK Düsseldorf-Nord nach Düsseldorf Zentrum wurde bei noch freier Alternativroute trotz ca. 2,5 km längerer Strecke ein Zeitvorteil von 8 Minuten und 40 Sekunden erreicht.

Die Erfahrungen aus der Felduntersuchung führten zudem zu der Erkenntnis, dass sich das Umleitungspotential des Alternativroutenkonzepts in den Verkehrsspitzenzeiten häufig nur auf kurze Zeitfenster beschränkt, die dadurch charakterisiert sind, dass sich der Stau auf der Alternativroute zeitversetzt bzw. später als der Stau auf der Hauptroute bildet. Für die dauerhafte Akzeptanz des Gesamtsystems ist daher ein dynamisches System erforderlich, dass auf diese unterschiedlichen Verkehrszustände zuverlässig und zeitnah reagieren kann und die Alternativroute dem Verkehrsteilnehmer nur so lange empfiehlt, wie auf dieser ein zuvor festgelegter Level of Service aufrecht erhalten werden kann.

Eventstrategien

Ergänzend zu den Alternativroutenstrategien, die aufgrund aktueller Verkehrszustände geschaltet werden, wurden im Projektverlauf sogenannte Eventstrategien geplant. Eine solche Eventstrategie umfasst ein Bündel von Maßnahmen, die die Anfahrt zu einem Veranstaltungsort für Großveranstaltungen als gemeinsames Ziel aus allen Richtungen möglichst störungsfrei gewährleisten sollen. Im Gegensatz zu den rein störfallinduzierten Alternativroutenstrategien dienen die Eventstrategien sowohl als Grundlage für eine umfassende Vorabinformation von Besuchern, Bürgern und anderen Verkehrsteilnehmern im Vorfeld einer Großveranstaltung als auch für die aktuelle, verkehrsabhängige und möglichst verträgliche Steuerung des Besucherverkehrs am Veranstaltungstag.

Die unterschiedlichen Phasen der Eventstrategien werden im Folgenden dargestellt.

1. Vorlauf im Internet

Im Vorlauf zur Veranstaltung werden Besucher im Internetauftritt der Landeshauptstadt Düsseldorf über die Veranstaltung informiert. Neben der Ankündigung der Veranstaltung erhalten die Besucher hier im Zeitraum von 4 Wochen vor Veranstaltungsbeginn insbesondere Hinweise zur Anreise mit ÖPNV und MIV. Für die Anreise mit dem MIV werden die zur Verfügung stehenden Parkmöglichkeiten aufgeführt und für die Hauptanreiserichtungen auf die jeweils optimale Anreiserooute hingewiesen.

2. Mittelfristiger Vorlauf auf Variotafeln

Drei Tage vor Veranstaltungsbeginn werden Bürger und Berufspendler per Variotafeln auf die bevorstehende Veranstaltung und das erwartete, erhöhte Verkehrsaufkommen hingewiesen. Basierend auf dieser Information können sie dann ihr eigenes Verkehrsverhalten anpassen z.B. in dem sie zu anderen Zeiten fahren oder mehr Zeit für die Fahrt einplanen.

3. Kurzfristiger Vorlauf auf Variotafeln

Wenige Stunden vor Veranstaltungsbeginn führen die Variotafeln die Besucher über die sogenannte Eventroute (d.h. die Route, die bei entspannter Verkehrslage die zeitlich kürzeste ist) zum Veranstaltungsort bzw. zu den entsprechend ausgewiesenen Parkmöglichkeiten. Hierbei wird auf die im Stadtgebiet auf ausgewählten Routen angebrachte statische Beschilderung verwiesen.

4. Zufluss zur Veranstaltung

Im Zufluss zur Veranstaltung werden die Besucher verkehrsabhängig über die jeweils beste Route geleitet. Dazu werden sie entsprechend der Schaltung des kurzfristigen Vorlaufs weiterhin über die Eventroute geführt. Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit dieser Route werden im Bedarfsfall LSA-Programme mit erhöhter Leistungsfähigkeit in Richtung Veranstaltungsort geschaltet. Wenn die erhöhte Leistungsfähigkeit der Eventroute nicht mehr ausreicht, um den anfallenden Verkehr abzuwickeln, warnen die Variotafeln vor einem Stau auf der Eventroute und leiten die Besucher über Event-Alternativrouten zum Veranstaltungsort. Auch auf der Event-Alternativroute werden die LSA-Programme dann so geschaltet, dass in Fahrtrichtung zum Veranstaltungsort die maximale Leistungsfähigkeit gewährleistet ist. Wenn sowohl die Event- als auch die Alternativroute gestört sind und folglich keine Alternativroutenempfehlung gegeben werden kann, werden die Verkehrsteilnehmer per Variotafel lediglich über den Stau auf der Eventroute informiert. Gleichzeitig werden die LSA-Programme auf Event- und Alternativroute so geschaltet, dass die Störungen möglichst zügig abgebaut werden können.

5. Abfluss nach Veranstaltungsende

Nach Ende einer Veranstaltung werden die abfließenden Verkehre durch eine bevorzugte Schaltung der LSA-Programme möglichst zügig abgefertigt.

Die geschilderten Eventstrategien befinden sich derzeit noch in der Planungsphase. Aufgrund verschiedener Faktoren ist jedoch zu vermuten, dass die in der oben vorgestellten Felduntersuchung zur Alternativroutenstrategie ermittelten Befolgungsgrade noch übertroffen werden können. Hierfür spricht zum einen das hohe Verkehrsaufkommen innerhalb eines relativ kurzen Zeitfensters in der Anreise mit einem hohen Anteil von Verkehrsteilnehmern mit dem in der Eventroute ausgewiesenen Ziel. Zum anderen kann bei dem Besuch von Großveranstaltungen sowohl von einem im Vergleich zum Alltagsverkehr geringeren Routinisierungsgrad als auch von einem höheren Anteil Ortsunkundiger ausgegangen werden. Beides kann die Bereitschaft zusätzlich erhöhen, eine verkehrsabhängige, alternative Routenführung zu befolgen.

Ausblick

Die dauerhafte Inbetriebnahme des baulastträgerübergreifenden Strategiemanagements und der zugrundeliegenden Systemkomponenten (Verkehrsmodellrechner, Schnittstelle Variotafeln etc.) ist in Kürze geplant. Ab diesem Zeitpunkt werden dann die jeweils aktuelle Verkehrslage und Kurzfristprognosen sowie aktuelle und geplante Baustellen und Veranstaltungen im Internet dargestellt. Gleichzeitig wird die verkehrsabhängige Steuerung mittels Haupt- und Alternativroutenempfehlung scharf geschaltet und auf den kollektiven Verkehrsinformationstafeln angezeigt sowie für die onboard-Navigation bereitgestellt. In dem Forschungsprojekt noch ausstehende Befragungen von Bürgern und Berufspendlern sollen außerdem Bekanntheits- und Befolgungsgrad der Strategien untersuchen. Entsprechende Ergebnisse werden in der zweiten Jahreshälfte 2009 zur Verfügung stehen.

Real-time Simulation of Inner-City Pollution Levels: Software Models and Case Study

B. Horsfield

Schorling & Partner – Consulting Engineers, Kistlerweg 3, 83620 Vagen, Germany

M. Schorling

Schorling & Partner – Consulting Engineers, Kistlerweg 3, 83620 Vagen, Germany

Setting the stage

Recent years have seen a strong increase in the total number of vehicles on the road; in particular, “gas guzzlers” such as SUVs and other disproportionately powerful and thus polluting vehicles have surged in popularity. To combat the health effects attributed to the emissions of this ever-growing vehicle fleet, the European Union has enacted laws that stringently regulate the permitted air pollution levels in cities.

Efforts to comply with these EU requirements have resulted in various political measures on both the local and the national level: low emission zones (LEZ) have been introduced to keep older (and thus less eco-friendly) cars out of congested inner cities, while tax cuts are being introduced to offer consumers an incentive to purchase newer, “greener” cars. While all this is certainly a step in the right direction, it is unlikely that such measures will be sufficient to satisfy the strict EU demands. As a result, additional measures must be researched and implemented.

One promising area of research is the field of intelligent traffic systems: such systems can automatically predict imminent threshold pollution levels and influence traffic flow to avoid heavily congested areas, thus giving the pollution build-up time to disperse.

Any such ITS system that bases traffic measure decisions on current pollution data critically depends on the availability and accuracy of pollution level measurements throughout the city. However, the costs of covering a wide city area with pollution measurement stations at a suitable resolution are prohibitive. Instead, we must look towards simulation models that are able to process a limited number of measurement parameters to produce an accurate, high-resolution grid of traffic-induced pollutions.

Simulation models

Since 1996, Schorling & Partner has developed software that simulates the dispersion of airborne pollutants. Our real-time pollutant dispersion simulation system OSIRIS is used to monitor the emissions of nuclear power plants, industrial facilities and street networks, while its desktop counterpart WinKFZ is used to model scenarios and carry out smaller simulation projects. The core module of both these software products are the pollutant dispersion model AIR.LAG and the wind field simulation model WIND.LAG, both of which were developed to fully comply with the German TALuft guidelines for atmospheric dispersion software.

The accuracy of an atmospheric dispersion model depends in no small part on the precision and detail with which the physical boundary conditions can be modelled; as a result, the AIR.LAG model supports many parameters and processes that inferior models ignore.

Digital terrain model

Topographical features such as hills or river beds can have a severe macroscopic effect on a wind field. However, many simple simulation models (in particular those that apply a Gaussian approach rather than a particle-based approach) ignore this major influence on wind fields, instead opting to assume a flat surface.

Buildings

In built-up areas, buildings can heavily influence the wind's local speed, direction and turbulence.

Inferior models often support neither cadastral data nor building grids, instead only using parameters to describe the buildings on either side of a road segment. Some of these models furthermore do not support arbitrary building heights, instead choosing to rely on parameterised data describing the density of road-side buildings.

While this might produce acceptable results for trivial scenarios, it ignores any buildings that are not in the immediate vicinity of the road and thus leads to incorrect secondary immissions as the emissions are transported through the field. Some models do not support buildings at all, leading to even poorer results.

S&P's wind field models WIND.LAG and CANYON can process high-resolution cadastral data and are capable of simulating phenomena such as wake turbulence, leeward eddies and wind channelling through street canyons and between buildings. As a result, the concentration on the windward side of buildings is higher while the leeward side exhibits lower immissions.

Meteorology

Meteorological data provides the very foundation of a simulated wind field, which in turn has a profound effect on the accuracy and quality of the subsequent atmospheric dispersion simulations. In consequence, the more accurately the prevailing meteorological conditions can be modelled, the more realistic the resulting pollution grid will be.

In particular, the meteorological phenomenon of temperature inversions can have a significant effect on pollutant dispersion and thus on immission levels. A temperature inversion can lead to a "cap" that limits vertical air exchange, thus confining all released traffic emissions to a thin boundary layer near the ground, resulting in considerably higher immission levels.

