

Mariusz Rychlicki
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

OCENA CIĄGŁOŚCI TRANSMISJI DANYCH LOKALIZACYJNYCH W SYSTEMACH TELEMATYKI SILNIKOWYCH POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH

Streszczenie: W artykule zwrócono uwagę na gwałtowny wzrost popularności silnikowych pojazdów jednośladowych jako praktycznego środka transportu oraz na związaną z tym faktem większą liczbę wypadków drogowych z ich udziałem. Zaprezentowano możliwości zastosowania telematyki w poprawie bezpieczeństwa jazdy zespołowej pojazdów jednośladowych. Wskazano na podstawowe problemy wykorzystania danych lokalizacyjnych w omawianej sytuacji i w odniesieniu do pojazdów jednośladowych.

Słowa kluczowe: telematyka, lokalizacja, przepływ danych lokalizacyjnych, bezpieczeństwo ruchu drogowego, pojazdy jednośladowe

1. WSTĘP

W ostatnich latach daje się zauważyć znaczący, chociaż nadal niezadowalający, spadek liczby wypadków i ich ofiar na polskich drogach. Istnieje jednak grupa uczestników ruchu drogowego, która wydaje się nie tylko nie podlegać tym spadkowym tendencjom, a wręcz przeciwnie – stale się zwiększa. Grupę tę tworzą użytkownicy silnikowych pojazdów jednośladowych, głównie motocykli. Dokładna analiza zagrożeń pojazdów jednośladowych w ruchu drogowym w Polsce jest trudna, ponieważ w polskich danych statystycznych bezpieczeństwa ruchu drogowego zaczęto szerzej uwzględniać kierujących motorowerami i motocyklami dopiero od 2006 r., a i tak zakres tych danych jest wyjątkowo ograniczony. Nie obejmuje on w ogóle jako oddzielnej grupy skuterów, nie dokonuje podziału ze względu na moc silnika czy masę pojazdu, nie uwzględnia stosunku masy pojazdu do mocy silnika, itd. Dlatego w analizie tego zagadnienia niezbędne stają się dane statystyczne pierwszych piętnastu krajów członkowskich UE [1] oraz doświadczenia amerykańskie, zawarte w tzw. raporcie Hurta [2], będącym unikalnym na skalę światową opracowaniem poświęconym analizie statystycznej przyczyn wypadków drogowych z udziałem motocyklistów. Na ich podstawie można stwierdzić, że wzrostowi popularności i liczby użytkowników pojazdów jednośladowych towarzyszy zawsze, przynajmniej w

początkowym okresie, wzrost liczby wypadków drogowych ich użytkowników (kierujących i pasażerów). Co istotne, wypadki te są obarczone wielokrotnie większym ryzykiem śmiertelności niż analogiczne wypadki pojazdów wielośladowych.

2. ZAKRES WYKORZYSTANIA POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH

Pojazdy jednośladowe zyskują na popularności głównie ze względu na sprawność poruszania się w ruchu miejskim oraz niskie koszty zakupu i eksploatacji. Są to oczywiste zalety tego środka transportu i w szeregu zastosowań dają one znaczącą przewagę pojazdom jednośladowym nad pojazdami wielośladowymi. Jednak wymierne korzyści nie są jedynym powodem wzrostu popularności pojazdów jednośladowych. Według większości ich użytkowników jazda pojazdem jednośladowym daje nieporównywalnie więcej przyjemności z samej tylko jazdy niż wrażenia płynące z jazdy pojazdem wielośladowym, szczególnie o konstrukcji zamkniętej. Przy takim podejściu naturalnym jest, że wzrostowi popularności pojazdów jednośladowych towarzyszy rozwój innych dziedzin życia, jak turystyki motocyklowej. Jej najprostszą i podstawową formą są mniej lub bardziej zorganizowane grupowe wyjazdy na krótszych, dłuższych lub nawet bardzo długich trasach. Ich organizacja ma różnorodny charakter, od czysto koleżeńskiego, poprzez sformalizowany klubowy aż do imprez masowych.

