

Investigating the Feasibility of Urban Link Travel Time Estimation Based on Probe Vehicle Data

Fangfang Zheng

Department of Transport& Planning, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, the Netherlands

Henk Van Zuylen

Department of Transport& Planning, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, the Netherlands

Yusen Chen

Department of Transport& Planning, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, the Netherlands

Abstract

Travel time is one of the most important pieces of information for travelers and traffic operators. A lot of research has been done to estimate and predict travel time on freeways based on loop detector data. Some results are quite promising. However, installing and maintaining loop detectors on urban network that provides sufficient monitoring information is quite costly. From past few years, the interest to use probe vehicles for monitoring is growing. Probe vehicles can collect data such as instantaneous speeds and travel times at any network location without roadside equipments. In this paper, probe vehicles equipped with GPS (PVD) are used as traffic sensors to collect traffic data (speed, position and time stamps) on urban road network. The data is recorded on fixed time intervals, e.g. from 1 second to 1 minute. Some research has been done to investigate different aspects of applying probe vehicle data for traffic estimation and prediction. Some model-based (Meichen 2001; Bruce Hellinga 2008; Masria Mustafa 2008) and data-driven methods (Yanying Li 2002; Takayuki Nakata 2004; Klayut Jintanakul 2008; Makoto KASAL 2008; Masatoshi Kumagai 2008) have been developed to estimate and predict travel times on freeways and urban road networks. Most of these models require the information of historical travel times (complete link travel times or route travel times) or speeds to estimate or predict travel times. As a result, most research has been done based on synthetic data which could be obtained according to the input requirement of the model. However, in reality the positions of probe vehicles on links are randomly distributed when traffic information is reported to the traffic monitoring center, which means that travel times collected by probe vehicles are not for each complete link but experienced by probe vehicles from a certain position on one link to a certain position on another link. As for travelers, travel times on each complete link or route travel times are needed when making route choices. It is necessary to decompose the travel times between two consecutive time stamps from probe vehicles into individual links.

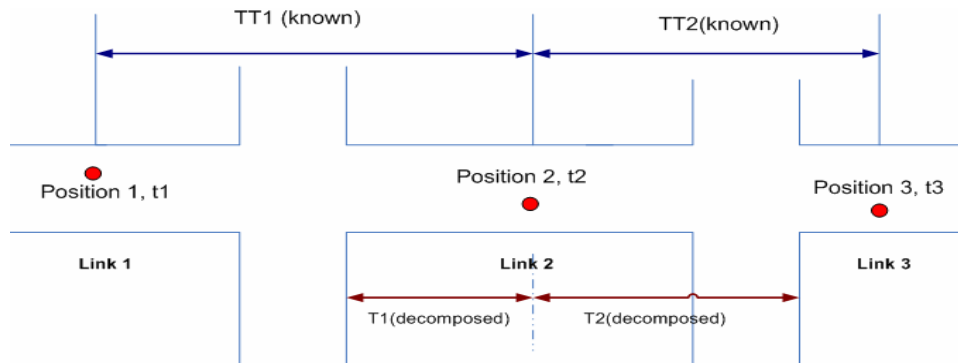


Figure 1 Assignment of times between recorded position at three instances to the link in the middle according to Hellinga et al. (2008)

In the paper, three methods which are used to decompose travel times collected by probe vehicles between two consecutive time stamps into individual links are compared. One method was developed by (Hellinga, 2008) which considers the stopping probability and congestion probability when assigning the travel times into individual links. Another method was proposed by (Tomio Miwa 2004) which calculates the link travel time by estimating the inflow and outflow time of the target link. The third method is the benchmark method which decomposes the travel time based on the length of partial links and the free flow speed (van Zuylen et al, 2008).

In order to test whether these methods can be used to estimate the link travel time based on the real data, experiments have been carried out. The first PVD set was collected in Chengdu, the capital of the Chinese province Sichuan. In a research project, traffic data were collected in a central area of the city: volume counts, video with number plate recognition and probe vehicle data. A daily average of 2200 taxis were driving with GPS and radio communication in the study area of 3 by 4 km as depicted in figure 2 and 3, for testing two different methods. Every minute, positions and speeds are recorded and communicated to the central computer. A second data set is obtained from Dutch city Delft, with PVD at an interval of 0.3 second, flow data and camera data. This detailed data set was made in order to verify the three interpolation methods. The precision of this data set allows us to effectively compare different method, leading to our proposed one.

By applying these three methods, the estimated link travel times are compared with travel times from video cameras. As shown in figure 4, travel times from PVD using Hellinga's method are underestimated compared with travel times from video cameras for most probe vehicles of interest and link travel times estimated based on Tomio's method deviate significantly from travel times measured by cameras as indicated in figure 5, especially when there is congestion or vehicles have to wait for the red time on the intersection. By comparing these two methods with the benchmark method, we can notice that there is very small improvement in the estimation accuracy. From the measured travel time, we also notice that travel times on urban links are quite variable during different times of day (as illustrated in figure 6). There seems to be no clear deterministic travel time pattern that on one hand it puts much challenge for the travel time estimation and prediction on an urban road network and on other hand it inspires us to think of another way to express travel time, for example, in terms

of fuzzy sets, as a range of travel times instead of a single specific value of travel time for a certain time and traffic condition. This approach is also worked out in the paper.