Correlated episodes

Simulation models typically process data in intervals of e.g. fifteen minutes; this produces immission data for 10:00-10:15, 10:15-10:30, etc.

Many simulation models ignore preceding episodes and process each episode in complete isolation. As a result, each episode ignores any pollution that was emitted in previous episodes yet is still present in the field, thus ignoring a major contribution to the overall immission levels. This has a particularly severe effect when there is little to no wind, when the wind turns, or when observing a large area where emissions require several episodes before they have traversed the field.

The S&P AIR.LAG model takes the emissions of all previous episodes into full account, thus avoiding dangerous underestimations of the pollution levels.

Transformation of NO_x to NO₂

While vehicles predominantly emit nitrogen oxide (NO), the EU pollution guidelines set thresholds for nitrogen dioxide (NO₂); in consequence, simulation models must provide a mechanism for deriving the NO₂ pollution from NO emissions.

One common approach is to use the Romberg model, which describes NO₂ as a near-linear function of NO. Research by S&P has proven this approach to be dangerously simplistic.

The NO_x/NO₂ transformation module developed by S&P is based on the actual chemical reactions that take place in the air, taking additional factors such as the environmental brightness and the background level of ozone into account, both of which have a profound effect on the chemical process that transforms NO into NO₂.

Case study

In 2007, Schorling & Partner was invited to participate in a pilot project for an intelligent traffic system in a European capital city¹. Based on many years of experience in modelling and simulating traffic-based immissions and building real-time particle simulation systems, S&P developed a software module named OSIRIS to simulate the traffic pollution dispersion for entire inner-city (70km²) area that was seamlessly integrated with the general ITS architecture.

In fifteen minute intervals, the OSIRIS system automatically acquires up-to-date information on the current traffic volume, speed and mix for a large number of inner-city roads by interacting with the project's main ITS system. Using this traffic information and regularly updated information on the prevailing meteorological situation in the field, the system is able to establish the current pollution levels of NO₂ and PM₁₀ for an entire city at a resolution of 5x5 meters.

One major challenge was to perform the computationally intense atmospheric dispersions for such a large area in real-time. To achieve this feat, S&P developed software that allowed the numerical particle simulations to be distributed on a scalable network of concurrently working "number cruncher" clients. Once all clients have completed their partial simulations, a main server combines the various clients' results into a single immission grid covering the entire city.

Additionally, based on long-term statistical meteorological data provided by the national weather service, the wind fields for a wide range of frequently occurring meteorological conditions were simulated in advance and stored in a database. This allows the simulation clients to access a library of ready-to-go wind fields rather than having to continuously repeat full meteorological simulations for previously encountered meteorological situations.

¹ Due to contractual obligations, the precise city and the identity of project collaborators are confidential.



Figure: Immission grid simulated by OSIRIS in real-time

The project was a success for the S&P OSIRIS system, as it performed reliably and accurately during its six-month pilot run, thus establishing a proof-of-concept reference project.

Future research

Current research by Schorling & Partner has demonstrated the ability to simulate the prevailing pollution levels for large areas in real-time using relatively sparse measurement data. Future research however should extend these simulations to include prognoses.

For example, when faced with imminent threshold-level pollution levels, a traffic management system could present OSIRIS with predicted traffic data for a number of possible traffic measures. Such traffic predictions might be achieved by performing automated microscopic traffic simulations, which predict both the volume and speed of individual vehicles for an entire network of roads, thus allowing the traffic flow-dependent emissions to be more accurately predicted.

Using this prognostic traffic data and weather prognoses from the national weather service, OSIRIS could accurately predict the impact of each traffic measure on pollution levels. Based on this information, the ITS system could then select and implement a traffic measure.

Effizienterer Verkehr durch Qualitätssicherung und Weiterentwicklung von Grünen Wellen

More efficient traffic by quality assurance and new methods for Green Waves

Markus Mailer

BMW Group, Traffic Technology and Traffic Management, 80788 Munich, Germany

Abstract

Durch Grüne Wellen werden Halte und Anfahrvorgänge an Ampeln und damit auch der Energieverbrauch und die Emissionen des Straßenverkehrs in Ballungsräumen effektiv reduziert. Mit neuen Verfahren zur Qualitätssicherung können Grüne Wellen einfach und kostengünstig verbessert werden. Durch neue Methoden zur Dynamisierung der Grünen Wellen zur besseren Anpassung an die aktuellen Verkehrsflüsse können weitere Qualitäts- und Effizienzsteigerungen erreicht werden.

Die effiziente und effektive Steuerung des Verkehrs durch Lichtsignalanlagen (LSA) ist ein zentrales Element des Verkehrsmanagements in Ballungsräumen. Dabei ergeben sich vor dem Hintergrund eines anhaltenden Verkehrswachstums neue Herausforderungen insbesondere an die Koordinierung von LSA entlang eines Streckenzuges in Form einer sogenannten Grünen Welle. Durch eine Grüne Welle kann aufgrund des flüssigeren Verkehrsablaufs mit weniger Halten der Kraftstoffverbrauch und damit auch die CO₂-Emissionen bis zur Hälfte reduziert werden.

Übertragung bewährter Methoden zur Qualitätssicherung auf den Verkehrsbereich

Die BMW Group engagierte sich daher im Münchner Kooperationsprojekt arrive dafür, die Grundlagen für eine Optimierung der Verkehrssteuerung zu legen, indem eine systematische Bewertung der Qualität der Koordinierung der einzelnen LSA in Grünen Wellen vorangetrieben wurde. Aufbauend auf der Festlegung abgestimmter Qualitätskennzahlen und messbarer Qualitätsziele sowie einer Analyse der Prozesskette wurden geeignete Verfahren zur Qualitätssicherung und Optimierung von Grünen Wellen entwickelt und erprobt. Auf Basis einer Problemanalyse wurde mit Blick auf die formulierten Ziele ein Lösungskonzept entwickelt.

Das Qualitätssicherungskonzept basiert auf einer in der Industrie bewährten Qualitätssicherungsmethode, die im Rahmen von arrive auf das Verkehrsmanagement übertragen wurde. Damit ging man in München im Bereich Qualitätssicherung im Verkehr neue Wege und über bisherige Ansätze weit hinaus. Erstmals wurden in einem interdisziplinären Team industriell erprobte Qualitätssicherungsprozesse und -methoden auf ihre Eignung für kommunale und regionale Verkehrstechnik geprüft und versucht, diese an die spezifischen Erfordernisse anzupassen. Im zwei-Wochen-Rhythmus trafen sich Qualitätssicherungsexperten aus der Industrie mit Verkehrstechnikern und Verkehrsplanern aus der öffentlichen Verwaltung am Runden Tisch um gemeinsam einen integrierten Qualitätssicherungsleitfaden zu erstellen. Die Grundlage bildet die Six Sigma Methode, die von Motorola entwickelt wurde und weltweit im industriellen Bereich und bei Behörden eingesetzt wird.

Six Sigma stützt sich auf statistische Konzepte zur Beschreibung der Fehleranfälligkeit und auf Konzepte der Prozessverbesserung, die sich einer strukturierten Vorgehensweise bedienen.

Zentrales Kriterium für die Bestimmung der Qualität eines Prozesses ist nach der Six Sigma Philosophie das Maß an Erfüllung der Kundenanforderungen. Die Qualitätssicherungsmethode beinhaltet fünf Schritte. Ausgehend von den Anforderungen der

Kunden des Systems "Verkehr" sollen Probleme abgegrenzt und Qualitätsziele definiert werden, die sich durch geeignete Kennzahlen beschreiben und überprüfen lassen (Definition). Nach Ermittlung des Qualitätsniveaus durch Messung, Auswertung der Messergebnisse und Identifikation der eigentlichen Problemursachen (Analyse) sollen schließlich mögliche Lösungen entwickelt (Improve) und die Prozessverbesserungen dauerhaft implementiert und nachgeführt (Control) werden.

Qualitätssicherung Grüner Wellen

Zur Anwendung des für das Verkehrsmanagement adaptierten Ansatzes auf die Grünen Wellen wurden die für die Planung und Umsetzung relevanten Instanzen und Mitarbeiter durch Workshops und regelmäßige Teammeetings, um die Implementierung der entwickelten Prozesse zu gewährleisten. Verkehrliches Ziel war es, Fehler und Mängel in der Koordinierung der Lichtsignalsteuerung zu verhindern, bestehende Mängel frühzeitig zu erkennen und zu beheben und die Aufgaben im Zusammenhang mit der Planung, Projektierung, Umsetzung und Kontrolle von Lichtsignalsteuerungen effizient und zuverlässig zu bewältigen.

Hierfür wurde zunächst die bestehende Koordinierungsqualität auf 15 ausgewählten Streckenzügen im Stadtgebiet von München durch Befahrungen ermittelt. Die Fahrzeuge waren dazu mit einem durch den Beifahrer zu bedienendes Notebook mit entsprechender Software zur computergestützten Aufzeichnung der Beobachtungen und einer GPS-Einheit zur Aufzeichnung der Fahrprofile ausgestattet.

Während der Befahrung wurden neben der Anzahl der Halte auch weitere Daten, wie z.B. Haltegründe, mittlere Geschwindigkeiten etc., erhoben. Die Koordinierungsqualität der zu bewertenden Strecken wurde anschließend in Anlehnung an die Bewertungsmethode des Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001) vorgenommen.

Zur Verbesserung der Koordinierungsqualität wurden die einer Grünen Welle zugrunde liegenden Zeit-Weg-Diagramme mit einem Verfahren analysiert, welches die Störungen am Anfang und Ende der Fahrzeugpuls ermittelt und einen Kennwert „Störungsintensität“ ausweist. Durch Anpassen der zeitlichen Abstimmung der einzelnen LSA (Versatzzeiten) wurde für fünf Streckenzüge verschiedener Optimierungsvarianten erstellt, mit der Qualitätskennzahl bewertet und eine Vorzugsvariante ermittelt, die dann auch auf der Straße „scharf geschaltet“ wurde.

Da die bestehenden Signalprogramme sowie die Signaltechnik der einzelnen Anlagen bei diesem Vorgehen nicht verändert wurden, konnte der finanzielle Aufwand für die Verbesserungsmaßnahmen sehr gering gehalten werden. Für Fußgänger, öffentlichen Verkehr und Querverkehr veränderten sich die Bedingungen nicht. Um die Effekte auf den Hauptverkehrsstrom zu untersuchen, wurden nochmals Befahrungen der bearbeiteten Streckenzüge für einen Vorher-Nachher-Vergleich durchgeführt.

Ursachen für Abweichungen von den erwarteten Verbesserungen zu den realen Ergebnissen der Nachher-Befahrung wurden intensiv analysiert und Maßnahmen zu deren Vermeidung erarbeitet und umgesetzt.