2.1. Specyfika jazdy zespołowej pojazdów jednośladowych

Niestety, obecne w ruchu drogowym zagrożenia dla pojazdów jednośladowych nie tylko nie ulegają podczas jazdy zespołowej zmniejszeniu, a wręcz przeciwnie pojawiają się nowe, czyniąc tę formę jazdy jeszcze bardziej niebezpieczną. Z tego względu opracowano szereg zasad, które mają przyczynić się do zmniejszenia zagrożeń. Różnią się one znacząco od tych, które obowiązują kierowcę podczas jazdy w pojedynkę. Na dodatek każdy z uczestników jazdy zespołowej musi się tym zasadom podporządkować i wręcz zrezygnować z indywidualnych nawyków na rzecz zasad obowiązujących w grupie. Od członków takiej grupy, bez względu na zakres jej sformalizowania, wymaga się podporządkowania osobie pełniącej funkcję pilota (dla całego dużego rajdu), zwanego też liderem lub starostą grupy w przypadku, kiedy wyjazd zorganizowany jest z większą liczbą grup [3].

2.2. Telematyka w poprawie bezpieczeństwa ruchu

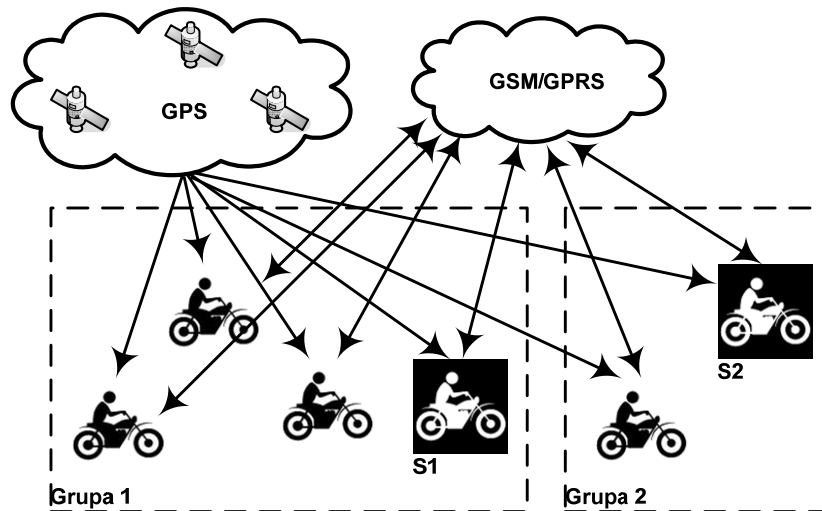
Wszystkie dostępne dane statystyczne zgodnie potwierdzają, że awarie pojazdu jako bezpośrednia przyczyna wypadku drogowego stanowią znikomy odsetek wszystkich zdarzeń. Decydującą rolę odgrywa tutaj niemal zawsze człowiek i to jego błąd jest bezpośrednią przyczyną niemal wszystkich wypadków drogowych. Z tego powodu, od pewnego czasu, przyjęto upatrywać w ograniczeniu roli człowieka w kierowaniu pojazdem sposobu na wzrost bezpieczeństwa ruchu drogowego. O ile wizja całkowitego

