

Ireneusz CELIŃSKI  
Grzegorz SIERPIŃSKI<sup>1</sup>

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ARCHITEKTURY SYSTEMÓW GSM W MODELOWANIU, PLANOWANIU I OBSŁUDZE TRANSPORTU PUBLICZNEGO I PRYWATNEGO W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH

*Artykuł prezentuje wybrane aspekty możliwości wykorzystania architektury sieci komórkowych typu GSM/UMTS w organizacji i zarządzaniu transportem publicznym oraz prywatnym w obszarach zurbanizowanych. W artykule omówiono architekturę sieci GSM/UMTS pod kątem możliwości teoretycznego pozyskiwania danych użytecznych dla przedmiotowych celów. Przedstawiono również sposoby wykorzystania tych danych w wybranych zagadnieniach obsługi transportu publicznego i prywatnego oraz w modelowaniu i planowaniu. W podsumowaniu, w oparciu o przedmiotową problematykę, zaproponowano koncepcję organizacji transportu publicznego i prywatnego w obszarach zurbanizowanych.*

## THE POSSIBILITY OF UTILIZATION OF GSM ARCHITECTURE IN MODELLING, PLANNING AND SERVICE OF PUBLIC AND PRIVATE TRANSPORTATION IN URBAN AREAS

*The article deals the chosen aspects of possibility of utilization of cellular nets of type GSM / UMTS architecture at organization and management of public and private transportation in urban areas. The theoretical method of getting the useful data from GSM / UMTS architecture was also presented. This methods can be useful in modelling, planning and service of public and private transportation. In support of this problems, the conception of organization of public and private transportation was proposed in conclusion.*

### 1. WSTĘP

Transport publiczny i prywatny organizowany jest w celu zaspokojenia podstawowej potrzeby ludzkiej związanej z przemieszczaniem osób i towarów. Z uwagi na niejednorodność przemieszczeń przedmiotu/podmiotu procesu transportowego- zarówno w czasie jak i w przestrzeni - zaspokojenie tej podstawowej potrzeby jest zagadnieniem złożonym [10]. Transport publiczny oferuje pasażerom możliwość przemieszczania się ogólnodostępnymi środkami transportu. Z kolei transport prywatny nie oferuje środków

---

<sup>1</sup> Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej, POLSKA, 41-300 Dąbrowa Górnicza, ul. Ciepłaka 1c

transportu dostępnych publicznie - bez zgody jego operatorów. W zakresie transportu można wskazać w zależności od zasięgu przemieszczenia - transport publiczny miejski i regionalny. W przypadku transportu miejskiego stosuje się środki transportu: autobusy, trolejbusy, tramwaje i pociągi. W przypadku transportu regionalnego będą to odpowiednio: pociągi, autokary i samoloty [8], [9], [10].

W ostatnich kilku dekadach transport publiczny w odróżnieniu od komunikacji indywidualnej przeżywa zauważalny regres. Związane jest to ze wzrastającą rolą komunikacji realizowanej indywidualnymi środkami transportu, co z kolei implikowane jest bumem motoryzacyjnym lat 70, 80-tych. Proporcje podziału transportu na mody przejawiają się niezależnie od nieustannego wzrostu wskaźnika motoryzacji praktycznie we wszystkich krajach na świecie (przy dominującym udziale rejestrowanych nowych pojazdów osobowych). Niezależnie od samej tendencji wzrasta również liczba rejestrowanych pojazdów ciężarowych [5]. W Polsce wzrost wskaźnika motoryzacji w ciągu ostatnich 20 lat wyniósł niemal 100% [4]. Procesy podziału modalnego w transporcie mają charakter dodatniego sprzężenia zwrotnego. Wzrastający ruch w komunikacji indywidualnej przekłada się na zmniejszenie oferty w zakresie transportu publicznego, które z kolei przekłada się na jeszcze większy wzrost ruchu w komunikacji indywidualnej. Jest to tak zwane „błędne koło transportu publicznego”. Integracja różnych działań z zakresu równoważenia transportu jest jednym ze sposobów zmiany tego procesu [6], [17]. Próby powstrzymania procesu zmniejszania się udziału transportu publicznego w transporcie nie przynoszą jednak radykalnej poprawy. Właściwe podejście do przedmiotowego problemu wymaga pełnej identyfikacji potrzeb osób przemieszczających się, a zmiana przyzwyczajzeń dotyczących wyboru środka transportu jest trudna. Statystyczny pasażer na drodze wyboru swojego środka transportu kierować się zawsze będzie partykularnym interesem. Rolą moderatorów transportu publicznego w miejsce sztywnego kształtowania proporcji gałęziowych transportu publicznego i indywidualnego powinno być głównie rozpoznanie wspomnianych wcześniej interesów. To właśnie środek transportu wybierany dla konkretnego przemieszczenia powiązany zostaje z interesami uczestnika ruchu nie zaś interes podporządkowywany jest istniejącej ofercie przewozowej.