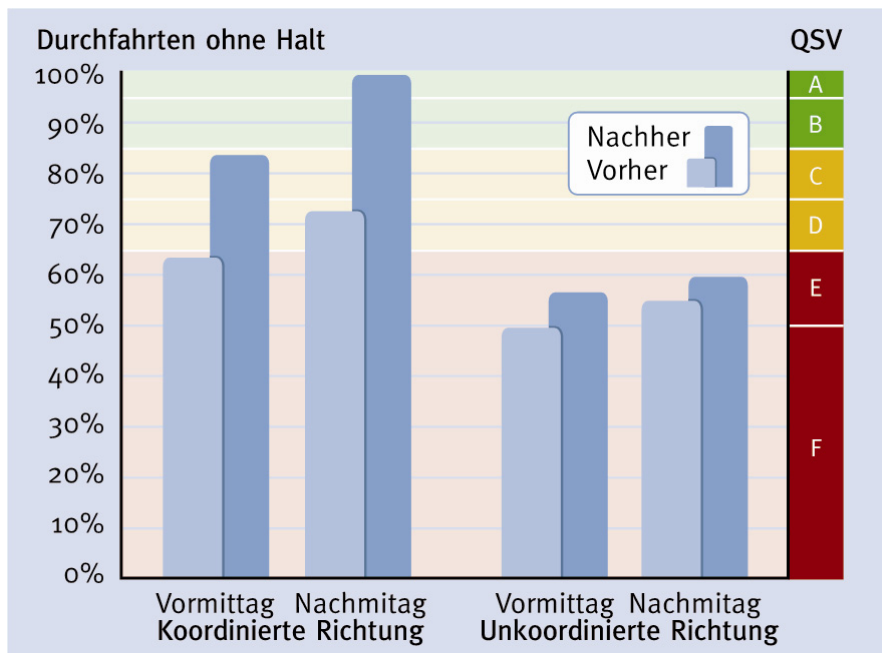


Abb. 1: Qualität der Grünen Welle in der Fürstenrieder Straße vor und nach der Optimierung

Die Ergebnisse zeigen, dass mit den durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahmen Grüne Wellen entscheidend verbessert werden konnten. Durch eine geschickte Optimierung der Versatzzeiten war es sogar möglich, nicht nur den Verkehrsablauf in der koordinierten Fahrtrichtung zu verbessern, sondern auch in der Gegenrichtung.

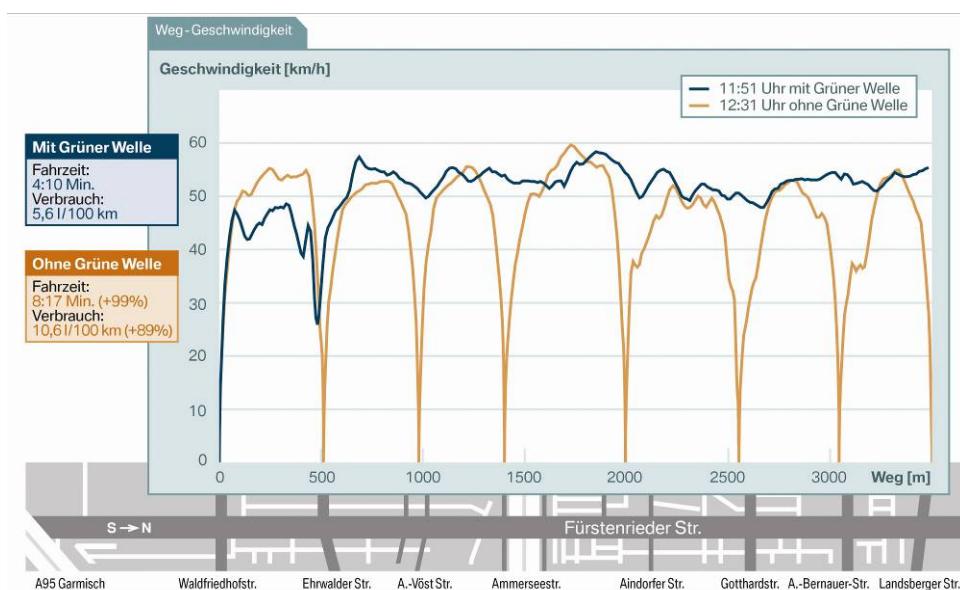


Abb. 2: Fürstenrieder Straße – Fahrprofil mit / ohne Grüne Welle

Als eine mögliche weitere Verbesserungsmaßnahme für die Qualität einer Grünen Welle wurde die Wahl eines geeigneten Steuerungsverfahrens für Fußgängerschutzanlagen identifiziert. Mit Hilfe einer Verkehrssimulation wurden deshalb unterschiedliche Steuerungsverfahren an Fußgängerschutzanlagen im Hinblick auf die Verkehrsqualität (Wartezeiten für Fußgänger, Halte im Kfz-Verkehr) gegenübergestellt. Somit wird bei der Neuplanung einer Fußgängerschutzanlage dem Bearbeiter eine Entscheidungsgrundlage für die Wahl des geeigneten Steuerungsverfahrens bereitgestellt.

Dynamisierung Grüner Wellen

Die Wirksamkeit von Grünen Wellen kann durch eine integrierte Steuerung mit adaptiver Anpassung an die örtliche und zeitliche Verkehrslage weiter erhöht werden. Der in arrive verfolgte Ansatz der dynamisierten Grünen Welle besteht in der Verknüpfung der in München etablierten Systemplattformen mit einem neuen verkehrstechnischen Steuerungskonzept. Neben der Gesamtkonzeption der Steuerungsverfahren und der Softwareentwicklung für die LSA war die die Softwareentwicklung der zentralen Komponenten und die Integration in das Steuerungssystem der Landeshauptstadt München notwendig.

Die komplexe Gesamtproblematik ist dabei in drei funktional und systemtechnisch voneinander abgegrenzte aber miteinander kommunizierende Softwaremodule gegliedert (siehe Bild 1).

Modul 1: Analyse und Bewertung:

Hauptaufgabe des Softwaremoduls zur Analyse und Bewertung ist die Aufbereitung von Messdaten und die Schätzung des aktuellen und zukünftigen Verkehrszustandes für die Optimierungsverfahren sowie die Bewertung des Verkehrsablaufs im Hinblick auf die Koordinierungsqualität.

Modul 2: Online-Optimierung der Grünen Welle:

Im Modul Online-Optimierung werden die Grünen Wellen in festgelegten Zeitabständen – in der Regel 15 min. - online auf den Prüfstand gestellt und im Falle von sich ändernden Verkehrsbelastungen oder bei unerwarteten Störfällen situationsgerecht und rasch überarbeitet. Neuartig ist die Optimierungsmethode: Dabei werden die Arbeitsweise und das Wissen eines erfahrenen Verkehrsingenieurs bestmöglich nachgebildet werden, d.h. die Funktionen und Module der dynamischen Steuerung orientieren sich an den Abläufen und Entscheidungsgrundlagen des Verkehrsingenieurs.

Modul 3: Online-Steuerung der Versatzzeiten:

Die Grünbeginne benachbarter LZA werden sekundlich so aufeinander abgestimmt, dass die einmal geplanten Vorgaben bezüglich des Freigabebeginns und -endes bestmöglich aufrechterhalten werden. Negativ wirkende Eingriffe durch Fußgänger und den ÖPNV, die beide gegebenenfalls mit höherer Priorität als der motorisierte Individualverkehr behandelt werden, können durch ein sekundlich reagierendes Verfahren vermieden oder zumindest reduziert werden.

Die Dynamisierte Grüne Welle wurde auf einer der wichtigsten und über den gesamten Tag - auch durch Schwerlastverkehr - hoch belasteten Ringstraße Münchens umgesetzt, die zudem durch starke Ver- und Entflechtungen von Pulks charakterisiert ist (siehe Abb. 4). Es wurde die vorhandene verkehrstechnische Infrastruktur (Messschleifen und Steuergeräte) genutzt und integriert. Kostspielige Investitionen für etwaige Erweiterungen sind nicht notwendig gewesen. Auch im Produktivbetrieb fallen Kosten durch die gewährleistete automatische Versorgung der Steuerungen vom Arbeitsplatz der Verkehrsingenieure der Landeshauptstadt München kaum an. Die Dynamisierte Grüne Welle kann ohne Probleme auch in andere Steuerungsumgebungen eingebettet werden.

Die verkehrlichen Verbesserungen durch die Dynamisierte Grüne Welle wurden durch Messfahrten überprüft und von der TU München als unabhängiger Institution evaluiert (siehe Bild 3). Referenz war die zum Bau der Fußball Arena in Fröttmanning professionell geplanten und danach sehr gut gepflegten Grünen Wellen aus dem Jahr 2005.

Die mittlere Reisegeschwindigkeit konnte um 6,1% erhöht und die durchschnittliche Verlustzeit je LSA um 12,4% verringert werden. Bemerkenswert sind die signifikanten Stau reduzierenden Effekte zu Spitzenverkehrszeiten. Hier konnte eine Erhöhung der

durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit bzw. Verringerung der Reisezeit um 9,2% erzielt werden. Die Anzahl der Durchfahrten an den LSA konnte in geringem Umfang ebenfalls erhöht werden. Eine deutlichere Verbesserung war hier durch die ungleichen Knotenpunktabstände von Haus nur schwer möglich.

Die Qualität aller anderen Verkehrsströme (Kfz aus der Nebenrichtung, ÖPNV, Fußgänger, Radfahrer) wurde nicht gemindert. Durch ab Ende Mai 2009 in Betrieb gehende weiterentwickelte Zentralensteuerung sind zusätzliche Verbesserungen zu erwarten.

Devices-in-the-Loop Approach

Traffic Simulation meets real Devices of distributed V2I Applications

Thomas Otto

*University of Kassel, Department of Traffic Engineering and Transport Logistics,
D-34109 Kassel, Germany*

Robert Hoyer

*University of Kassel, Department of Traffic Engineering and Transport Logistics,
D-34109 Kassel, Germany, robert.hoyer@uni-kassel.de*

Abstract

Today vehicle-to-infrastructure (V2I) communication based applications such as co-operative traffic signal control come more and more in focus of research and pilot implementations.

The development of V2I applications for example running on nomadic devices in conjunction with traffic signal controllers as well as their starting up and testing is a great challenge. Multiple interactions between several devices make it particularly difficult to find out and eliminate bugs in hardware and software of co-operating components.

The challenge is to cope with the multiplicity of error sources in several devices involved. Furthermore, the random variation of traffic scenarios complicates the debugging during test drives in a real traffic environment. In fact the debugging requires reproducible conditions, however real traffic situations can't roll back for test purposes.

A solution to this problem consists in combining the real world of several devices under test with the virtual world of microscopic traffic simulation. In this way, it is possible to drive all devices and interfaces by simulated traffic flow data taking into account the real behavior of vehicle actuated traffic signals. The devices-in-the-loop approach introduced in the paper enables the consequent use of reproducible scenarios for testing of co-operative applications based on nomadic devices, and operating onboard driving vehicles which are affected by other vehicles and traffic signals.

