

# Intelligens közúti kereszteződés

Németh Erzsébet, Varga István, Soumelidis Alexandros  
Rendszer és Irányításméleti Kutató Laboratórium,  
MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet  
1111 Budapest, Kende u. 13-17.  
e-mail: {nemethe, ivarga, soumelidis}@sztaki.hu

## Összefoglalás

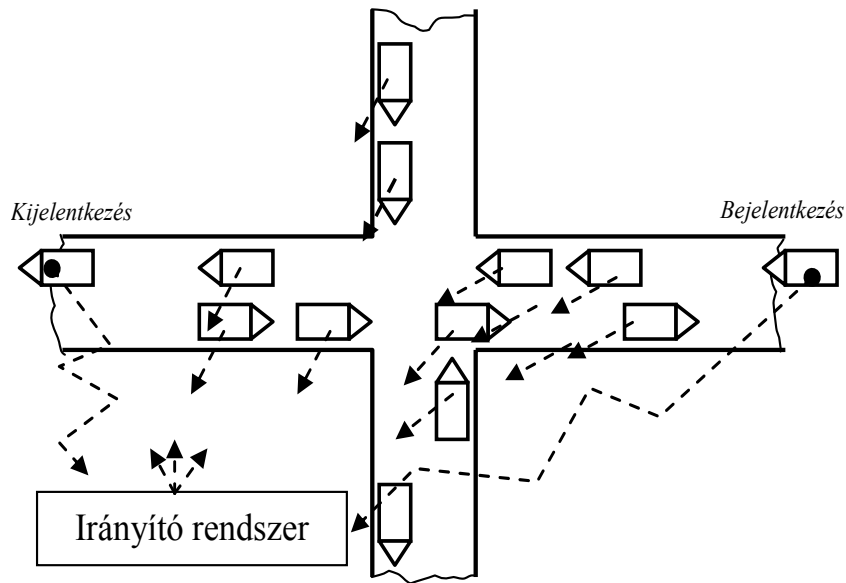
A növekvő közúti járműforgalom újszerű kihívásokat támaszt a közúti forgalomirányítással szemben. A járművekbe telepített korszerű irányító és kommunikációs rendszerek számos új lehetőséget kínálnak a forgalomirányítás számára. A közúti közlekedésirányítás fejlesztésének legfontosabb iránya a növekvő forgalmi igények maradéktalan kielégítése, ami dinamikus irányítórendszereket és struktúrákat igényel. Jelen cikkünkben egy ilyen új rugalmas csomóponti forgalomirányító rendszert mutatunk be.

## 1. Bevezetés

A rugalmas közúti forgalomirányítás tervezésénél az elsődleges elvárás, hogy a lehető legkevesebb statikus elemmel rendelkezzen. Ez azt jelenti, hogy lehetőség szerint mellőzni kell az utak mellé telepített statikus vezérlő eszközöket és helyettük olyan megoldásra kell törekedni, amely gyorsan az igényeknek megfelelően átkonfigurálódik. Az irányítórendszerek és az elektronikus megjelenítő eszközök megbízhatósága, ma már olyan mértékű, hogy lehetővé teszik ilyen rendszerek felvázolását. Képzeljük, hogy a közúti keresztezésekben nincsen semmilyen útmenti „látható” forgalomirányító elem, sem jelzőtábla sem jelzőlámpa. A kereszteződésbe telepített „intelligens” forgalomirányító berendezés a járművezetők számára a járműben elhelyezett kijelzőre továbbítja a rá vonatkozó aktuális vezérlési információkat, amely a forgalmi viszonyok alapján lehet egy jelzőtábla, vagy egy virtuális jelzőlámpa aktuális jelzéseképe. Természetesen a megoldáshoz elengedhetetlen, hogy valamennyi közlekedő rendelkezzen a rendszerhez kapcsolódni képes berendezéssel. Tovább görgetve a gondolatmenetet felvetődik, hogy a járművekre nemcsak feladjuk az aktuális vezérlési állapotot, hanem egy adott trajektórián át is vezetjük a kereszteződésbe. Műszakilag ez már kivitelezhető lenne, de a felvetődő jogi problémák miatt a járművezető kihagyására jelenleg nincs megfelelő megoldás. Azonban ha a járművezető továbbra is a folyamat része marad, akkor nem történt más, míg az eddig az út mellett kihelyezett jelzőtábla és jelzőlámpa bekerült a járművön lévő fedélzeti kijelzőre. Az ilyen típusú irányítás már sokkal jobban elképzelhető a jövő járműveiben.

A kutató és fejlesztő munkák egy olyan csomóponti forgalomirányító rendszer kidolgozására irányulnak, amely valós időben nyomon követi a forgalom alakulását, minden járművel kétirányú közvetlen kapcsolatban áll.