W dotychczasowej praktyce transport publiczny oparty był i nadal jest na ofercie organizowanej zgodnie z ustalonym rozkładem jazdy implikującym częstotliwość połączeń w sieci transportowej pomiędzy poszczególnymi jej punktami. Określane jest to mianem tzw. ruchu regulowanego (lub ruchu trasowanego [7]) w odróżnieniu od komunikacji indywidualnej, która nazywana jest często samoregulującą się (m. in. z uwagi na możliwość wyboru trasy przejazdu w zależności od aktualnych warunków występujących na sieci). Można zaryzykować stwierdzenie, iż transport publiczny w bieżących realiach społecznych nie powinien być w perspektywie nadchodzących lat organizowany dalej w tej formie tj. jako regulowany i reglamentowany (sztywna pojemność środków transportu). Forma ta obecnie nie jest w stanie sprostać konkurencji ze strony komunikacji indywidualnej. Nowa forma zarządzania transportem publicznym wymaga modyfikacji organizacji oraz zwiększenia dynamiki dostosowania jej do potrzeb osób przemieszczających się (ich partykularnych interesów).

Jakie elementy odróżniają wymienione dwie formy realizacji podróży w sieci transportowej, tj. podróży organizowanej (transport publiczny) i podróży samoistnej-samoregulującej się (komunikacja indywidualna)? Można wskazać dwie zasadnicze różnice. Pierwszą różnicą jest lokalizacja punktu dostępu do sieci transportowej (różnica

przestrzenią). Transport publiczny jest w tym aspekcie zdeterminowany. Drugą stanowi czas dostępu w celu realizacji podróży (różnica czasu). Występują oczywiście także inne różnice, jak chociażby czas podróży, który wynika ze specyfiki mody transportu, którą realizowana jest dana podróż. W dalszej części artykułu przedmiotem analizy będą wyłącznie różnice w czasie i przestrzeni występujące pomiędzy komunikacją indywidualną, a transportem publicznym.