wyeliminowania człowieka z procesu kierowania pojazdem jest w praktyce jeszcze dość odległa, to szereg układów wspomagających ten proces, a nawet eliminujących pewne ludzkie błędy, stał się już rzeczywistością. Daje to olbrzymie pole dla praktycznego wykorzystania aplikacji telematycznych, w sposób naturalny łączących zagadnienia sterowania, automatyki, elektroniki, teleinformatyki, transmisji, itd. Już dziś, także i bardziej zaawansowane pojazdy jednośladowe, wyposażane są w szereg układów, służących poprawie bezpieczeństwa jazdy, do których należą: adaptacyjne światła przednie, system wsparcia kierowcy, wykrywacz alkoholu z blokadą zapłonu, system wykrywania zwierząt, systemy zapobiegania blokadzie kół, układy wspomaganie hamowania, system ostrzegania i unikania kolizji, system ostrzegania o prędkości wejścia w zakręt, światła do jazdy dziennej, monitorowanie stanu kierowcy, układ stabilizacji toru jazdy, system ostrzegania o niebezpiecznej odległości od poprzedzającego pojazdu, system komunikacji międzypojazdowej, system kontroli kierunku jazdy, system wykrywania pieszych, wyświetlacz wstecznego obrazu, system monitoringu stanu nawierzchni.

2.3. Komunikacja i lokalizacja jako podstawa wspomagania jazdy zespołowej

Wymienione wcześniej układy telematyki pojazdowej mają oczywiste zalety funkcjonalne i użytkowe. Podlegają jednak tym samym ograniczeniom, które w praktyce znacząco wpływają na zakres ich wykorzystania. Należą do nich przede wszystkim cena oraz fakt fabrycznej instalacji jedynie w nowych modelach pojazdów i to w dodatku jedynie w wybranych, z reguły najdroższych, wersjach.

Istnieje jednak grupa urządzeń, których niska cena zakupu oraz eksploatacji sprawia, że przy prostocie instalacji są one dostępne niema dla każdego. Są to klasyczne odbiorniki GPS i zintegrowane z nimi urządzenia sieci GSM/GPRS. Uzupełnione o dedykowane oprogramowanie uzyskują nowe możliwości i całkowicie zasługują na miano rozwiązań telematycznych (rys.1). Dzięki wykorzystywanemu oprogramowaniu mogą one zaoferować znacznie więcej, niż pozwalają ich standardowe funkcje. Jednym z takich zastosowań jest telematyczny system wspomagania jazdy zespołowej [4], którego głównym celem jest zwiększenie bezpieczeństwa ruchu. Cel ten osiągany jest właśnie poprzez wykorzystanie systemów lokalizacji i wymiany danych, co pozwala na realizację konkretnych funkcji systemowych. W omawianym przypadku są to m.in. [4]: komunikacja wewnątrz członków grupy i pomiędzy grupami, lokalizacja wszystkich członków grupy oraz prowadzących inne grupy, wspomaganie procesu formowania i utrzymywania szyku jazdy, wspomaganie procesu odtworzenia formacji po jej rozerwaniu, ostrzeganie o naruszeniu granicznej odległości między grupami.



Rys. 1. Schemat aplikacji telematycznej dla wspomagania jazdy zespołowej pojazdów jednośladowych

W oczywisty sposób aplikacje tego typu wpływają na bezpieczeństwo jazdy w omawianym przypadku. Przejmują bowiem część czynności, jak kontrola trasy, odległości między pojazdami i grupami, nadzór nad szykiem jazdy, itp. Normalnie czynności te musiałby wykonać sam kierowca, co absorbuje jego uwagę i poprzez dekoncentrację negatywnie wpływa na bezpieczeństwo jazdy.

3. CIĄGŁOŚĆ TRANSMISJI DANYCH W APLIKACJACH TELEMATYCZNYCH

Podstawą praktycznego wykorzystania omawianej aplikacji telematycznej w procesie wspomagania jazdy zespołowej jest ciągłość transmisji danych lokalizacyjnych, determinująca jej niezawodność i sprawność eksploatacyjną. Zależą one będą od szeregu czynników, poczynając od niezawodności samych urządzeń, poprzez dokładność pomiaru systemu GPS, aż do sprawności sieci GPS/GPRS. Szczególnie w tym ostatnim przypadku decydujące znaczenie może mieć jeszcze jeden czynnik, którego wpływ jest szczególnie istotny podczas dynamicznej zmiany warunków drogowych. Jest nim reżim pracy w czasie rzeczywistym, który nakazuje rozpatrywać omawiane rozwiązanie nie tylko pod kątem sprawności i niezawodności w sensie technicznym, ale także i organizacyjnym, jakim jest zdolność sieci do realizacji zdań (usług) na założonym poziomie – w tym przypadku w określonym czasie.