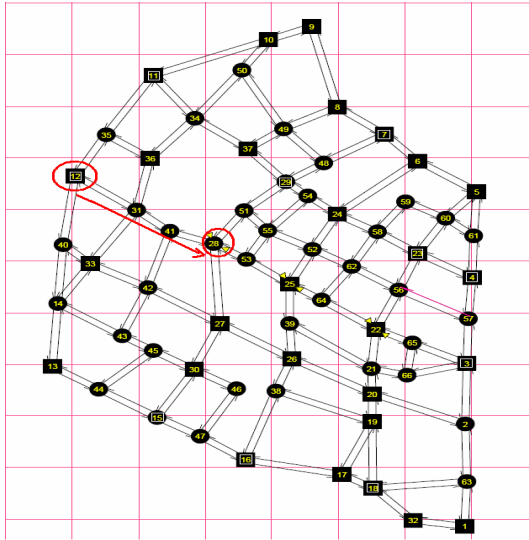


Figure 2 Test area for Hellinga method

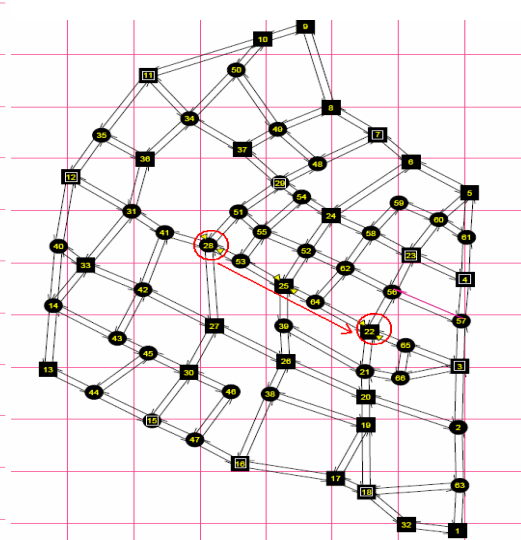


Figure 3 Test area for Tomio method

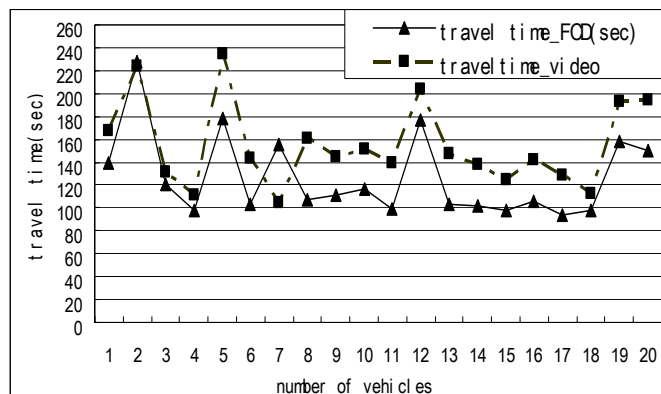


Figure 4 **Comparison of travel times estimated from PVD and cameras (individual vehicles)**

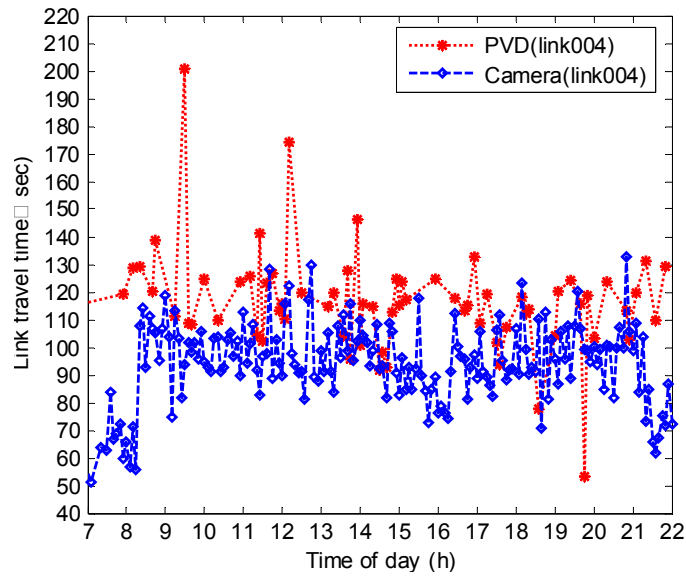


Figure 5 Comparison of travel times estimated from PVD and cameras (15min aggregation)

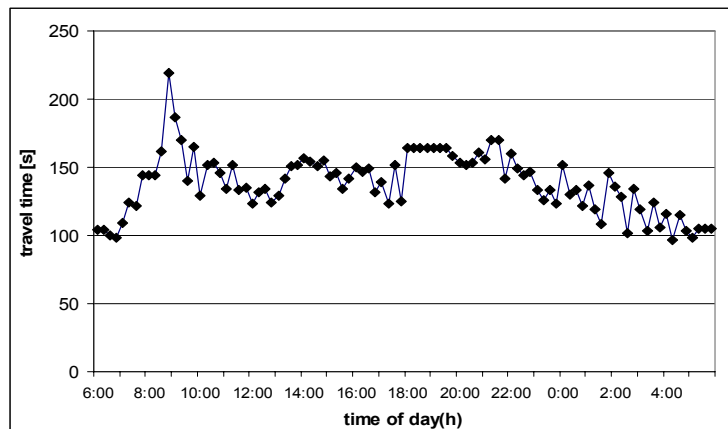


Figure 6 travel times as a function of time on 23rd, May 2007 (from video camera with 15 min aggregation)

Keywords: *travel time estimation, urban links, probe vehicles, Hellinga method, Tomio method*