W transporcie indywidualnym dostęp do sieci transportowej w czasie i w przestrzeni ograniczony jest w teorii wyłącznie jej infrastrukturą. Praktyka tego zagadnienia nie odbiega zresztą zasadniczo od teorii. Dostęp ten jest nieznacznie modyfikowany dostępnością przestrzeni parkingowej, kosztami użytkowania środków komunikacji indywidualnej oraz paliwa, co zasadniczo nie zmienia jego charakterystyki [2]. W przypadku transportu publicznego dostęp ten jest silnie determinowany miejscem i czasem dostępu do sieci transportowej uczestnika ruchu. Wybór środka transportu jest kombinacją wielu czynników głównie ceny podróży, jej czasu oraz dostępu do infrastruktury. Co więcej dostęp ten jest w sposób istotny modyfikowany przez inne czynniki, jak np. koordynacja oferty przewozowej i taryfy oferowanej przez różnych operatorów usług transportowych na danym rynku transportowym. Każde działanie administracyjne zmierzające do równoważenia podziału modalnego ruchu musi mieć uzasadnienie w odniesieniu do potrzeb osób przemieszczających się. W innym wypadku działania takie sprowadzają się do sztucznej ze swej natury ingerencji administracyjnej w strukturę transportu i sieci transportowej. Bez znajomości wielu struktur: motywacyjnej, demograficznej, ekonomicznej, przestrzennej realizowanych podróży działania te są bezcelowe i mogą prowadzić wyłącznie do dalszej zapaści komunikacji zbiorowej. Podstawowym problemem poruszonym w tym artykule jest próba modyfikacji organizacji i zarządzania transportem publicznym i prywatnym w kierunku zmiany ich udziału w ruchu. W odniesieniu do transportu publicznego zmiany miejsca i czasu dostępu do sieci transportowej. Punktem wyjścia do dalszych rozważań jest wspomniana podstawowa różnica pomiędzy transportem publicznym, a indywidualnym. Transport publiczny jest zdeterminowany w odniesieniu do wyboru miejsca i czasu rozpoczęcia podróży w sieci transportowej lokalizacją przystanków komunikacji zbiorowej. Sytuacja ta, niekorzystna z punktu widzenia jakości oferty transportu publicznego może być zmieniona, zdaniem autorów na lepszą, dzięki wykorzystaniu nowych technologii, w tym technologii opartych na sieci komórkowej GSM/UMTS.

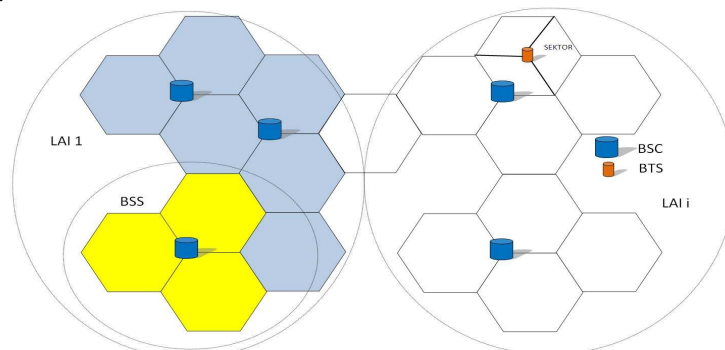
## **2. PODOBIENSTWO STRUKTURY SIECI GSM/UMTS I TRANSPORTU PUBLICZNEGO**

Transport publiczny organizowany jest w oparciu o architekturę złożoną z dwóch podstawowych elementów infrastruktury. Punktów dostępowych do sieci transportowej nazywanych przystankami (również dworce, terminale itp.) oraz linii komunikacji zbiorowej (ang. PuT - Public Transport). Te drugie związane są w większości przypadków z siecią transportową dostępną również dla komunikacji indywidualnej (ang. PrT - Private Transport). Architektura sieci transportu publicznego uzupełniana jest warstwą organizacyjną, która dla infrastruktury liniowej i punktowej formułuje zasady organizacji ruchu. Definiowane są linie komunikacji zbiorowej (ich przebiegi w oparciu o punkty dostępu), jak również określana częstotliwość obsługi poszczególnych punktów

dostępowych do sieci. Taki sposób organizacji i zarządzania transportem publicznym wynika z faktu dysponowania co najwyżej przybliżonym modelem funkcjonowania komunikacji zbiorowej, jak również ograniczonymi ilościowo zasobami w zakresie liczby oferowanego taboru i jego obsługi. Wymienione aspekty funkcjonowania transportu publicznego determinują ograniczony dostęp do sieci transportowej podróżnych. Powstaje zatem pytanie - czy nie istnieją techniczne możliwości „złamania” ograniczenia transportu publicznego w zakresie zagadnień miejsca i czasu dostępu do jego usług w sieci transportowej? Jeśli takowe możliwości istnieją, rodzi się kolejne pytanie o to jak należy je wykorzystać. W celu uwolnienia transportu publicznego od tych niedogodności i ograniczeń konieczne jest posiadanie dokładnych informacji w zakresie popytu na usługi w tym zakresie oraz możliwości, jako odpowiedzi, elastycznego kształtowania podaży.