3.1. Wpływ przeciążenia sieci na ciągłość transmisji danych

Przeciążeniem sieci teleinformatycznej nazywamy sytuację, w której nadmiar danych dostarczanych do sieci lub urządzeń sieciowych przekracza ich możliwości przesyłowe lub obliczeniowe. Prowadzi to do odrzucania (gubienia) części danych i/lub powstawania

opóźnień w transmisji, przekraczających parametry graniczne danej usługi telekomunikacyjnej [5]. Bezpośrednim skutkiem przeciążenia jest bowiem utrata komórek (pakietów, ramek), zrywanie istniejących połączeń lub odrzucanie żądań utworzenia nowych. Pojawia się zatem pytanie, jak zakwalifikować stan sieci lub jej fragmentu, który chociaż całkowicie sprawny z punktu widzenia technicznego, to nie jest w stanie spełnić swojej roli wobec naruszonego połączenia? Jeżeli dodatkowo połączenie to jest związane z funkcją systemu teleinformatycznego pracującego w reżimie czasu rzeczywistego, to jeśli czas trwania przeciążenia jest większy od oczekiwanego czasu realizacji tej funkcji, system nie będzie w stanie jej zrealizować. Tym samym przeciążenie narusza nie tylko chwilowy przepływ danych, ale doprowadza do naruszenia funkcji całego systemu, wprowadzając go w stan chwilowej niesprawności [6]. Oczywiście zadaniem projektantów systemu jest zapewnienie mechanizmów zapobiegania i wychodzenia z takiej sytuacji, nie mniej jednak w praktyce jej całkowita eliminacja jest tak samo niemożliwa, jak niemożliwe jest całkowite wyeliminowanie przeciążenia. Pożądane wydaje się rozpatrzenie prezentowanego rozwiązania w aspekcie niezawodnościowym, gdzie czynnikiem określającym zawodność urządzenia jest nie jego sprawność techniczna, ale nadmierne natężenie strumienia danych, czyli przeciążenie.

3.2. Analityczny model telematycznego systemu wspomaganie jazdy zespołowej w aspekcie niezawodnościowym

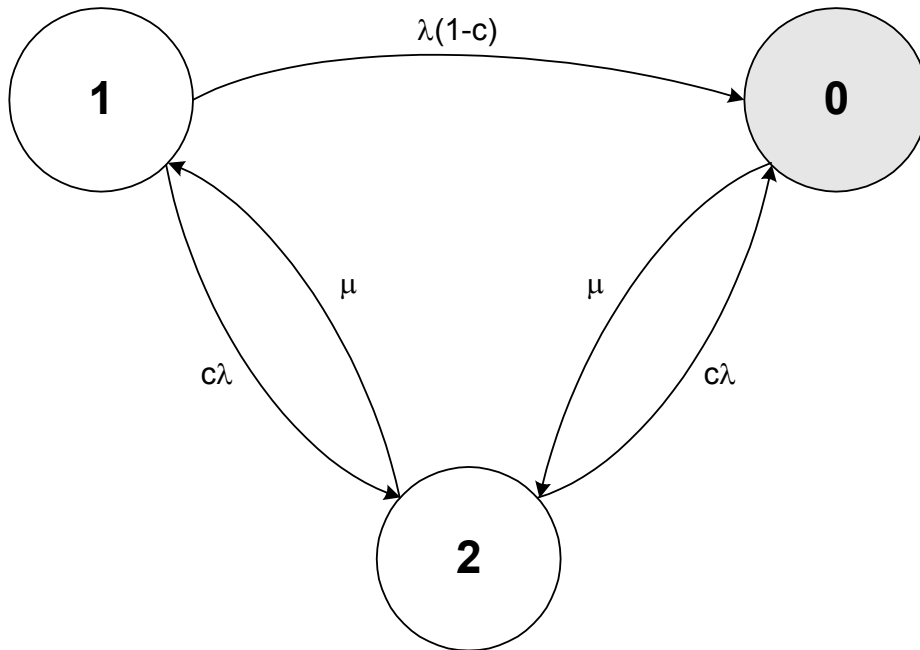
Klasyczny ogólny model systemu bezpiecznego [7] w zastosowaniach dla potrzeb telematyki transportu i wspomagający system transportowy składa się z trzech stanów:

- 0 - stan uszkodzeń niebezpiecznych (poza kontrolą systemową),
- 1 - stan poprawnej pracy,
- 2 - stan uszkodzeń bezpiecznych (kontrolowanych systemowo),

Przyjmijmy, że istnieje próg L , powyżej którego występuje zagrożenie wystąpienia przeciążenia systemu i uruchamiane są mechanizmy prewencyjne jego unikania. Model omawianego systemu telematycznego w aspekcie niezawodnościowym, gdzie zawodność bezpieczeństwa urządzenia odnoszona jest do przeciążenia, pozwala wyróżnić także trzy stany systemu:

- 0 - stan uszkodzeń niebezpiecznych, czyli przeciążenie sieci GSM/GPRS i brak możliwości obsługi zgłoszeń,
- 1 - stan poprawnej pracy, czyli brak przeciążenia, wszystkie zgłoszenia są obsługiwane,
- 2 - stan uszkodzeń bezpiecznych, czyli przeciążenie kontrolowane przez mechanizmy zapobiegania przeciążeniom i ich eliminacji.

Natomiast graf stanów modelu omawianego systemu w aspekcie niezawodnościowym będzie wyglądał następująco (rys. 2), gdzie λ to średnia liczba zgłoszeń do wykonania przez system, μ to średnia liczba zgłoszeń przetworzonych w systemie:



Rys. 2. Graf stanów modelu systemu telematycznego

Zauważmy, że graf stanów modelu urządzenia węzłowego w aspekcie niezawodnościowym (rys. 2) [8] jest zbliżony z grafem stanów ogólnego modelu bezpiecznego w zastosowaniach dla potrzeb transportu [7]. Jedyną różnicą, to dodatkowe przejście w modelu urządzenia węzłowego ze stanu uszkodzeń bezpiecznych do stanu uszkodzeń niebezpiecznych λ_{20} . Brak tego przejścia oznaczałoby, że uruchomione algorytmy prewencyjnego zapobiegania przeciążeniu są w 100% sprawne, co jest niemożliwe w praktycznej realizacji. Dla opisu nowego przejścia grafu wprowadzony jest parametr c , który określa prawdopodobieństwo nie wykrycia utraty danych lokalizacyjnych: nie istnieją mechanizmy zabezpieczeń w 100% sprawne i nie każda strata komórki musi zostać wykryta. Dla oszacowania wartości parametru c najwygodniej jest odnieść go do metod określania parametru fail-safe, znanego powszechnie w zastosowaniach systemowych w sterowaniu ruchem kolejowym [7] – np. 1 na 100 nie wykrytych utraconych komórek będzie przyczyną powstania sytuacji niebezpiecznej. Oczywiście ostateczna wielkość tego parametru zależy będzie od konkretnych zastosowań systemowych, w których np. przyjęta wielkość tolerancji reżimu czasowego będzie jego wartością zwiększać lub zmniejszać. Gradienty zmian prawdopodobieństw w czasie stanów pokazanych na grafie (rys. 2) mogą być zapisane układem równań:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\mu P_0(t) + (1-c)\lambda P_1(t) + c\lambda P_2(t) \quad (1)$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -(1-c)\lambda P_1(t) - c\lambda P_1(t) + \mu P_2(t) \quad (2)$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = \mu P_0(t) + c\lambda P_1(t) - \mu P_2(t) - c\lambda P_2(t) \quad (3)$$