Az *intelligens közúti kereszteződés* (1. ábra) legfontosabb feladata, hogy felügyeli a hatókörében közlekedő járműveket, átvezeti azokat a kritikus szakaszokon, végül a járműveket kivezeti a rendszer hatókörzetéből [1], [5]. Az intelligens keresztezések folyamatosan változtatható, de előre meghatározott célfüggvények alapján működnek, ezáltal az ilyen csomópontokból felépülő városi hálózat egy rendkívül forgalomfüggő, dinamikus közúti forgalomirányító rendszerré válhat.



1. ábra Intelligens közúti kereszteződés

A vezeték nélküli hálózati technológia új lehetőségeket kínál a közúti közlekedésben is. A helyszínen „ad hoc” módon felépülő hálózatok segítségével a közlekedő járművek egymással és az út mellé telepített forgalomirányító berendezésekkel képesek kommunikálni. Egy ilyen kereszteződés előtt, a járművekre fel lehet küldeni a kereszteződés elsőbbségi viszonyait, az érvényes táblákat és a jelzőlámpák utasításait.

Az intelligens közúti kereszteződésben egy jármű az alábbi lépések végrehajtásával jut át a kereszteződésen:

- a kommunikációs hálózat felépülése, adatok gyűjtése a körzetben tartózkodó járművekről (prioritás, pozíció, sebesség, irány, ...);
- meghatározott kritériumok alapján (célfüggvények) a központi egység kiválasztja az adott közlekedési szituációra alkalmazható forgalomirányítási stratégiát, előállítja a fázis-időtervet;
- a forgalomirányító rendszer beavatkozik a forgalomba: a jármű megkapja a kereszteződés fázistervének a jármű forgalmi sávjára vonatkozó aktuális jelzéseképét;
- az elsőbbségi viszonyok alapján a jármű továbbhalad;
- a kommunikációs csatornák leépülése.

Természetesen a rendszer működéséhez valamennyi járműnek rendelkeznie kell olyan fedélzeti egységgel, amely képes az irányító rendszerrel kommunikálni.

## 2. Intelligens közúti kereszteződés

Az intelligens közúti kereszteződés modellezéséhez egy olyan architektúrát kell kialakítani, mely alkalmas egy város (vagy városrész) közlekedési hálózatának informatikai rendszerekkel való összekapcsolására a jelenleg hozzáférhető és elterjedt technológiák használatával.

Az intelligens közúti kereszteződés modelljének szoftverkörnyezete három nagy csoportba osztható:

- a forgalomirányítást, optimalizálást megvalósító szoftver (Intelligens Forgalomirányító Rendszer, IFR);
- az IFR és a járművek (kliensek) közötti információcserét megvalósító szoftver (Intelligens Forgalomirányító Szerver, IFSz);
- a járműveken elhelyezkedő kliens szoftver (Intelligens Forgalomirányító Kliens, IFK);

Az intelligens közúti kereszteződés modellje hardver szempontjából három részre osztható:

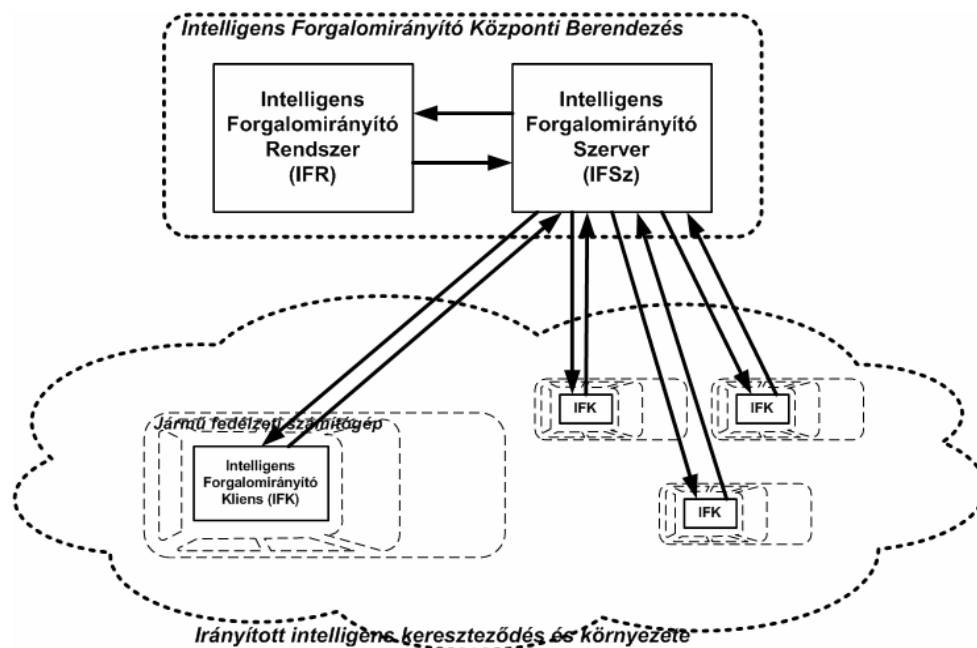
- a járművekbe épített, vezeték nélküli kommunikációra képes beágyazott rendszer;