W celu rozwiązania przedmiotowego problemu należy zwrócić uwagę na możliwości techniczne jakie oferują sieci komórkowe oparte na standardach GSM i UMTS. Występuje tu silne podobieństwo struktury tych dwóch sieci przy wzajemnym pokryciu przestrzennym. Podobnie jak sieć komunikacji publicznej opisana infrastrukturą liniową i punktową, również sieć GSM, jak każda inna sieć transportowa, którą jest w istocie, ma określoną architekturę i w istocie jest do niej podobna.

Podstawą architektury (elementem obszarowym) sieci komórkowej są tzw. komórki (ang. Cell), których zbiory organizowane są w coraz większe struktury tworzące sieć komórkową. Komórki organizowane są w struktury związane z funkcjonowaniem tzw. stacji bazowych – BSS (ang. Base Station System). Te z kolei organizowane są w logiczne obszary nazywane lokalizacyjnymi – LA (ang. location area). Obszary LA obsługiwane przez infrastrukturę telekomunikacyjną łączone są ze sobą tworząc szkielet sieci GSM (rysunek 1).



Rys.1. Architektura sieci GSM

Struktura sieci komórkowej składa się z następujących poziomów: sektor, komórka, stacja bazowa, LA, sieć operatora GSM/UMTS etc. Układ elementów struktury sieci GSM nie jest jednorodny. Rozmiary sektorów, komórek, stacji bazowych i LA są różne w zależności od wielu czynników. Jednak, co istotne, struktura sieci komórkowej może zostać przyporządkowana logicznie do istniejącej sieci transportowej – z mniejszą lub większą dokładnością. W takim przypadku można wykorzystać dane przetwarzane w ramach systemów telefonii komórkowej dla celów organizacji transportu publicznego.

W artykule nie są poruszane zagadnienia związane z możliwością dokładnej (rzędu kilkudziesięciu metrów) lokalizacji abonenta MS (ang. mobile station) w sieci telefonii komórkowej. Metody te mają bardzo bogatą literaturę i stanowią interesujące źródło do dalszych analiz przedmiotowego zagadnienia (m. in. [1], [11], [12], [13], [15], [16], [18]). Autorzy skupiają się na możliwości prostego i szybkiego wykorzystania danych z sieci komórkowych. Sposób ma w zamyśle autorów umożliwiać szybkie zmiany w organizacji transportu publicznego. Daną, która istnieje w chwili obecnej i jest przetwarzana w ramach ich codziennego funkcjonowania (tzn. sieci GSM) jest rejestr połączeń telefonicznych – CDR (ang. Call Detail Record). Rejestr ten uwzględnia wszystkie połączenia realizowane w sieci komórkowej pomiędzy dwoma terminalami. Rejestrowane są zarówno połączenia głosowe, jak również połączenia związane z transmisją danych. To co wyróżnia dane z tego rejestru, od innych informacji przetwarzanych w systemach GSM, to fakt, że dane te są powszechne, łatwo dostępne, dokładne, mogą być elastycznie formatowane przez operatora sieci. Przykładowy CDR przedstawia rysunek 2 .

```
MOBILE TERMINATED RECORD
....
A SUBSCRIBER NUMBER:XXXXXXXXXX
...
B SUBSCRIBER NUMBER:XXXXXXXXXX
....
B SUBSCRIBER FIRST LOCATION:XXXXXXX
ID:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
CELL ID:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
B SUBSCRIBER LAST LOCATION:XXXXXXX
...
...
ADVICE OF CHARGE INDICATOR:XXXXXXX
```