1 BACKGROUND AND MOTIVATION

Intersections equipped with sets of traffic lights are necessary parts of urban road networks. They essentially impair the quality of traffic flow in cities. For this reason, the further improvement of traffic signal control is one of the most important questions to be answered. The quality of signal control is particularly determined by characteristics of traffic parameters usually measured by stationary detectors near the stop line.

For some time Floating Car Data (FCD) has been an established additional mean of obtaining so called individual traffic flow parameters. Here, the GPS positioning based data captured by moving vehicles enables the provision of detailed information about traffic situations passed through. Mobile communication between vehicles and infrastructure such as traffic signal controllers allows its co-operation aiming at the enhancement of traffic efficiency. Two aspects are worth to be considered.

On the one hand, it is the purpose of the traffic signal control to provide the best possible service to road users by the appropriate adjustment of the green time in order to minimize the total of delays, and the number of cars waiting in the queue in front of a signal group. For this it is necessary to have quality indicators to express road user needs. On the other hand, there are road users who could provide FCD based information on traffic situations of the access to signalized intersections. This FCD is related to the own position and driving direction, the current speed, and the data history as well. The traffic light control can use this data in addition to conventional detector data in order to optimize the current signal control.

In contrast to stationary detectors, such as inductive loops or passive infra-red sensors near by the stop line FCD allows the traffic-actuated signal control an early detection of approaching vehicles. This fact enlarges the available time for decision making of signal controllers.

The consideration of both aspects is necessary to create successfully a complete co-operative system. For traffic engineering purpose the most important fact is to get the data of the floating cars in order to enhance the detecting range of the signal controller. In return, the driver will get useful information from the next and the neighboring signal controls. In other words, it is necessary to realize a win-win-situation where the broadcast of signal control information animates the driver to release voluntarily their FCD. In any case the data privacy protection must be ensured.

2 DEVICES IN THE LOOP APPROACH

The development of mobile devices and road side equipment for co-operative traffic control systems is a particular challenge. Only the perfect technical co-operation of all devices in the functional chain effects in the favored result. Here, the interdependencies between microscopic characteristics of traffic flow, and the mutual wireless accessibility of stationary roadside systems, and mobile devices onboard vehicles have to be taken into account. The final results of the development works can only be verified by studies with real devices in real environment. However, test runs in real environment during the ongoing process of hardware and software development become very expensive and time consuming. Furthermore, the study of the system behavior and the debugging within real traffic situations is a hard challenge for the test crew, and by the way it could provoke accidents. For this reason, the number of test runs under real road traffic conditions should be minimized. However, the main problem of the troubleshooting during test drives is the lack of reproducibility of traffic situations and respectively resulting bugs. Under these circumstances the identification of failure causes is almost impossible although the effect of hardware and software errors can be noticed.

Within the German research project "AKTIV VM" funded by "Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie" (BMWi) the development of a co-operative traffic signal control application, using nomadic devices as human machine interface and FCD generator, has been intended. For the reasons mentioned above a programming- and testing environment system has been developed, implemented and used, where all devices under test are communicating with each other via the real communication channels. Only the real traffic flow is replaced by a microscopic simulation of traffic flows on a computer. This approach allows to reproduce typical error sources and to run through different traffic and communication scenarios. The approach aims at step-by-step finding and reduction of bugs in hard- and software as well as testing the functionality and performance of all devices in a loop. In the style of the term "hardware-in-the-loop" we named our approach "devices-in-the-loop" since a loop of effects and information and several real devices consisting of hardware and software including wireless communication channels are involved in the distributed test system (see Fig. 1). The main distinction is that not only a part of hardware is checked in the test-cycle but also complete devices, including all applications and interfaces.

3 IMPLEMENTATION

The basic solution of the devices-in-the-loop-implementation comprises the following parts: (1) Microscopic simulation of traffic scenarios with the VISSIM tool on a computer; (2) Signal control device still running on the simulation computer; (3) Nomadic devices such as PDA within different applications for adaptation of signal times; (4) Set-Top-Box (STB) developed by the project partner ifak Magdeburg as embedded microcontroller device between control devices and PDA. The communication channels are shown in Fig. 1. The operating modes are explained below.

A car in the simulated traffic flow of an authentic test site has been selected. The PDA connected via Bluetooth with the simulation computer provides a sequence of real GPS-coordinates ① simulated. The PDA is connected via WLAN with the STB which interchanges data via LAN with the signal controller. For this it has become a remote mobile functional element of the signal controller. The PDA sends the own position and when required a green time request to the STB. As service in return, the PDA gets signal switching times from the controller via STB. The STB and the simulation computer, including the signal control program and simulation of traffic flow, are connected by LAN. The data exchanged are signal switching times from simulation computer to STB ⑥, and FCD from the PDA via STB ② ③. The microscopic traffic simulator realizes the incoming signal switching times of the signal control program ④ and provides the outputs of stationary detectors ⑤. So the loop of real devices in a virtual world is completed.

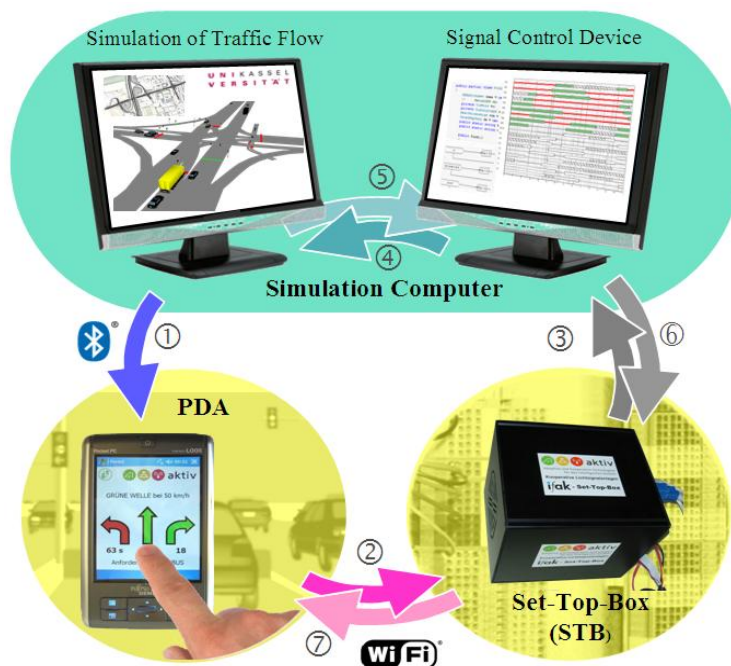


Figure 1: Components of the Devices-In-The-Loop

5 CONCLUSIONS AND OUTLOOK

In general, the benefits of the devices-in-the-loop approach are undisputable. Only some facts which legitimate the additional work and expense by installing and initializing the system in addition to conventional tests should be notified: (1) less time consuming as debugging in real world; (2) nevertheless study and test of several devices under authentic conditions; (3) ability of systematic debugging by reproducible simulation scenarios; (4) functional behavior analysis of the complete effective chain including human-machine-interface and driver; (5) ability of stress tests with real devices competing with limited wireless bandwidth; (6) feasibility of studies concerning appropriate penetration rates of cars co-operating with signal controllers in road networks.

The paper will show results and experiences regarding the test of implemented V2I-applications based on nomadic devices.

Road Pricing Scheme Supported by Public Transport Busway Using Efficiency and Equity Evaluation

Ofyar Z. Tamin

*Civil Engineering Department, Institute of Technology Bandung,
Jl. Ganesha 10, Bandung 40132, Indonesia.*

Muhammad Nanang Prayudyanto

*Civil Engineering Department, Institute of Technology Bandung,
Jl. Ganesha 10, Bandung 40132, Indonesia.*

Abstract

There have been attempts to introduce urban road pricing around the world over the last 40 years- and most have failed (Jones, 1998). In most cases extensive professional studies had demonstrated technical and economic feasibility, but they are stumbled block by less understanding of equity distribution.

TDM had implemented in Jakarta Metropolitan Area under car occupancy restraint called “3 in 1” policy, but the benefit of the scheme has been questioned, due to social problems and congestion effects outside the area. The study is meant to select the best mode shift TDM operational strategies by integrating strategies of public transport system, parking restraint and road pricing. The evaluation merit would not only fundamental traffic measures, but also economic, fuel and emission; those supporting sustainable transport system.

Data of Origin-Destination Matrices is modeled using activity based model, including Travel Pattern (DAP), Time of Day, Mode and Destination Choice and Sub-Work Based Model (Yagi, 2006). The DAP model combines the primary activity, primary tour type, and number and type of secondary tours brings about a choice set of alternatives, including *home* pattern, primary *work* tour patterns, primary *school* tour patterns, primary *maintenance* tour patterns, and primary *discretionary* tour patterns. The data models the time-of-day (TOD) choice, a day is divided into five time periods, namely, early morning (“EM”, 3:00 – 6:29), a.m. peak (“AM”, 6:30 – 9:59), midday (“MD”, 10:00 – 15:59), p.m. peak (“PM”, 16:00 – 18:59), and nighttime (“NT”, 19:00 – 2:59).

Network is based on Jakarta network data, while traffic count data is conducted as validation purposes. Validation data of link volumes and travel speeds is adopted from current research by Traffic and Transport institute of Jakarta Regional Government (2008) and JETRO (2008) report. Validation count is located at screen and cordon lines, as proposed by JICA (2004). Time-delay functions are analyzed using traffic surveys and statistical methods for 3 inter dependent modes, i.e. private car, motor cycle and public transport buses. Validation of OD matrix trips length vs. frequencies would be set up within the objective to minimum errors. As Tamin (1988) have developed an estimation method Maximum-Likelihood Estimation Method (ML), the TDMC model has been developed.

Location is selected having the strongest public transport network and parking system, comparing with previous proposed by JICA (2004) and JETRO (2008). The Cordon based pricing with two pricing level would be the main scenario, one would be at the Willingness To Pay and secondly at far high level, i.e. threefold, to be combined with busway (currently operating at 7 corridors throughout the city), monorail (which assumes to be there) and subway (which operates in parallel to that of the first busway corridor). As public transport network is characterized by their frequencies and capacities, these parameters should be defined. Frequencies for those mass transit services are adopted from the Master Plan,

although in some cases, it only partly fulfilled. Transfer points between two systems are assumed to be smooth, represented by small transfer cost.

The scenario would then be assessed to the effect of wider network in terms of mode shift, mode split and assignment levels. The equilibrium network assignment using single class assignment would be used as Do-Nothing scenario, while the differential pricing for different mode classes, will use a Multi Class Assignment as Scenario 2. Total 1-2 million private vehicles trips would be assigned for morning peak hour using Emme/2 multi-class assignment package software. Scenario would then be enlarged by introducing some set of mass transit service alternatives to look how pricing would be more effective or not.

Evaluation on the vehicle-kms and vehicle-hours for macro network would accompany the Restraint Area sub-network level, i.e. using parameter of V/C and speed. Financial evaluation in terms of investment cost, maintenance and vehicle operating cost would give picture of pricing system feasibility in developing countries, as represented by Jakarta Metropolitan city. The evaluation for intangible parameters would be assessed using stated preference survey, which would be done separately. In total, a weighing factor for tangible and intangible parameters should be used to sum the entire factor and set a rank system.