Reference

1. Bruce Hellinga, P. I., Hiroyuki Takada, Liping Fu (2008). "Decomposing travel times measured by probe_based traffic monitoring systems to individual road segments." Transportation Research Part C: 15.
2. Klayut Jintanakul, L. C., R.Jayakrishnan (2008). hierarchical bayesian estimation of freeway travel time distributions with small samples of non-identical probes in successive days. ITS congress. New York, the USA.
3. Makoto KASAL, M. R., Hisao UCHIYAMA (2008). An application of Bayesian statistics to estimate travel time on an urban expressway ITS congress. New York.
4. Masatoshi Kumagai, T. H. (2008). Dynamic prediction of traffic congestion by tracing feature space trajectory of space floating car data. ITS congress. New York.
5. Masria Mustafa, S. N. a. L. M. (2008). Performance of Probe Vehicles for Travel Time Estimation: A Simulation Approach. Transportation Research Board. Washington D.C.
6. Meichen, S. I. J. C. (2001). Dynamic freeway travel time prediction using probe vehicle data: Link-based vs. Path-based. Transportation Research Board. Washington D.C.
7. Takayuki Nakata, J.-i. T. (2004). Mining Traffic Data from Probe-Car System for Travel time Prediction. Industry/Government Track Poster. Washington D.C.
8. Tomio Miwa, T. s., Taka Morikawa (2004). "Route Identification and Travel Time Prediction Using Probe-Car Data." International Journal of ITS Research 2(1): 8.
9. van Zuylen, H.J., F. Zheng, Y.S.Chen (2008) Using Probe Vehicle Data for traffic state estimation in signalized urban networks, Proceedings International Workshop on Traffic Data Collection and its Standardisation, Springer (to be published)
10. Yanying Li, M. M. (2002). Link Travel time Estimation using single GPS equipped probe vehicle. The IEEE 5th international conference on intelligent transportation systems. Singapore.

Vehicle probes for data collection in emerging Mega Cities in Asia

Reinhart Kühne

German Aerospace Center, Transportation Studies; Rutherfordstrasse 2, 12489 Berlin, Germany

Xiaoxu Bei

German Aerospace Center, Transportation Studies; Rutherfordstrasse 2, 12489 Berlin, Germany

Abstract

The paper presents a showcase for traffic management in the city Ningbo and a follow up showcase in Hefei. Ningbo is an emerging Mega City in the Zhejiang province at the east coast of china. Hefei is located in about one flying hour from Shanghai into the inland and is the capital of the Anhui province. Both cities have about 5 million inhabitants. The institution for Transportation Studies of the German Aerospace Center (DLR) established an excellent relationship to the local governments of both cities during the last view years, carrying out different projects in the field of traffic management. The main objectives of the (presented) showcases are the traffic data collection by vehicle probes, especially by taxis, and their further processing into traffic in-formation.

In Ningbo a fleet of 3000 taxis collect continuously traffic data by a floating car data system (FCD). These data are used to generate a situation report of the current traffic conditions for/of nearly the complete network of major streets and also a large part of the other roads. Within a period of 5 minutes 80% of the main roads are covered with new taxi data. In addition, all im-portant intersections are equipped with video cameras which are used to verify the generated FCD data manually. All data are collected in a traffic management center which operates also 25 LCD road signs (equipped) with free-text-fields. These signs inform the road users about the level of service (LOS) in their vicinity and display the travel time to special points of interests (e.g. airport, station).

The aim is to generate an online traffic situation report. The system's architecture consists of a positioning/navigation unit and a radio link to a dispatching center. From the dispatching center, a server is supplied generating a database for link travel times and specific data evaluation. These data are used to generate a situation report of the current traffic conditions for/of nearly the complete network of major streets and also a large part of the other roads. Besides analyz-ing the current traffic situation by means of vehicle probe data, these data can also be used when cumulated over a certain time period for monitoring typical traffic situations in selected roads at any given time of the day. In addition, all important intersections are equipped with video cameras which are used to verify the generated FCD data manually. All data are collected in a traffic management center which operates also 25 variable message signs (VMS) equipped with free-text-fields. These signs inform the road users about the level of service (LOS) in their vicinity and display the travel time to special points of interests (e.g. airport, station). Besides spreading the collected traffic information by free-text road signs the

road users are informed by an analog traffic message channel. The radio station of this traffic message channel is also located in the traffic management center.

Based on a digital audio broadcasting system (DAB) widespread traffic information will be given to the road users/motorists. It is intended to use the new TPEG (Transport Protocol Experts Group) standard for the transmission of traffic and travel information. While currently the Chinese side is still committed to the old analogue standard TMC (Traffic Message Channel), in the future digital broadcast systems will become the optimal solution to effectively distribute all kind of traffic information. The broadcast technology for TPEG to be used is dependent on local specialities of the installed infrastructure, on which this protocol will hook in. TPEG will then form one of the transmitted services of the already functional digital broadcast system. Concerning DVB-H additional development and test will be necessary to integrate the TPEG protocol standard into the DVB-H broadcast server chain. Currently this medium is primarily used for entertainment content, but for a fast and efficient transmission of TPEG new server functionality will be added. On the client side an adequate effort will be necessary for the implementation and integration of the new broadcast technology for this kind of service. A PDA-like information system picks up the TPEG information in the car. The driver's own behaviour influences the traffic situation which is in turn reported via the floating car data chain back to the traffic information system - Closes loop driver information system

Real time application for traffic state estimation based on large sets of floating car data

Florian Schimandl

Chair of Traffic Engineering and Control, Technische Universität München – Arcisstraße 21, D-80333 Munich, Germany

Meng Zhang

Department of Cartography, Technische Universität München – Arcisstraße 21, D-80333 Munich, Germany

Masria Mustafa

Department of Cartography, Technische Universität München – Arcisstraße 21, D-80333 Munich, Germany

Liqiu Meng

Department of Cartography, Technische Universität München – Arcisstraße 21, D-80333 Munich, Germany

Abstract

For suitable traffic management to be applied, immediate knowledge of the current traffic state is mandatory. The fact that the knowledge is getting better with the data volume being larger leads to challenges in data processing speeds. The more data being processed, the slower the current situation could be analyzed in high detail. That may cause inaccurate and inconsistent results due to obsolete data in turn.