Rys.2. Przykładowy fragment rejestru CDR

Rekord danych pojedynczego połączenia w rejestrze CDR ma zmienną długość w zależności od ustawień zdefiniowanych przez operatora sieci komórkowej. Z reguły jego długość wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset bitów. Dla omawianego zagadnienia istotne jest to, że w danych pojedynczego rekordu CDR opisującego zestawianą rozmowę/SMS uwzględniany jest lub może być adres komórki. Oznacza to, że każda realizowana rozmowa (technicznie: zestawiane połączenie) adresowane jest w odniesieniu do numeru komórki sieci, w której rozmowa została zainicjowana i numeru komórki, do której połączenie zostało zestawione. W praktyce w sieci GSM przetwarzanych może być jednocześnie na poziomie pojedynczego MSC (ang. Mobile Switching Centre) kilkaset tysięcy rozmów na sekundę, co daje ok. 200 000 kB/s. W ciągu doby informacja wymagająca przetworzenia wynosi w skali sieci globalnej operatora GSM nawet do kilku TB. To co jest warte podkreślenia to, że do posiadania tych danych (CDR) operatorzy sieci komórkowych obligowani są przepisami prawa. Dyrektywa unijna No. 2199 jasno określa obowiązki prawne operatora sieci komórkowych w tym zakresie [3]. Zgodnie z tą Dyrektywą EU operatorzy telefonii komórkowej zobowiązani są do przetwarzania informacji w przedmiocie zestawianych połączeń. Operatorzy zobowiązani są do przetwarzania danych w zakresie danych terminala, czasu rozpoczęcia i trwania połączenia.

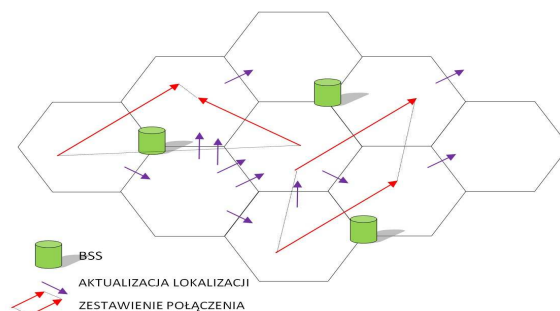
Ponadto przetwarzane są, co ważne dla poruszanej problematyki, punkty lokalizacji terminali realizujących połączenie. Ta sama norma prawna nakłada na operatorów sieci komórkowych obowiązek zestawiania informacji w zakresie lokalizacji w układzie polarnym stacji bazowych, dla których nastąpiło zestawienie połączeń. W zależności od szczegółowych ustaleń poszczególnych podmiotów prawa gospodarczego i regulacji prawnych operatorzy przechowują te informacje w okresie 3-6 miesięcy do jednego roku.

W związku z powyższym istnieje techniczna możliwość identyfikacji połączeń realizowanych w sieci telefonii komórkowych z dokładnością do komórki tej sieci. Identyfikacja ta umożliwia badanie rozkładu zestawianych połączeń z dokładnością do numerów telefonów realizujących połączenia, jak również ich lokalizacji w horyzoncie do 12 miesięcy wstecz. Należy tu wykorzystać fakt, że w chwili obecnej liczba telefonów komórkowych w Polsce przekracza 45 mln aparatów MS (ang. mobile station) [14]. Dzięki temu istnieje teoretyczna możliwość identyfikacji abonentów sieci telefonii komórkowej w czasie i przestrzeni w horyzoncie roku czasu po czym przypisanie tych charakterystyk do sieci transportowej, co zostanie wyjaśnione w dalszej części artykułu. Podejście takie umożliwia określenie przemieszczeń w sieci transportowej – pokrytej siecią GSM – dla całej populacji osób przemieszczających się z aktywnym terminalem MS. Powstaje problem abonentów sieci komórkowych, którzy poruszając się w danym rejonie stacji bazowej nie realizują rozmowy. Z pomocą identyfikacji położenia takich abonentów przychodzi procedura identyfikacji terminali ruchomych w sieci komórkowej (ang. Location update procedure). Każdy abonent sieci komórkowej łączy się z tą stacją, która w obszarze jego pobytu dysponuje najsilniejszym sygnałem radiowym (do najbliższego BST). Poruszając się w sieci GSM abonent przemieszcza się pomiędzy stacjami bazowymi, które w danej lokalizacji abonenta charakteryzują się z jego punktu widzenia najsilniejszym sygnałem. Każdorazowo abonent przełączany jest na stację bazową, która dysponuje dla jego lokalizacji najsilniejszym sygnałem radiowym. W ramach procedury aktualizacji lokacji abonenta w sieci przekazywana jest informacja o adresie komórki sieci, w której aktualnie przebywa. Łącząc dane z rejestru CDR oraz dane tworzone w ramach procedury aktualizacji położenia abonenta można uzyskać szczegółowy obraz lokalizacji terminali sieci GSM w obszarze jej działania. Należy podkreślić, że można ustalić położenie wszystkich aktywnych terminali z dokładnością do pewnego obszaru przestrzeni. Dane te obrazują również przemieszczenia terminali w odniesieniu do sieci transportowej. Dane te mogą być porównywane, ponieważ zawierają podobne informacje. Problemem jest korelacja danych tych dwóch sieci.