The output of research will give contribution for congestion mitigation under multiple TDM strategies, from then the solution could be applied in more than 10 metropolitan cities in Indonesia.

Key words: TDM, road pricing, public transport, congestion

Using VS-pCoq for Traffic State Estimation

Thomas Riedel

Verkehrs-Systeme AG, Langgasse 27, 8400 Winterthur, Switzerland

1 Introduction

VS-pCoq is a program for traffic quality analysis and observation. It consists of a large number of evaluations that can also be used as background modules of other applications. The program's architecture permits an easy integration of additional algorithms.

This article presents the main algorithms of VS-pCoq for **traffic state estimation**.

The algorithms need the raw detector data from a controller or several controllers, directly, through a central computer, or from direct recordings. Only data from detectors and traffic lights is needed, best with a resolution of a tenth of a second.

The data interpretation leads to higher-value data than simple counts, occupancy or green times. It leads to conclusions about the city traffic states, traffic conditions, spillback lengths, time losses, and used capacity. It leads to traffic measures that are of high interest for area controllers.

This paper explains the following evaluations:

- Spillback length on a section
- Travel time, loss time, and mean speed on a section
- Traffic condition (fluid, dense, jam) on a detector

Two applications will be shown:

- The mentioned evaluations are used by a traffic information system that feeds also the information for variable message signs: city of Beijing
- The evaluations are enhanced with further observations and feed a rule-based network control: examples in the Swiss Cantons of Lucerne, Basle and Zurich

2 Spillback length on a section

It is possible to compute the number of vehicles and thus estimate the current spillback length only by using detector counts at the entry and at the exit of a section. The algorithm follows each individual vehicle from entering until exiting the section.

At the exit, a vehicle is matched only with a certain probability a vehicle that has been detected at the entry, or it could not have been detected at entry.

For recognizing to which vehicle a measurement at the exit refers, the algorithm uses the calculated value of the current travel time on a particular section, and the knowledge about the vehicles before and after the actual one, in whose **vehicle follower pattern** it can be found.

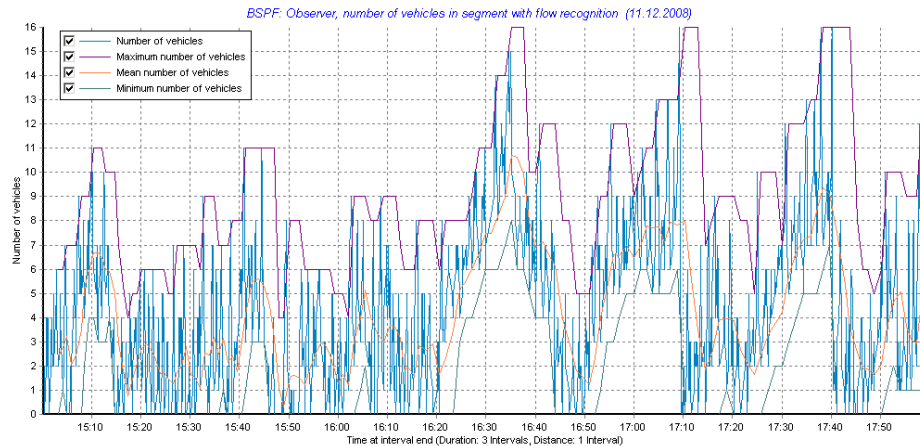


Figure 1: Number of vehicles in a section with flow recognition

Typically the first measurement cross-section is in good distance to a junction, the second at the stop bar of this junction. A traffic light at the end of the section is not required for the algorithm, therefore it can be used likewise on freeways and motorways.

The algorithm constantly checks the flow balance and assumes that on a long-term basis as many vehicles enter the section as they will leave it, or that at least an almost constant count error can be identified.

A **correlation** algorithm of **similarity of inner-platoon vehicle follower patterns** at the entry and exit detectors enables a repetitive calibration of the actual travel time. Furthermore, **free or slightly delayed flow** (driving without stops) can be recognized, which will be explained more in detail in the next chapter.

With the additional information of platoons that could drive without stopping the algorithm is able to estimate the number of vehicles on the section sufficiently exactly and to correct long-term losses on the section or compensate surplus entries.

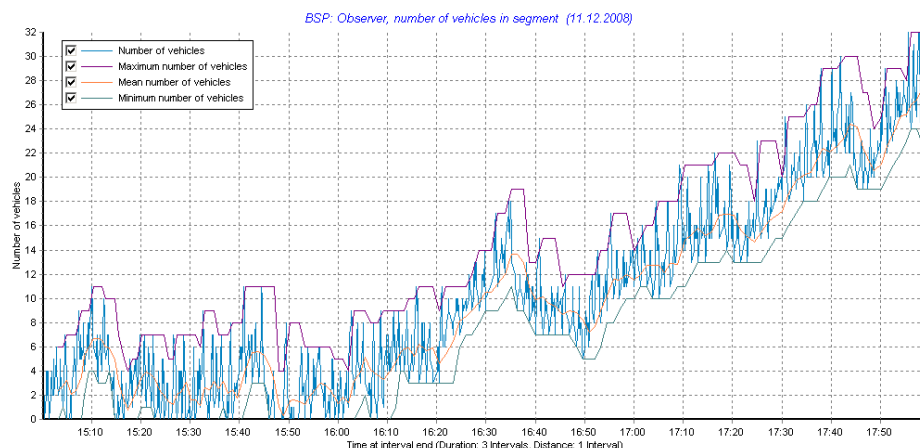


Figure 2: Number of vehicles in a section without flow recognition

If no flow recognition is possible, the algorithm observes a wrong the number of vehicles, as shown in Figure 2. This is in contrast to Figure 1 where flow recognition has been executed.

2.1 Correlation of entering and leaving vehicles

The entering and exiting correlation function calculates how well the detection patterns of two subsequent detectors match. The correlation function compares the similarity of the drive-over patterns of vehicle platoons on two subsequent detectors and determines a probability

for all vehicle platoons that drive over the first detector that they have driven over the second detector some time later.

In case of a high correlation probability, the travel time between the two detectors can be calculated. The first calculated travel time of a group of vehicles is marked with a yellow point, the following ones with green points.

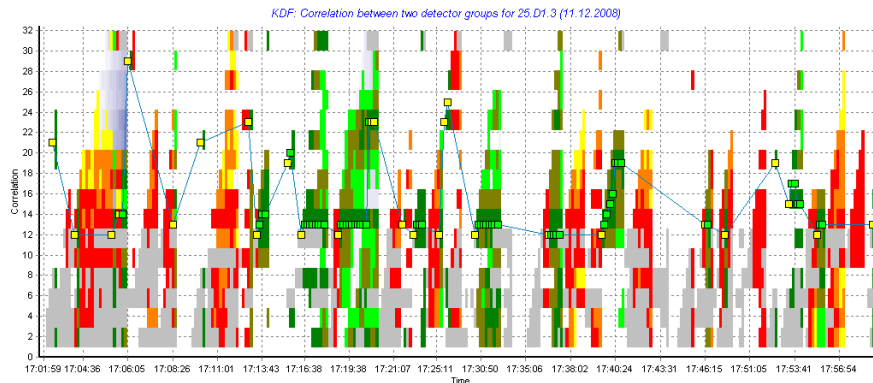


Figure 3: Correlation example (equidistant)

In the foreground there is a blue line that interconnects yellow and green points. It is the line of the recognized travel times without stops.

3 Travel time on a section

Instead of counting vehicles, the knowledge of the sojourn time of each vehicle can be used to estimate their travel times, time losses or mean speeds on the section. A Level Of Service can be computed as well.

At the end of an interval (e.g. the cycle time of the associated traffic light) the observed values for the minimum, the maximum and for the average travel time are logged and shown on the graph.

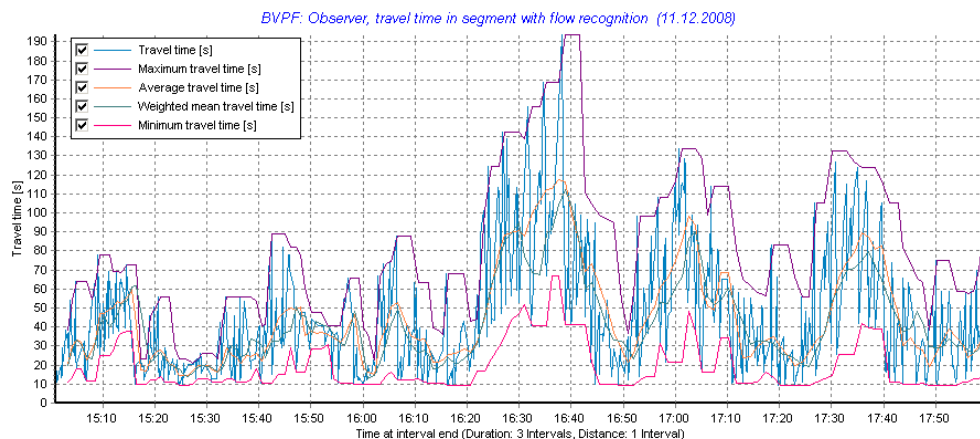


Figure 4: Example of travel time on a section with flow recognition

3.1 Level of Service

A Level of Service (LOS) can be calculated that can depend on the vehicles

- Travel time,
- Time loss, or
- Mean speed.

The next example shows a LOS that has been calculated every 15 minutes on the time loss. It is coloured as follows:

- Green: time loss under 20 s.
- Yellow: time loss between 20 s and 45 s.
- Red: time greater than 45 s.

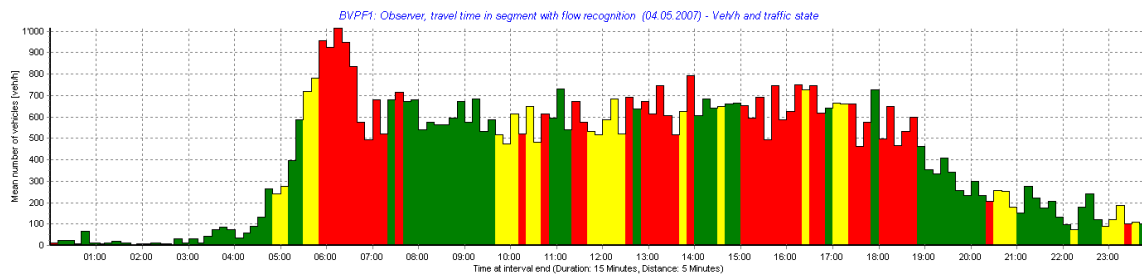


Figure 5: LOS of Bruderholzstrasse BL at 4.5.2007

3.2 Calibration of the number of vehicles and travel time

It is necessary to parameterise the estimation algorithms [2]. GPS measurement trips can be used in order to check if the quality of the estimates is satisfying, as shown in the next figure.