For traffic state estimation based on floating car data (FCD), solely used or in addition to traditional techniques – e. g. by fusing with local loop detector data or section travel time data – a system, based on spatial indexing data structures, for estimating the traffic state network wide and in real time – applicable for large data amounts – will be proposed in this paper.

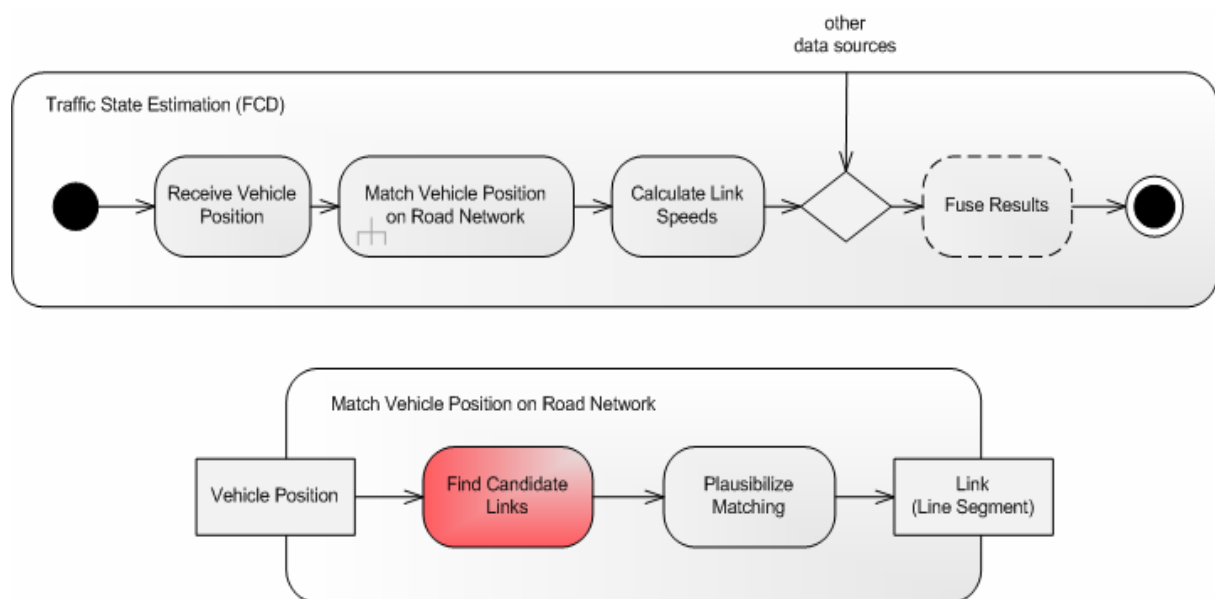


Figure 1: Traffic State Estimation (FCD)

The key and also the most time consuming process during the task of estimating the current traffic state based on FCD is the matching of vehicle positions onto the correct link (line segment) on the road network, the so-called map matching. To date, a large number of

researchers worldwide have addressed various matching issues. Many reported results reveal a high matching rate with a high accuracy on certain data types or test areas. In case of matching individual vehicles with the streets in which they are dynamically moving, however, the matching quality is influenced not only by the accuracy, but also by the computing efficiency. For real time applications, the most important element is to create the matching results before the vehicles move to substantially different locations. In other words, our matching process requires real time computing speed.

For small networks, all the links (line segments) of a network graph could be scanned and ordered respective to their distances to the current vehicle position, the query point P_0 . A set of likely matched candidate links could be extracted without the use of complex data structures within an acceptable time span. With networks getting larger and vehicles transmitting data more frequently, this task becomes very time-consuming. Hence an intelligent solution has to be found. In this paper the task of finding all the links efficiently (line segments) within a given tolerance distance d from the point P_0 is addressed (cf. 'Find Candidate Links' in Figure 1).

Usually, the street network is represented by vectors of coordinate pairs corresponding to their start and end nodes, which are ordered by their connectivity. Given a random query point in space, it is very inefficient to find its nearest line segment using such an approach if the line segments are not indexed. In order to accelerate the matching process, a *new grid-based spatial index* for line segments was developed.

As known, the grid-based spatial indexes can efficiently organize randomly distributed point objects into a hash directory. However, complications will occur when this technique is directly implemented to deal with line segments. In common cases, a spatial index is utilized in large spatial databases to optimize spatial queries, whereas the spatial index reported here serves the purpose of accelerating the matching process between points and links (line segments). Hence, two special constraints should be satisfied:

- (a) It should be easily established and implemented.
- (b) It should lead to a maximum speed improvement of the matching process.

The created spatial index considerably improved the computing speed for the matching between a point cluster and line segments. As a result, the matching speed does not depend on the size of the road network, but just on the amount of vehicle positions transmitted.