Na rysunku 3 fioletowymi strzałkami oznaczono informacje w ramach sieci komórkowych odpowiadające procedurom lokalizacji użytkownika w sieci przy zmianie położenia pomiędzy dwoma komórkami sieci (w praktyce stanowią one kierunek przemieszczenia pomiędzy dwoma stacjami bazowymi).

Wektor ten opisany jest punktem początkowym stacji bazowej, której sygnał słabnie i końcem oznaczającym lokalizację stacji bazowej, której sygnał staje się dla danego terminala dominującym. Kolorem czerwonym zobrazowano zestawienie połączenia pomiędzy dwoma terminalami w sieci telefonii komórkowej. W tym wypadku w najkorzystniejszych warunkach akwizycji danych można dysponować parą skorelowanych wektorów. Jednym dla abonenta zestawiającego połączenie i drugim reprezentującym aparat odbiorcy. Reasumując powyższe – przetwarzanie danych w sieci GSM, na podstawowym poziomie pozwala uzyskać szereg interesujących danych pomocnych w

opisie zapotrzebowania na przewóz w sieci transportowej (komórkowej). Informacjami tymi są: szczegółowe dane abonenta, komórka aktualna, komórka końca przemieszczenia chwilowego  $t'$ . Ewentualnie inne dane możliwe do pozyskania z wykorzystaniem danych sieci komórkowej to czas pobytu w komórce, długości czasu przemieszczenia między komórkami etc.



Rys.3. Dane lokalizacyjne systemu GSM.

Reasumując na bazie sieci GSM uzyskiwana są szczegółowe dane w przedmiocie kształtowania się popytu na usługi związane z komunikacją. Kwestią wtórną jest skatalogowanie tego popytu z rozróżnieniem jego struktury. Dane możliwe do uzyskania w przypadku wykorzystywania informacji z sieci GSM/UMTS przedstawia tablica 1.

Tab. 1. Parametry pozyskiwane z sieci GSM/UMTS

Parametr	Opis	Uwagi
Komórka początkowa	Cell ID początku przemieszczenia	Obszar od kilku tysięcy m <sup>2</sup> w centrach miast do kilkunastu tys. w obszarach podmiejskich
Komórka końcowa	Cell ID końca przemieszczenia	j.w.
Czas pobytu w komórce	Od wejścia do komórki do chwili jej opuszczenia	Z dokładnością co najmniej do sekundy
Czas podróży Odl. podróży	Parametry globalne w sieci	Macierz OD
Dane abonenta	W horyzoncie czasu zgodnym z rejestrowanym ruchem w sieci nie dłużej niż 12 msc wstecz	
Dane rozmówcy	W horyzoncie czasu zgodnym z rejestrowanym ruchem w sieci nie dłużej niż 12 msc wstecz	
Inne dane np. posiadanie pojazdu	GSM-CEPIK-PESEL	Powiązanie wymagające dodatkowych regulacji prawnych

Źródło: Opracowanie własne.