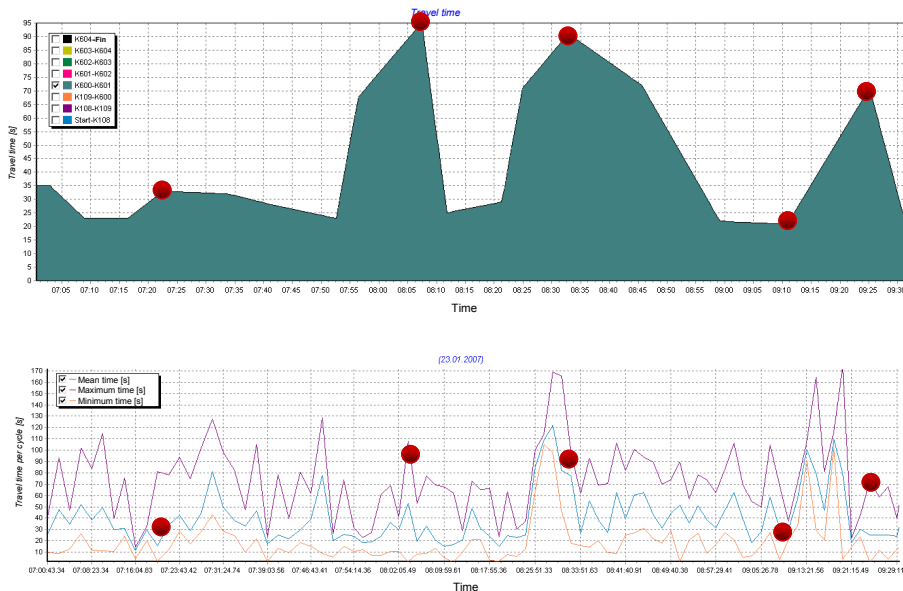


Figure 6: Measured and calculated travel times in Winterthur ZH

The upper part of the illustration shows the curve by the measured GPS travel times. The lower part shows the estimated values. The red points above show selected GPS measurements in the much higher number of the estimated travel times on the lower part of the figure. The lower part of the figure shows three curves: the average travel time as well as the maximum and the minimum travel times. The red points must be between minimum and maximum travel time.

3.3 Traffic Information Platform of the city of Beijing

The travel time estimation algorithms are used as background processes for the “Traffic Information Platform” of the city Beijing.

They are calibrated periodically by values measured by a license plate recognition system, which is installed in parts of the city. Before this, the calibration had to be accomplished with GPS measuring trips.

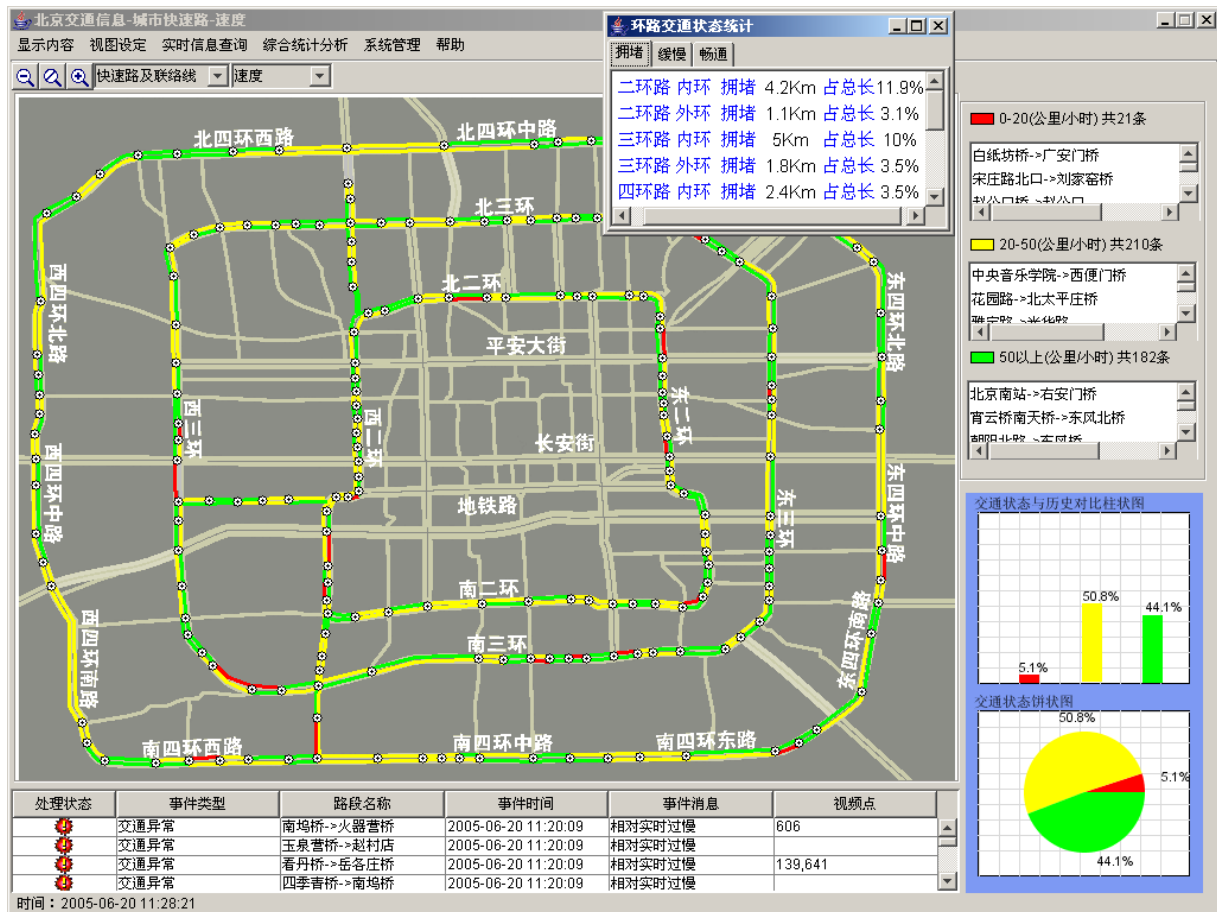


Figure 7: Traffic Information Platform of the city of Beijing

4 Traffic condition on a detector

The following evaluations enable spillback recognition on a short detector. Therefore the Level of Service (LOS) of a section is divided into three categories:

- Green: flowing traffic
- Yellow: dense traffic (spillback tendency)
- Red: traffic jam (spillback).

The algorithm bases on the development of occupancy times and the development of the detection distances (gross and net time gaps) of all individual vehicles at single detectors, as introduced in [1].

- The detector can be **shortly before or behind the stop bar**.
- The detector can be **in the approach** to a traffic light.
- The detector can be **on a free section**.

The following example shows spillback recognition at the stop bar. In the upper part of the diagram the **measured occupancy times** are shown over the associated time. The red and yellow lines represent the indicator thresholds, red for spillback and yellow for spillback tendency.

After a while the algorithm recognizes the first typical patterns that lead to the initialization of the indicator thresholds. From then on, the indicator thresholds are constantly adjusted.

Underneath the diagram of the occupancy times a line called “Indicator” can be seen. This line shows the **momentary traffic condition**.

Again underneath the **status** line can be found, showing the actual traffic condition. In the lowest part of the figure one finally sees the **traffic conditions frequency** green, yellow and red, averaged over a constant interval of 3 minutes.

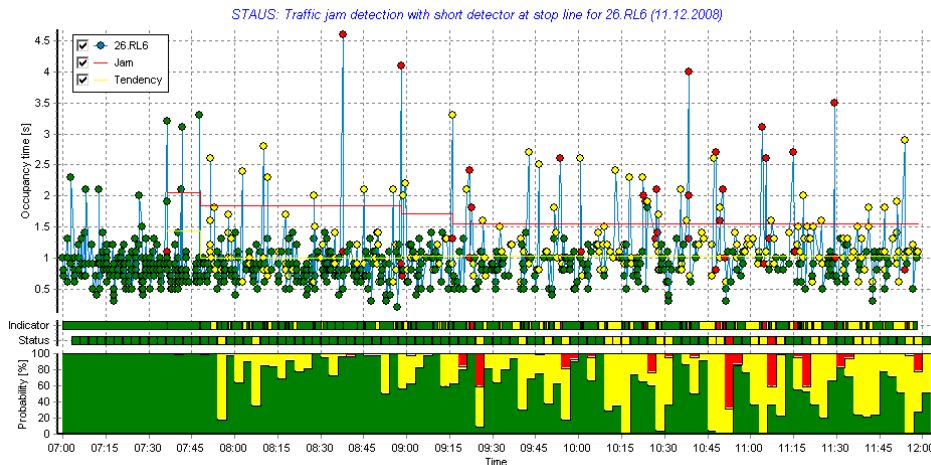


Figure 8: Spillback detection at stop bar in Emmen LU

4.1 Traffic condition valuation

The traffic condition can change very quickly. Fast changing values are unfavourable for a possible regulation or for statistic views. Therefore the traffic conditions must be periodically valued.

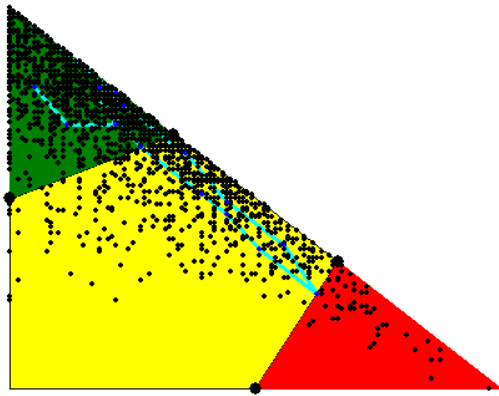
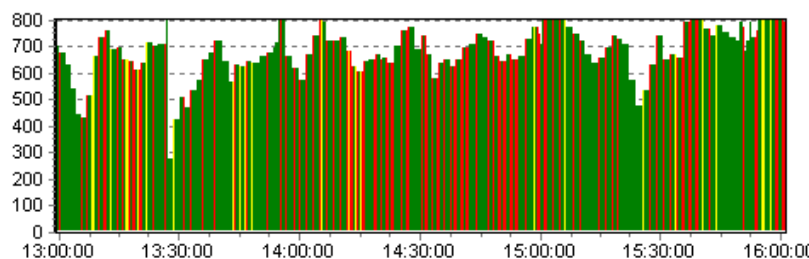


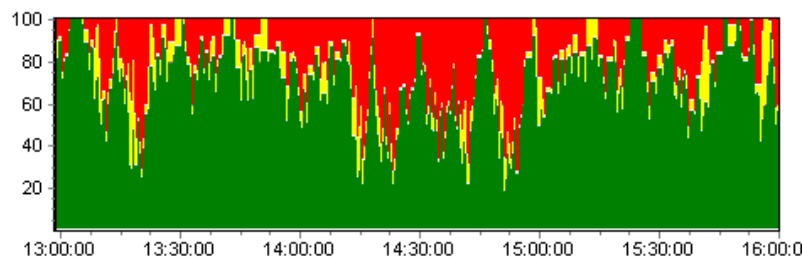
Figure 9: Parameters and values for a spillback diagram in Lucerne

A projection transforms the raw **traffic condition** values into **spillback diagram** values as shown by the following example.