With the established spatial index for line segments, the authors proposed a map matching system for traffic state estimation in real time applications. This system has been successfully applied on a road network with more than 170.000 links and more than 12.000 taxi vehicles sending positioning messages every 30 seconds each. Similarly, this system has also been tested within the cities of Graz (Austria) with 230 taxis sampled as probe vehicles and a road network with about 4.100 links and Munich (Germany) with 325 taxis and a road network consisting of about 45.000 links; note that one link consists of a number of line segments.

Investigation and Validation of Floating-Car-Data Speed Measurements in the Project Dmotion

Bernhard Nowotny

Arsenal Research, Giefinggasse 2, 1210 Wien, Austria

Martin Reinthaler

Arsenal Research, Giefinggasse 2, 1210 Wien, Austria

Robert Hildebrandt

GEVAS software, Nymphenburger Straße 14, 80335 München, Germany

Peter Maier

GEVAS software, Nymphenburger Straße 14, 80335 München, Germany

Florian Weichenmeier

GEVAS software, Nymphenburger Straße 14, 80335 München, Germany

Abstract

For the VM2010 research project Dmotion a Taxi-FCD System has been built up and connected to two taxi offices in Düsseldorf. One office transfers GPS positions only when the taxi status is changed, the latter in intervals of less than one minute. Several field tests have been performed in a wide range of the main- and side-road network in order to investigate the quality of the calculation of velocity and lost time, respectively. It was found that in spite of the huge number of its taxis the route information of the first office could not be used. The velocities that have been calculated using only the information of the second office are in good visual agreement with the corresponding velocity observed during the field test in about 40% of all considered links. Built on these findings it has been investigated by several statistical criteria whether the results are reliable enough to use them for the strategic control of traffic-management systems. Under the circumstances given, i.e. the actual taxi coverage, this question cannot be approved with sufficient certainty.

Taxi-FCD innerhalb des Projekts Dmotion

Das Forschungsprojekt Dmotion ([1]) wurde im Rahmen der vom Bundesministerium für Wirtschaft geförderten Initiative „Verkehrsmanagement 2010“ ins Leben gerufen. Ziel des Projekts ist ein integriertes Verkehrsmanagementsystem für den Ballungsraum Düsseldorf.

Im Projekt werden zur Verkehrslageberechnung Daten von zwei verschiedenen Taxifloten verwendet. Es handelt sich um die beiden Flotten Rheintaxi mit 120 Fahrzeugen und Taxi-Düsseldorf mit 1300 Fahrzeugen. Die erstere liefert Positionsdaten in Intervallen von weniger als einer Minute, die letztere lediglich OD-Daten, nämlich bei Auftragsannahme, Aufnahme und Absetzen eines Fahrgasts und bei Ankunft am Taxihalteplatz. Bereits vor der Durchführung des Feldversuchs wurde jedoch erkannt, dass bei diesen OD-Fahrt Daten nur die Fahrt von der Kundenaufnahme bis zum Kundenziel verwendet werden kann. Sowohl bei der Anfahrt zum Kunden wie auch bei der Rückfahrt zur Taxihalttestellen ergeben sich zu viele Unsicherheiten.

Technische Grundlagen des Modells

Auf Basis der Taximeldungen berechnet das Taxi-FCD-Modell Fleet mit einem mehrstufigen Algorithmus die mittlere Geschwindigkeit pro Straßenabschnitt.

Im ersten Schritt projiziert ein Map-Matching-Modul die Fahrzeugpositionen auf den Netzgraphen. Darauf aufbauend werden mit einem Routing-Modul (vgl. [2]) die befahrenen Streckenabschnitte ermittelt. Die gemessenen Reisezeiten werden auf die befahrenen Abschnitte aufgeteilt. Dabei werden die historischen Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den Abschnitten berücksichtigt. Der Mittelwert der Geschwindigkeit eines Streckenabschnitts wird aus allen Geschwindigkeitswerten berechnet, die für den Abschnitt in einem Intervall von 15 Minuten vorliegen.

Da FCD-Daten nur eine unvollständige Abdeckung der Streckenabschnitte und Zeitintervalle liefern, müssen sie mit historischen Informationen ergänzt werden. Dazu werden nach Tagesklassen kategorisierte Ganglinien erzeugt. Über ein Zeitserien-Modell und einen linearen Kalman-Filter (siehe [3]) werden die aktuellen Messwerte mit den historischen Daten kombiniert.

Feldversuchsaufbau

Für die Evaluierung des Taxi-FCD-Modells in Düsseldorf wurde im Rahmen von Dmotion am 18.06.08 während der Zeiten von 6:00-11:00 Uhr und 15:00-19:00 Uhr ein Feldversuch durchgeführt. Dabei wurden zwei verschiedene Rundkurse in der Innenstadt von Düsseldorf befahren, vgl. **Abbildung 1**. Auf dem großen Rundkurs, welcher eine Länge von gut 16 km aufweist und Teil des Hauptstraßennetzes ist, wurden 8 Fahrzeuge eingesetzt. Der kleine Rundkurs (ca. 5 km auf eher kleineren Straßen) wurde von 4 Fahrzeugen befahren. Der große Rundkurs wurde etwa 120 mal befahren, d.h. jeder Punkt wurde im Schnitt alle 4,5 Minuten von einem Testfahrzeug passiert. Auf dem kleinen waren es nur etwa 90 Befahrungen, was einem Schnitt von 5,7 Minuten entspricht. Die Fahrzeuge waren mit GPS-Loggern ausgestattet, welche sekundlich die Position der Fahrzeuge bestimmt und aufgezeichnet haben.