### 3. WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

W artykule przedstawiono koncepcję identyfikacji przemieszczeń w sieci transportowej w oparciu o możliwość pozyskania określonych danych z sieci GSM. Podejście takie, ma w zamyśle autorów umożliwić identyfikację statystyczną podróży wykonywanych w sieci transportowej przez poszczególnych jej użytkowników. Identyfikacja tych przemieszczeń w odniesieniu do mody, którą dana podróż jest realizowana umożliwić może elastyczne

kształtowanie oferty przewozowej w zakresie transportu publicznego i prywatnego. Identyfikacja mody, którą realizowana jest określona podróż została omówiona w artykule będącym kontynuacją niniejszego tekstu zatytułowanym: „Koncepcja użycia technologii GSM do identyfikacji przemieszczeń w miastach”

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Borriello, G et al.: The disappearing computer: Delivering real-world ubiquitous location systems. In: Communications of the ACM, Vol. 48, No. 3, 2005, pp. 36-41.
- [2] Celiński I.: Determinanty poziomu ruchu. Transport Miejski i Regionalny. Nr 4/2011.
- [3] EU 2007 No. 2199 ELECTRONIC COMMUNICATIONS The Data Retention (EC Directive) Regulations 2007
- [4] Główny Urząd Statystyczny, [www.gus.gov.pl](http://www.gus.gov.pl)
- [5] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- [6] Janecki R., Krawiec S., Sierpiński G.: Publiczny transport zbiorowy jako kluczowy element zrównoważonego systemu transportowego Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii Silesia. [Ow:] Pyka R. (red.): Sposób na Metropolię. Idee a społeczne oczekiwania wobec projektu utworzenia śląsko-zagłębiowskiej metropolii. UM Katowice, RSS MSNP UŚ, Katowice 2010, s. 105-132.
- [7] Leszczyński J.: Modelowanie systemów i procesów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- [8] Newman P.; Kenworthy R.J. Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence. Island Press. 1999.
- [9] Ovenden M. Transit Maps of the World. London: Penguin. 2007.
- [10] Piskozub A.: Funkcjonowanie systemów transportowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 1973.
- [11] Rashid, O. et al.: Extending Cyberspace: Location Based Games Using Cellular Phones. In: ACM Computers in Entertainment, Vol. 4, No. 1, 2006, pp. 1-16.
- [12] Rashid, O.; Coulton, P.; Edwards, R.: Implementing Location Based Information/Advertising for Existing Mobile Phone Users in Indoor/Urban Environments. In: IEEE Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Business (ICMB'05), Sydney, Australia, 2005, pp. 377-383.
- [13] Richter, U. et al.: Location-based Services: Konkurrenz durch lizenzfreie Alternativen. In: VDE Kongress 2004, Berlin, Germany, 2004, pp. 65-70.
- [14] Rynek komórkowy po II kw. 2010, [www.telix.pl](http://www.telix.pl) (odsłona 18.05.2011).
- [15] Samsioe, J.; Samsioe, A.: Competitor Analysis in the Location Based Service Industry. In: IEEE-Proceedings of 1st Int. Conf. on Mobile Business, Athens, Greece, 2002.
- [16] Schiller, J.; Voisard, A.: Location-based services. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA, 2004.
- [17] Sierpiński G.: Integration of activities as a method to the sustainable mobility. In: Janecki R., Sierpiński G. (Ed.): Contemporary transportation systems. Selected theoretical and practical problems. New Mobility Culture. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Monografia 324. Gliwice 2011, s. 93-102.
- [18] Tarumi, H.; Matsubara, K.; Yano, M.: Implementations and Evaluations of Location-Based Virtual City System for Mobile Phones. In: Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference Workshops. Dallas, USA, 2004, pp. 544-547.