Given a frequent change of the traffic conditions green, yellow and red

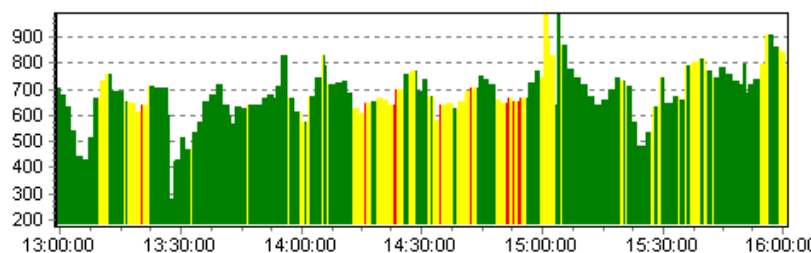
Since the conditions change frequently, they are averaged over a sliding interval.



A representation of **spillback probability** per interval is generated by this step

The value for green is put on the vertical axis in the triangle in Figure 9, the value for red on the horizontal axis. The result is a point inside the triangle for each probability combination.

Now the point is re-interpreted, in accordance with the colour in whose area it lies.



Thus the **spillback diagram** represents the state of a particular section with much less changes

This function can be understood in a way that little red in an interval, where otherwise only yellow is found, is to be interpreted still to be yellow. This is a weighting step or an **interpretation**, because a red condition of a maximum length can be intended or not avoidable, so that it would be better to represent it as yellow or even as green.

5 Conclusions

Three kinds of values can be observed:

- Spillback length,
- Loss time, and
- Traffic condition.

With these values, traffic situations can be expressed in a descriptive and reliable way, and the numeric results of such an observation can be used as an input for network control.

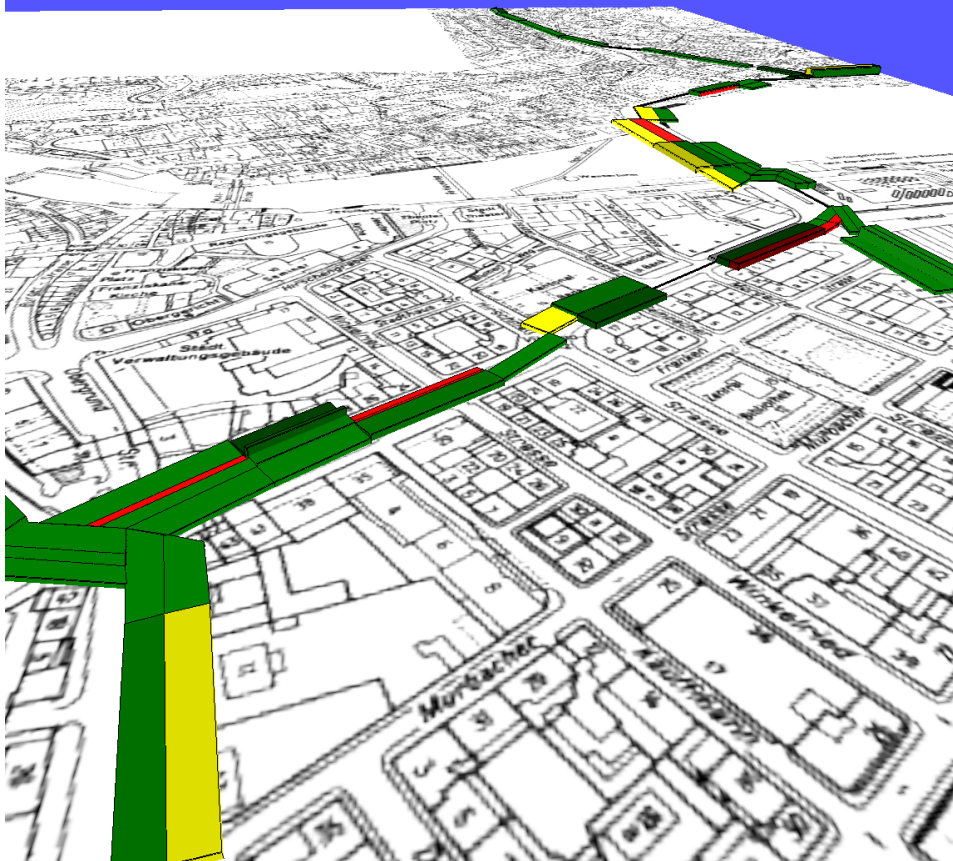


Figure 10: Traffic state in Lucerne

6 References

- [1] Joos Bernhard, Thomas Riedel: "Erkennung von Stau mit kurzen Schleifendetektoren" ("Spillback detection with short loop detectors"), *held at Heureka*, (1999).
- [2] Thomas Riedel: "GPS-basierte Messungen zur Kalibrierung von Simulationsmodellen" ("GPS based measurements for the calibration of simulation models"), *held at the workshop of the ASIM chapter 4.5.8 "Simulation of Traffic Systems" at Bauhaus University Weimar*, (2007).

Dynamic network control Bavaria – dNet Bavaria

Reiner Scharrer

Superior Construction Authority at the Bavarian State Ministry of the Interior, Franz-Josef-Strauß-Ring 4, 80539 München

Abstract

Background:

Systems for spacious network control are increasingly gaining significance within a trans-European environment on so-called long-distance corridors. But also the countries network control systems are becoming more important to relief heavily frequented main routes particularly where these routes are part of long-distance corridors.

The project *dynamic network control Bavaria – dNet* follows the concept of a spacious network control on the Bavarian motorways as well as the connecting main motorways of the neighbouring countries. The foundation herefore is laid by numerous spacious motorway network meshes in Bavaria. This gives the opportunity to direct the regional and supra-regional long-distance traffic onto various alternative routes by the means of intelligent network control. The control of the various routes can depend on traffic conditions, the weather, road works or other events.

The project *dNet-Bavaria* is a joint project of the Motorway Directorate Northern Bavaria as well as Southern Bavaria.

Project abstract:

The project covers the A3, A6, A7, A8, A9, A70, A73, A92, A93 and A96 over a length of about 3600 km and thus almost the entire Bavarian motorway network.

This includes the domestic main routes between Munich, Nuremberg, Würzburg and Frankfurt (Hesse) as well as between Munich, Nuremberg, Hof and Dresden / Berlin. Also included are the transalpine long-distance connections towards Italy (the Brenner crossing) and Austria (Tauern- and Pyhrn-motorway).

The project covers, where they are seen as necessary, the installation of dynamic signs at all decision points. In total about 27 dynamic signs are planned. In order to ensure a maximum in flexibility so-called dWiSta-boards (programmable information panels with LED technology) will be used. Thus making it possible, depending on the traffic situation, to display more favourable alternative routes. Generally two dWiSta-board sections will be installed along the motorway network when leading up to a decision point. The dynamic signs are able to display the signs of the road traffic regulations (e.g. notice of danger) as well as additional information about the nature of each incident.

The display boards will be controlled either manually on the basis of previously agreed scenarios (e.g. for routes crossing the Alps to Austria and Italy) or via automatically switching proposals based on a superior computing algorithm. This requires a comprehensive detection of the traffic volume. Therefore the existing data detection has to be expanded accordingly.

An additional usage of cameras for statistical travel time registration via encrypted license plates is planned. This allows a determination of travel time and travel links within the

network. The travel time detection will be complemented by cross sectional counting at the existing or new control points (induction loops). Based on this so-gained data a network control algorithm, including time-variation-curve-based capacity forecasts shall be created and set to use.

Depending on the traffic situation travelling time differences as well as recommendations for alternative routes can be displayed for the motorists. Furthermore predictable disturbances (expansion projects, maintenance work, block clearance in tunnels, etc.) can be displayed pre-emptively and thus prevent a tailback (congestion). Another major positive effect of dWiSta-boards is the use for risk warnings in bad weather conditions. The display of these warnings is carried out by indications made by the police or road maintenance authorities. The data of slickness- or environment registration systems will be used for these means.

In the case of motorway closures or in extreme snow or ice conditions the closure of the route can be indicated at an early stage and the traffic can be diverted or if necessary directed to the subordinated road network.

Period of realisation:

The project is designed in modules and will be realised successively in the years 2009-2013. The total costs are estimated at approx. 44 million €.

Appendix:

Overview map

Scenario-based planning of Traffic Management Strategies

Arnd Vogel

PTV AG, Stumpfstraße 1, D-76131, Karlsruhe, Germany

Peter Möhl

PTV AG, Stumpfstraße 1, D-76131, Karlsruhe, Germany

Christiane Theis

PTV AG, Stumpfstraße 1, D-76131, Karlsruhe, Germany

Peter Vortisch

PTV AG, Stumpfstraße 1, D-76131, Karlsruhe, Germany

Abstract

The increasing importance of traffic management raises the need for new tools suited for the design and evaluation of measures and strategies for dynamic traffic control. Beyond more traditional transportation planning tools, they need to address the dynamic aspects of traffic management and effects of traffic control measures.

This paper presents a prototype tool for the planning and evaluation of traffic management strategies in large urban networks. It describes an integrated system for scenario management, strategy simulation and comprehensive analysis. Special focus is given to the closed-loop-coupling of a traffic simulation with a traffic management system and the representation of traffic control measures in the traffic simulation.

Keywords

Traffic Management, Strategy design, Scenario analysis

INTRODUCTION

The topic of dynamic traffic management has become more and more important during the past years in Germany and other countries. Traffic Management Centers have been implemented in several German cities (e.g. VMZ Berlin [1]) and a couple of research projects on Traffic Management topics were started through a dedicated research initiative "Traffic Management 2010" funded by the German Ministry of Economics and Technology.

This paper reports on the results of the subproject "Strategic Traffic Management" of the research project „iQ mobility“ [2], which is part of the above mentioned initiative. The aim of this project is to provide tools for improving the quality of road traffic in Berlin, including the traffic-related environmental quality. In the subproject "Strategic Traffic Management" a set of tools have been developed, which are useful for planning traffic management measures and to estimate their effectiveness. These tools follow a scenario approach, allowing the user to define different scenarios, run a simulation of them and compare the results in different ways.

CONCEPT OF A SCENARIO ANALYSIS TOOL FOR TRAFFIC MANAGEMENT PLANNING

Traffic management measures are most important in situations which are different from the 'usual' traffic conditions. Such situations can arise from restrictions on the road network caused by road works or incidents, as well as from special demand situations, e.g. additional traffic for public events or emergency situations. All of these different factors can coincide in various ways. On the other hand, the traffic management operators can react on traffic disturbances by taking different measures. Another potential field of action for traffic management might be the improvement of environmental quality, e.g. in the context of the recent European legislation on particulates, through traffic control measures. In the scope of this project, three types of measures, namely dynamic traffic control, adjustments of signal control and route recommendations have been implemented.