Abbildung 1: Luftbild der Rundkurse, auf denen der Feldversuch stattfand. Die roten Polygone definieren die Streckenabschnitte, auf denen einzelne Auswertungen vorgenommen wurden.

Für die Auswertung wurden die Positionsdaten in Streckenabschnitte von etwa 100 bis 400 Metern unterteilt. Aus den Längen der einzelnen Teilstrecken und den darauf benötigten Reisezeiten der GPS-Fahrzeuge wurden die jeweiligen Durchschnittsgeschwindigkeiten berechnet und – entsprechend den Taxi-FCD-Ergebnissen – über 15 Minuten gemittelt .

Ergebnisse

Vergleich der beiden Taxiflotten

Das Hauptstraßennetz der Stadt Düsseldorf umfasst etwa 7000 Straßenabschnitte. Davon wurden am Tag des Feldversuchs von der Flotte Rheintaxi rund 75% befahren, während die Flotte Taxi-Düsseldorf nur etwa 65% des Netzes abgedeckt hat.

Für die erreichbare Güte der berechneten mittleren Geschwindigkeiten sind die Zeitabstände zwischen den Fahrzeugmeldungen auf einem Straßenabschnitt essentiell. Die medianen Zeitdifferenzen zwischen Meldungen pro Straßenabschnitt lagen bei der Flotte Rheintaxi für rund 60% der Straßenabschnitte unterhalb von 30min. Dies sind gute Voraussetzungen für die Berechnung von mittleren Geschwindigkeiten, wie in der endgültigen Version des Papiers genauer erläutert wird. Bei der Flotte Taxi-Düsseldorf lag der Median hingegen nur für rund 25 % aller Straßenabschnitte unter 30min.

Das mittlere Berichtsintervall (Zeitabstand zwischen zwei Positionsmeldungen eines Taxis) der Flotte Rheintaxi lag bei rund 40s, die mittlere Fahrtlänge betrug rund 0,35km. Diese Werte lassen eine ausreichende räumliche Präzision erwarten. Bei der Flotte Taxi-Düsseldorf lag das mittlere Berichtsintervall bei etwa 420s und die mittlere Fahrtlänge bei 2.2km, was auf eine wesentlich geringere räumliche Präzision schließen lässt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Meldungen der Flotte Rheintaxi für die Bestimmung von mittleren Geschwindigkeiten auf einem Teil des Netzgraphen ausreichend dicht sind. Eine Berechnung, welche lediglich auf den Daten von Taxi-Düsseldorf beruht, lässt hingegen kein befriedigendes Ergebnis erwarten. Als Ergänzung zu den Meldungen der Rheintaxi-Flotte würde man jedoch einen wertvollen Beitrag durch die Daten von Taxi-Düsseldorf erwarten.

Vergleich der Ergebnisse mit den Referenzdaten

Die Auswertung ergab überraschenderweise, dass die Übereinstimmung zwischen den mittels Taxi-FCD berechneten mittleren Geschwindigkeiten und den aus den Messfahrten ermittelten Geschwindigkeiten besser ist, wenn die von Taxi-Düsseldorf übermittelten Fahrtdaten nicht verwendet werden, vgl. **Abbildung 2** und **Abbildung 31**. Dies ist vermutlich auf zu große Unsicherheiten beim Routing der langen OD-Strecken zurückzuführen. Wenn mehrere Kreuzungen zwischen den Meldungen liegen, entsteht außerdem ein großer Fehler bei der Aufteilung der Reisezeit auf freie Strecke und Wartezeiten vor den LSA. Für die abschließende Auswertung wurden deshalb die von Taxi-Düsseldorf gelieferten Daten nicht verwendet.

¹ Die zeitliche Lücke zwischen 11:00 und 15:00 wurde in den Abbildungen geschlossen, um die Darstellung zu entzerren.