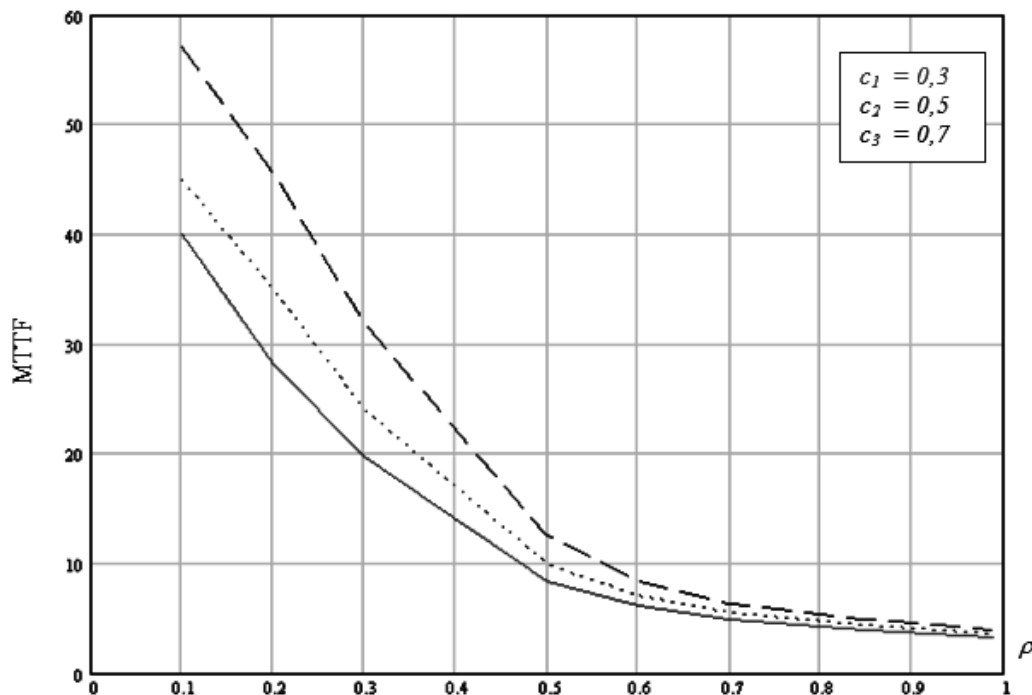
Przy warunku normalizacyjnym otrzymujemy:

$$P_0 = \frac{\lambda(\mu + c\lambda - c\mu)}{\mu^2 + \mu\lambda + \lambda(\mu + c\lambda - c\mu)} = \frac{\alpha}{\mu^2 + \mu\lambda + \alpha} \quad (4)$$

Jedną z najważniejszych miar niezawodności bezpieczeństwa jest parametr MTTF systemu, określający średni czas do wystąpienia uszkodzenia. Ponieważ za moment uszkodzenia systemu przyjmujemy chwilę utraty części danych wskutek przeciążenia, to w omawianym przypadku MTTF oznacza średni czas do utraty tych danych - z definicji mamy więc:

$$MTTF = \frac{2\mu + c\lambda}{\lambda[c\lambda + \mu(1 - c)]} \quad (5)$$

Wynik ten stanowi istotny parametr determinujący niezawodność bezpieczeństwa systemu telematycznego, wyrażonej parametrami ruchu i przetwarzania danych λ i μ oraz parametrem c . Na wykresie (rys. 3) przedstawiono przykładowe wyliczenia parametru MTTF w funkcji zmian natężenia ruchu i parametru c . Wpływ parametru c jest oczywisty i zgodny z oczekiwaniami, ponieważ wynika on wprost z definicji i niezawodnościowej natury tego parametru. Znacznie istotniejszy, z punktu analizy niezawodnościowej systemu, jest wpływ natężenia ruchu danych na niezawodność bezpieczeństwa. Zależność ta nie jest bynajmniej liniowa i nie może zostać uwzględniona w prosty, parametryczny sposób. Większość sieci teleinformatycznych w zastosowaniach klasycznych projektowana jest pod kątem przewidywanego natężenia ruchu ρ w granicach od 0,8 do 0,9 co pozwala na uzyskanie optymalnego czasu odpowiedzi przy maksymalnym wykorzystaniu zasobów sieci. Tymczasem widać wyraźnie (rys. 3), że wartość parametru niezawodności bezpieczeństwa MTTF osiąga minimum już przy natężeniu ruchu 0,70-0,75.



