

УДК 65.011.56

**Юрій Капаціла к.т.н., доц., Богдан Капаціла**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна  
Школа міського та регіонального планування університету Айови, США

### **АВТОМАТИЗАЦІЯ РУХУ ТРАНСПОРТУ ЗАСОБАМИ КОМУНІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

Метою цієї роботи є розгляд методів та засобів автоматизації управління рухом транспорту і привернення уваги професійних та наукових кіл в Україні до теми автоматизації транспортних систем.

#### **Yuri Kapatsila, Ph.D., Assoc. Prof., Bogdan Kapatsila TRAFFIC AUTOMATION USING THE MEANS OF VEHICLE-TO- INFRASTRUCTURE AND VEHICLE-TO-VEHICLE COMMUNICATION**

The aim of this paper is to review the methods and means of traffic control automation and attraction of professional and scientific communities' attention to the topic of transportation system automation in Ukraine.

Комунікація між засобом пересування та інфраструктурою (vehicle-to-infrastructure (V2I)) – це новітня технологічна концепція адаптивного управління рухом, що має на меті забезпечити обмін даними між транспортом та дорожньою інфраструктурою засобами безпроводного зв'язку. Прикладами такої інформації є швидкість, розміщення, напрям руху та кількість пасажирів в транспортному засобі, дані про затори, дорожні умови і фази світлофору. На даний момент, застосування технології у тестових проектах засвідчило потенціал для більш ефективного використання проїжджої частини та безпеки руху в цілому.

Підхід є особливо актуальним для міст України, в яких часто фізичне середовище було сформоване до масового поширення автомобіля, а отже простір для розширення доріг, що здатний умістити зростаючий попит на проїжджу частину, є обмежений або взагалі відсутній. Зважаючи на це, підвищення пропускної здатності без значних капіталовкладень в інфраструктурні зміни засобами сучасних технологій має бути пріоритетним напрямком для українських міст.

Адаптивна система управління транспортом здійснює регулювання перехресть в реальному часі, що є найбільшою її перевагою у порівнянні зі статичним підходом. Найчастіше для цього використовують індуктивну петлю, яка здатна інформувати систему про швидкість, об'єм, ступінь насиченості та кінець черги трафіку. Чисельні дослідження підтверджують збільшення пропускної здатності такої системи на 8-20% у порівнянні з фіксованою (Cai et al., 2009).

Прикладом такої системи в Україні може слугувати система «Зелена хвиля», яка зараз впроваджується в м. Вінниця. Ця система передбачає, що робота світлофорів відбувається у режимі, під час якого зелене світло горить на всьому шляху, чим дозволяє транспорту максимально швидко проїжджати відрізок, а не їхати від перехрестя до перехрестя, чекаючи своєї черги на світлофорі.

Кроком вперед для таких систем є перехід на виділену комунікацію на короткій відстані (dedicated short-range communication (DSRC)), що передбачає використання смуги 5,9 ГГц для зв'язку між системою контролю і транспортом. Такий підхід зменшує затримку на перехрестях до 24% та підвищує середню швидкість руху на 5% (Milanes

et al., 2012). Комунікація між транспортними засобами (vehicle-to-vehicle (V2V)) через DSCR дозволяє створити саморегульовану систему, що використовує віртуальні дорожні знаки та узгоджує прохід перехресть. Прикладом такої синхронізації є організація злиття смуг, що дає змогу збільшити пропускну здатність до 60% (Ferreira et al., 2010).

Використання систем позиціонування для визначення положення і швидкості автомобіля вже давно не є новинкою і доступне пересічному користувачеві навіть у сучасному мобільному телефоні. Інформація в таких системах оновлюється кожних 3 секунди і навіть за наявності лише 2-3% водіїв, які використовують технологію, вона є достатньою для моніторингу руху в реальному часі (Herrera et al., 2010). Тим не менше, для системи управління рухом інформація повинна бути надійнішою і репрезентативнішою, тому забезпечення каналу DSRC на відстані до 1000 м є ефективнішим рішенням (Cai et al., 2013).

Зважаючи на те, що інфраструктурні рішення мають горизонт планування в межах двадцяти років, на даному етапі проектування для транспортних систем повинно враховувати і можливість взаємодії та підтримки роботи безпілотних авто.

Сучасна академічна думка розглядає два підходи до роботи автономних авто: системний, коли фізичне середовище є технічно оснащеним для зв'язку з транспортом, та відокремлений, в якому лише обладнання авто є джерелом інформації для його руху. Відсутність комунікації з навколишнім середовищем та іншими учасниками компенсується набором сенсорів, що вимірюють та оцінюють стан транспортного засобу: георозміщення, напрямок, швидкість, а також лазерний радар та камера для ідентифікації перешкод та рухомих об'єктів. З іншої сторони, використання каналу DSRC протоколу IEEE 802.11p, що є офіційним транспортним діапазоном, дозволяє завчасно визначити час прибуття безпілотного транспорту до перехрестя та мінімізувати час проходження. Більше того, цей самий підхід дозволяє забезпечити постійну комунікацію між транспортними засобами (vehicle-to-vehicle (V2V)), що дозволяє автоматизувати прорахунок потенційних зон зіткнення та оптимізувати швидкість усіх авто для уникнення одночасного перебування в цих зонах (Hafner et al., 2011). Потенційно такий підхід дозволяє організувати прохід перехресть без зупинки, за умови присутності необхідного технологічного обладнання, здатного передавати та приймати сигнал про стан і траєкторію авто та організовувати мультирівневу траєкторію проходження (Makarem et al. 2012).

Попри значний потенціал оптимізації руху транспорту засобами автоматизації, дана технологія ще потребує подальшого вивчення та вдосконалення. В США великого поштовху до технічного прогресу в цій галузі надали змагання, які організувала Агенція складних дослідницьких проєктів для оборони (Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)) починаючи з 2005 року. Державна фінансова підтримка та заохочення дослідницьких інституцій до конструктивного змагання концепцій забезпечили можливість швидкого прогресу та залучення приватного капіталу для масштабування проєктів. Більше того, це довело можливість широкого використання технології вже в найближчому майбутньому, та заклали основи для пілотних проєктів в різних містах США (Thrun et. al., 2006). Беручи до уваги цей досвід, ці тези мають на меті привернути увагу професійних та наукових кіл до теми автоматизації транспортних систем та закликати до створення цільових державних програм фінансування, дослідження та впровадження таких технологій в Україні.