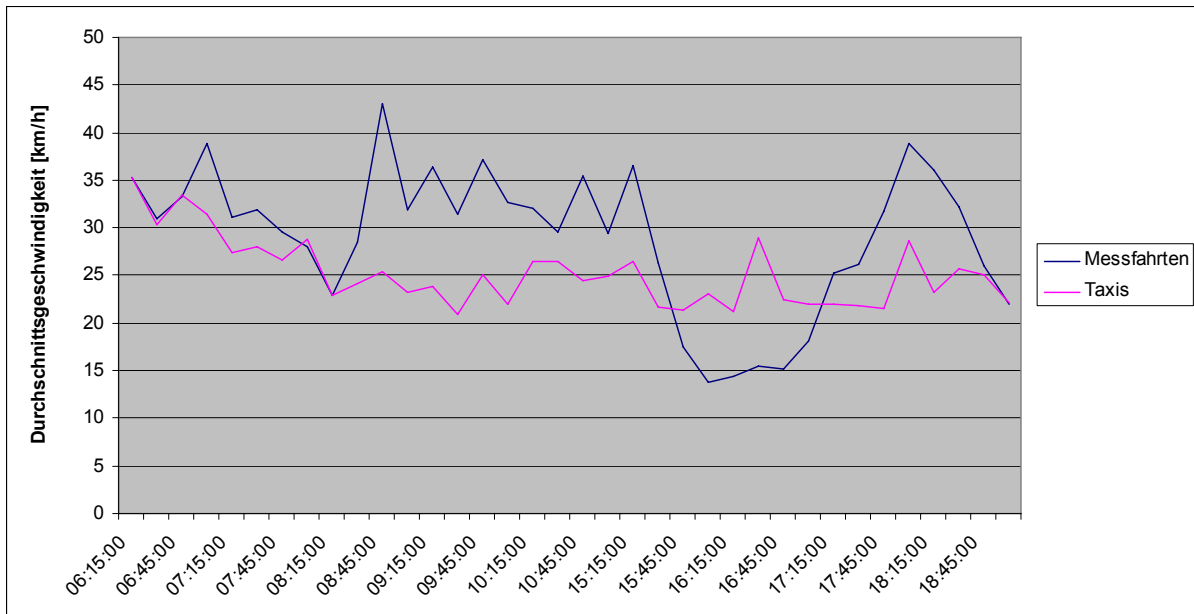


Abbildung 2: Geschwindigkeiten auf der Strecke LSA38-LSA39 des großen Rundkurses, ermittelt via Taxi-FCD bzw. Messfahrten. Die Taxidaten stammen von Rheintaxi und von Taxi-Düsseldorf.

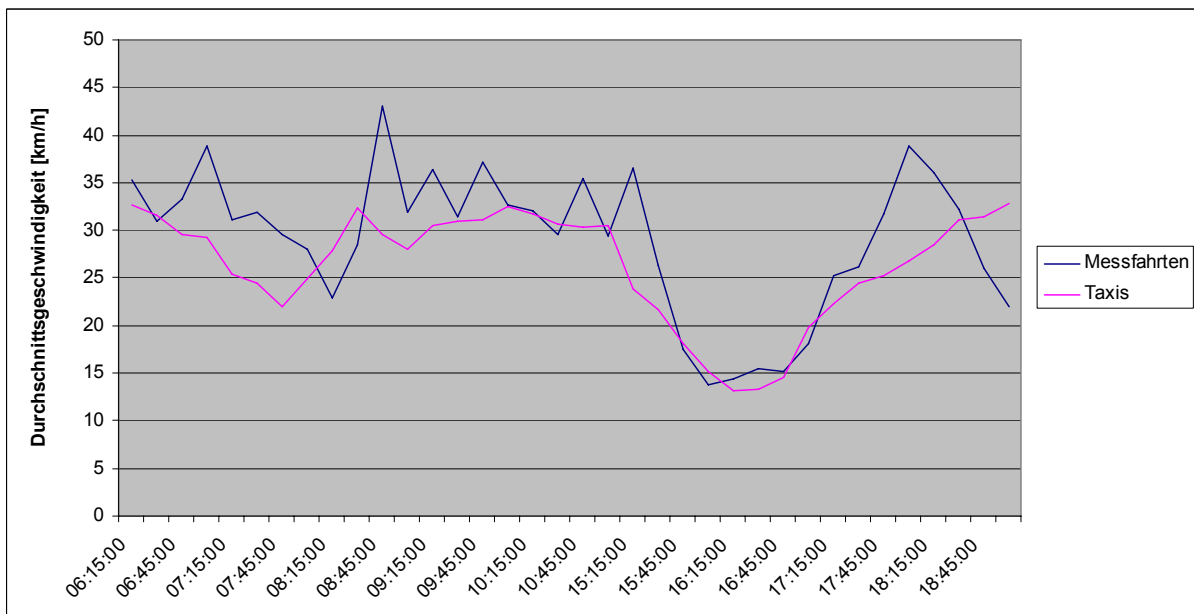


Abbildung 3: Geschwindigkeiten auf der Strecke LSA38-LSA39 des großen Rundkurses, ermittelt via Taxi-FCD bzw. Messfahrten. Die Taxidaten stammen ausschließlich von Rheintaxi.

Für den Vergleich zwischen den Referenzdaten (Messfahrten mit GPS-Positionsmeldungen) und den vom Taxi-FCD-Modell berechneten Geschwindigkeiten muss beachtet werden, dass die im innerstädtischen Bereich von den Fahrzeugen erfahrenen Reisezeiten generell starken Schwankungen unterliegen (siehe auch [4]). Dies zeigt sich auch sehr klar in ANPR-Messungen, welche bereits im Mai 2007 durchgeführt wurden.

Insgesamt ist in etwa 40% der 61 betrachteten Strecken eine gute Übereinstimmung der Referenzdaten mit den berechneten Geschwindigkeiten zu erkennen. Bei etwa 30% war die Übereinstimmung befriedigend bzw. nur bedingt aussagekräftig und bei weiteren 30%

zeigten sich stärkere Abweichungen, wobei die berechneten Geschwindigkeiten meist niedriger waren als die aus den Messfahrten ermittelten.

Eine detaillierte Betrachtung der Strecken, bei denen die Übereinstimmung schlecht war, hat verschiedene Problemursachen gezeigt:

- Im Bereich von Tunneln oder Brücken fallen die GPS-Daten der Messfahrten aus, so dass die Referenzdaten in diesen Bereichen nicht verlässlich sind.
- Bei einem Teil der Strecken sind Fehler im Map-Matching zu vermuten. Solche Fehler zeigen sich vor allem dann, wenn zwei Straßen über einen längeren Bereich parallel verlaufen bzw. eine Straße über eine lange Ausfahrspur verfügt.
- Die Messfahrten des großen Rundkurses führten entlang des Düsseldorfer Lastrings, welcher eine gute Koordinierung aufweist. Taxis dagegen biegen an beliebigen Stellen in den Ring ein bzw. von diesem ab. In die Route einbiegende Taxis erfahren meist eine schlechtere Koordinierung. Ebenso können bei Abbiegevorgängen aus der Hauptrichtung heraus größere Wartezeiten auftreten. Dies führt dazu, dass die Durchschnittsgeschwindigkeiten der Taxis relativ zu den Messfahrten reduziert sind. Die Ergebnisse des Taxi-FCD-Modells stellen also eine Mittelung über die Routen der einzelnen Taxifahrten dar.
- Aufgrund des sekundlichen Rasters der Referenzdaten liegen zwischen zwei Positionsmeldungen etwa 15m. Wegen dieser konstanten Distanzen nimmt mit abnehmender Länge der Streckenzüge die relative Genauigkeit der Referenzdaten ab. Bei etwa 100m oder weniger sind die Ergebnisse der Messfahrten nicht mehr ausreichend genau.