The software developed in this project consists of five major components:

- A scenario management system for defining and storing different scenarios
- A tool for modeling the spatio-temporal distribution of additional trips for public events
- A traffic simulation engine capable of handling all mentioned factors relevant for traffic management issues
- A tool for analyzing the results of scenario simulations
- Interfaces to traffic management and environmental evaluation systems

The system architecture is shown in Figure 1 in the appendix.

According to the guidelines for strategy development developed by the FGSV (German Association for Road and Transportation Research) [3], a scenario defined in the scenario manager consists of a traffic situation and the traffic management strategy applied in order to react on this situation. The traffic situation is defined by a demand situation described by hourly OD-matrices and a set of restrictions on the road network. The demand can be the 'normal day' demand or a special demand calculated by the demand modeling tool. The traffic management strategy is composed from a set of possible ("active") traffic control measures and the activation rules for these measures as defined in the traffic management system. Furthermore, a scenario includes some parameters which define the calculation period and an interval.

The simulation engine simulates the development of the traffic situation for the entire road network in definable time steps, typically 15 minutes. It is based on a pseudo-dynamic propagation algorithm developed by VORTISCH [4] which is hosted within the PTV product PTV TrafficPlatform [5]. This algorithm is based on a macroscopic transportation model implemented in PTV Visum [6] and supports features such as propagation of jams and downstream metering behind bottlenecks. The traffic is propagated along routes resulting from an assignment of the demand of the hourly OD matrices. The basic algorithm was extended to allow the interpretation of network restrictions and traffic management measures. The relevant traffic management measures for each simulation interval are provided through a closed-loop communication with a traffic management system (Siemens Concert [7]) running in a special simulation mode. After each simulation interval, virtual detector values for flow, velocity and Level of Service derived from the traffic simulation are passed to the traffic management system. The traffic management system evaluates the activation rules defined in its strategy descriptions with respect to these virtual detector values and other triggers such as fixed time plans. The resulting set of virtually activated measures (e.g. adjusted signal control) is then provided to the simulation system as an input for the next simulation interval.

For the analysis, evaluation and comparison of scenarios, the scenario management systems provides a user interface which displays the different results as map layers, tables and time series charts. The user can navigate through the simulation intervals and even produce films of the traffic situation over time. Besides several link-based values such as flow, velocity or congestion length, the system computes important network-wide statistics such as average and total travel time, average and total loss time, number of vehicles in congestion etc. These aggregated figures allow an efficient comparison of different scenarios, which is essential if different strategies for traffic management measures shall be evaluated.

In an extension of the system, the traffic volumes generated by the traffic simulation can be passed to a quality evaluation module which takes them as an input for the calculation of air pollution and noise produced by road traffic.

In summary, the tool presented in this paper provides a rich set of features helpful for the planning and evaluation of traffic management strategies for urban road networks.

REFERENCES

- [1] VMZ Berlin (Traffic Management Center Berlin). <http://www.v mzberlin.de>, Accessed July, 24th, 2008
- [2] Research project ‚iQ Mobility‘. <http://www.iqmobility.de>, Accessed July, 25th, 2008
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Hinweise zur Strategieentwicklung im dynamischen Verkehrsmanagement. Cologne, 2003
- [4] VORTISCH, P.. Modellunterstützte Messwertpropagierung zur Verkehrslageschätzung in Stadtstraßennetzen. Schriftenreihe des Institutes für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, No. 64/06. Karlsruhe, 2006
- [5] <http://www.ptvag.com/traffic/traffic-management/ptv-traffic-platform/>
- [6] <http://www.ptvag.com/traffic/software-system-solutions/visum/>
- [7] <http://www.industry.siemens.de/traffic/EN/products/urban/verkehrslenkung.htm>

APPENDIX

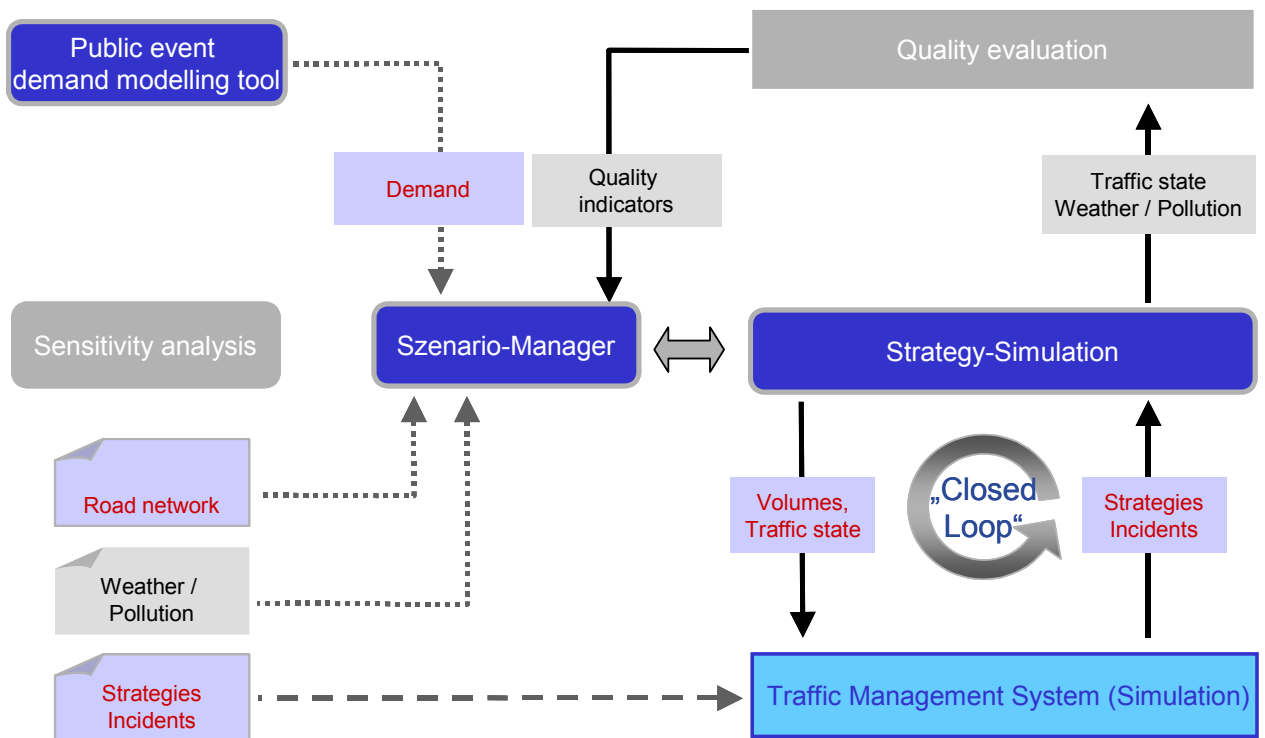


Figure 1– System components and architecture

Kopplung von Mikro- und Makro-Modellen zur Ermittlung von Verkehrslagen und Prognosen

Andreas Pottmeier

TraffGo Road GmbH, Ostwall 100, 47998 Krefeld, Germany

Joachim Wahle

TraffGo Road GmbH, Ostwall 100, 47998 Krefeld, Germany

Jörg Schönharting

TRC Transportation Research and Consulting GmbH, Steinstraße 19, 45128 Essen, Germany

Stefan Wolter

TRC Transportation Research and Consulting GmbH, Steinstraße 19, 45128 Essen, Germany

Abstract

Die Ermittlung einer Verkehrslage und deren Prognose ist eine der Hauptaufgaben des Verkehrsmanagements. So sind dynamische Verkehrslagen und -prognosen für einige Autobahnnetze im Einsatz. Für regionale und städtische Hauptstraßennetze sind Verkehrslageprognosen derzeit aber noch Mangelware. Hintergrund hierfür ist im Wesentlichen das Fehlen geeigneter Modelle und Algorithmen.

Wesentlich für den erheblichen Nachholbedarf in städtischen Bereichen der Ballungszentren und großen Städte ist einmal die schlechtere Abdeckung der Straßen mit Messquerschnitten, die verlässliche Daten liefern, darüber hinaus sind die erforderlichen Algorithmen zur räumlichen Überbrückung der nicht detektierten Bereiche wegen der zahlreichen Einflussgrößen wesentlich komplizierter. Das führt dazu, dass Mikrosimulationen als möglicher Ansatz zur Abschätzung der Verkehrslage in den nicht detektierten Netzteilen sehr volatil reagieren, während die aus der Verkehrsplanung bekannten makroskopischen Modelle zwar stabiler laufen, jedoch keine ausreichende Feinfühligkeit aufweisen. Der Königsweg besteht in der Kombination beider Modellansätze zu einem „Hybridmodell“, das die Stärken der Modelle und Daten synergetisch nutzt.

Als ein Lösungsansatz bietet sich an, das mikroskopische Modell mit einem makroskopischen Modell zu koppeln und es somit zu einem „Hybridmodell“ weiter zu entwickeln. Das makroskopische Verkehrsplanungsmodell liefert dabei linkbezogene Erwartungswerte für Verkehrsstärken und mittlere Geschwindigkeiten, Abbiegewahrscheinlichkeiten an den Knoten sowie Verkehrsstärken an den Quellen und Senken des Planungsraums zeitlich vergrößert im Stundentakt.

Das mikroskopische Simulationsmodell nutzt die Messstelleninformationen in Kombination mit den Abbiegewahrscheinlichkeiten des makroskopischen Modells. In den nicht detektierten Netzbereichen stützt sich das mikroskopische Modell zusätzlich auf die Erwartungswerte des makroskopischen Modells ab.

Die Idee des Ansatzes ist, die Stärken der beiden Teilsysteme so zu verbinden, dass ein höherer Nutzen erzielt werden kann. Um den vollen Nutzen zu erzielen müssen verschiedene Bausteine realisiert werden.

Ein Teilziel ist die Entwicklung selbst lernender Funktionen sowohl auf der Mikro- wie auch auf der Makro-Ebene, um Modellfehler dynamisch zu minimieren. Die Prognose wird eine bessere Nutzung der Verkehrsinfrastruktur ermöglichen mit allen positiven Folgen einer Reduktion von Staus, COX-Emissionen sowie einer Verbesserung der Luftqualität und Erhöhung der Sicherheit.

Zur Bewertung von Verkehrslagen gibt es kaum wissenschaftlich gesicherte Aussagen. Daher ist ein Arbeitspunkt der vorliegenden Arbeiten, neue Qualitätsstandards zu definieren und deren Erreichbarkeit zu prüfen.

Derzeit wird der Ansatz auf ein System der Stadt Kaiserslautern angewendet. Hier ist das Mikrosimulationsmodell Citynet bereits im Einsatz. Kaiserslautern verfügt über ein Verkehrsmodell, welches im Rahmen des Hybridmodells noch weiter verfeinert werden muss. Erste Auswertungen zeigen, dass zu erwarten ist, dass die Ergebnisse der bisherigen Verkehrsflusssimulation noch gesteigert werden können.