Rys. 3. Zależność parametru MTTF od natężenia ruchu danych

4. WNIOSKI

W przedstawionym telematycznym systemie wspomagania jazdy zespołowej silnikowych pojazdów jednośladowych dla sprawnego przepływu danych lokalizacyjnych kluczowe znaczenie będzie miała sprawność systemu wymiany danych GSM/GPRS, czyli poziom jakości świadczonej usługi. Z przeprowadzonej analizy modelu niezawodnościowego wynika, że niezawodność bezpieczeństwa takiego systemu w reżimie czasu rzeczywistego może być determinowana natężeniem ruchu danych. Jednocześnie można stwierdzić, że wymogi niezawodności bezpieczeństwa telematycznych systemów czasu rzeczywistego w transporcie wymuszają niższe natężenie ruchu danych, niż jest to akceptowalne w standardowych systemach informacyjnych. Natężenie to nie powinno być większe $\rho \leq 0,7$. Tym samym nie można zagwarantować, że sieć GSM/GPRS zagwarantuje niezawodną pracę systemu przy wykorzystaniu standardowego poziomu usług. Oznacza to, że praktyczna realizacja i wykorzystanie omawianego systemu będzie wymagać indywidualnych uzgodnień z operatorem systemu GSM/GPRS, co wpłynie niekorzystnie także na koszty eksploatacji tego rozwiązania.

Bibliografia

1. CARE - European Road Accident Database, Traffic Safety Basic Facts 2007 Motorcycles and Mopeds, http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/care/, CARE luty 2009.

2. Hurt, H.H., Oullet, J.V., & Thom, D.R.: Motorcycle Accident Cause Factors and Identification of Countermeasures. Volume 1: Technical Report. Traffic Safety Centre, University of Southern California 1981.
3. Rajd Katyński: Regulamin Międzynarodowego Motocyklowego Rajdu Katyńskiego, <http://rajdkatynski.net>, wrzesień 2009.
4. Rychlicki M., Zastosowania telematyki w poprawie bezpieczeństwa jazdy zespołowej silnikowych pojazdów jednośladowych, XIII Międzynarodowa Konferencja Komputerowe Systemy Wspomagania Nauki, Przemysłu, Transportu TransComp 2009, 30 listopada – 3 grudnia 2009 r., Zakopane
5. Papir Z., Ruch telekomunikacyjny i przeciążenia sieci pakietowych, Warszawa 2001, WKŁ
6. Hoyland Arnljot, Marvin Rausand, System reliability theory, Models and Statistical Methods, JOHN WILEY & SONS, INC. 1994
7. Lewiński A., Problemy oprogramowania bezpiecznych systemów komputerowych w zastosowaniach transportu kolejowego, Radom 2001, Politechnika Radomska
8. Rychlicki M., Teleinformatyczna technologia integracji zarządzania i usług w systemach transportowych, rozprawa doktorska, Warszawa 2003, WT PW

DATA LOCATION FLOW IN TELEMATICS SYSTEMS OF SINGLE TRACK VEHICLES

Abstract: This paper takes a look at the road safety and its important meaning for the present transport with main attention to the single-track vehicles, mainly motorcycles. It shows the way to partly solution the main problem of motorcycles safety and the main problems and risks during the team drives. The main problem of the data location flow was described in this case.

Keywords: telematics, road safety, single-track vehicles