Bei einer zweiten Auswertung wurden die 43 Strecken des großen Rundkurses (vgl. **Abbildung 1**) zu vier langen Streckenzügen zusammengefasst und mit den Referenzdaten verglichen. Es zeigte sich eine gute bis sehr gute Übereinstimmung zwischen den berechneten Geschwindigkeiten und den Messfahrten (vgl. **Abbildung 4** für ein Beispiel). Offensichtlich wird durch die Mittelung über längere Streckenabschnitte das Verfahren robuster gegenüber Störeinflüssen.

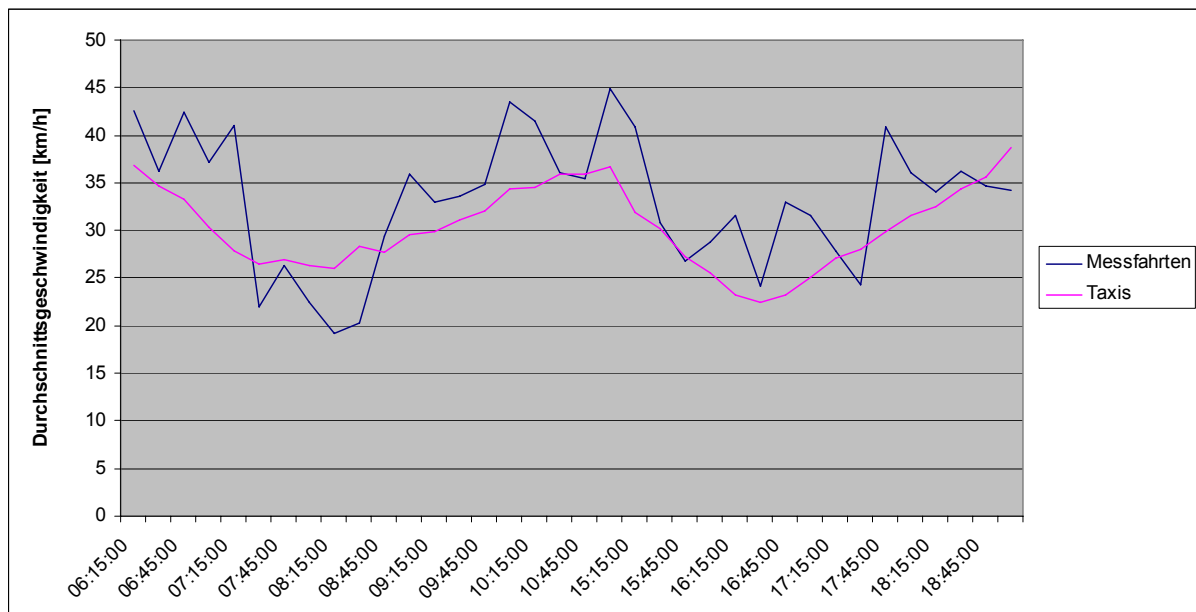


Abbildung 4: Geschwindigkeiten auf der Strecke LSA34-LSA50 des großen Rundkurses, ermittelt via Taxi-FCD bzw. Messfahrten. Die Taxidaten stammen ausschließlich von Rheintaxi.

Die Analyse zeigte, dass auf vielen Strecken die aktuellen Taxidaten aufgrund der geringen Stichprobe nicht ausreichen, das Geschwindigkeitsprofil zu bestimmen. Meist wird erst durch die Kombination mit den historischen Ganglinien die Referenzmessung reproduziert. Allerdings gibt es auch Fälle, in denen die aktuellen Werte besser mit den Daten der Messfahrten übereinstimmen als die kombinierten Resultate. Es gilt also, die richtige Gewichtung zwischen aktuellen und historischen Daten zu finden.

Acknowledgements

Das Projekt Dmotion (2005-2009) wird im Rahmen der Forschungsinitiative VM2010 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Projektpartner sind die Landeshauptstadt Düsseldorf, GEVAS software mit Unterauftragnehmer arsenal Research, die PTV AG, die OCA e.V. mit den Unterauftragnehmern AlbrechtConsult und ComNets sowie das ivh Hannover.

Referenzen

- [1] Forschungsprojekt Dmotion: www.dmotion.info, www.vm2010.de/web/projekte/freizeitverkehrde.html (2005)
- [2] Laborczi P., Linauer M., Nowotny B. (1996). „Travel time estimation based on incomplete probe car information“, *13th World Congress on ITS, 2006*, London (2006)
- [3] Nowotny B., Reinthaler M. (2008). Verfahren zur Approximation des zeitlichen Verlaufes von Verkehrsdaten, Patent-Anmeldung A 1905/2008 (2008)
- [4] van Zuylen H., Chen Y., Zheng F. (2008). Using floating car data for traffic state estimation in signalized urban networks, *Int. Workshop on Traffic Data Collection*, Barcelona (2008)