- a központi irányításért felelős szervert(ek), amely az Intelligens Forgalomirányító Központi Berendezés;
- a központo(ka)t és a járműveket összekapcsoló vezetékes és vezeték nélküli hálózati infrastruktúra.

A 2. ábra szemlélteti az egyes szoftverek fizikai eszközökön való elhelyezkedését és az egyes szoftverek közötti kapcsolatot.

Az Intelligens Forgalomirányító Rendszert (IFR) megvalósító szoftver az Intelligens Forgalomirányító Berendezésben (IFB) helyezkedik el, melynek feladata:

- forgalomszabályozás, közlekedési hálózat áteresztőképességének optimalizálása az adott forgalmi szituációnak megfelelően;
- forgalomirányító berendezések kezelése;
- megkülönböztető járművek kiemelt támogatása;
- a követelményekben előírt célfüggvényben definiált további kritériumok teljesítése.



2. ábra Intelligens kereszteződés szoftveres megvalósítási terve [3]

Az Intelligens Forgalomirányító Szervert (IFSz) megvalósító szoftver szintén az Intelligens Forgalomirányító Berendezésben (IFB) helyezkedik el, melynek feladata:

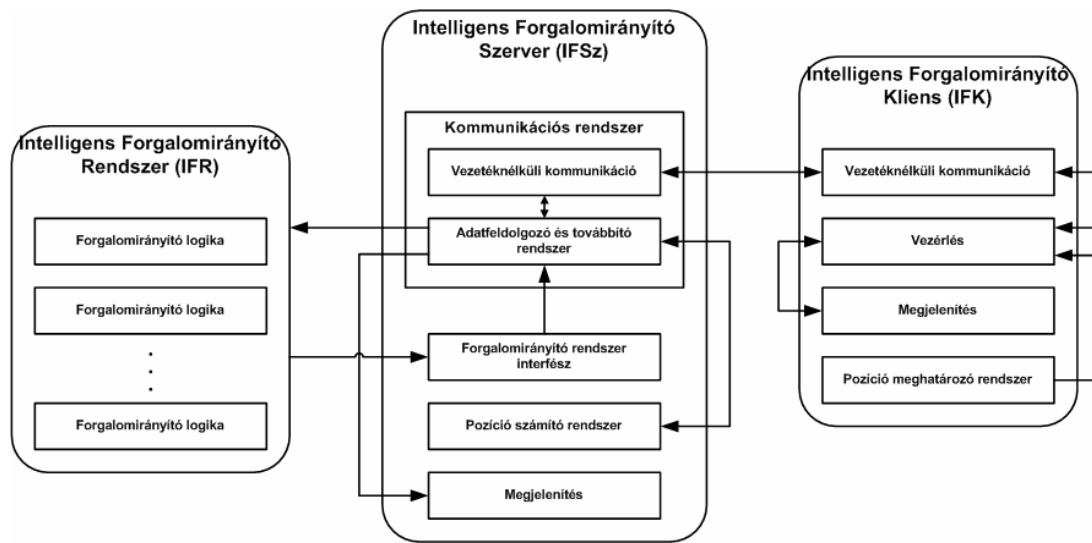
- IFK-ekkel való kapcsolatok kezelése;
- IFK-tól érkező adatok feldolgozása;
- IFK által küldött nyers pozícióadatokról a kliens tényleges helyzetének meghatározása;
- IFR számára a megfelelő adatok szolgáltatása;
- IFR által a kliensek felé küldendő adatok fogadása és továbbítása a megfelelő IFK-ek felé;
- forgalom naplózása, megjelenítése;
- hibakeresési és elhárítási információk biztosítása;
- hálózati zavarok, hibák jelzése és kezelése.

Az Intelligens Forgalomirányító Klient (IFK) megvalósító szoftver a közlekedésben részt vevő egyes járművek fedélzeti egységeiben helyezkedik el, melynek feladata:

- a jármű pozíció adatának gyűjtése;
- IFSz-rel való kapcsolat kezelése;
- IFSz-től érkező adatok feldolgozása és megjelenítése a sofőr számára;
- hálózati zavarok, hibák jelzése és kezelése;

- szolgáltatás létrejöttének, megszűnésének vagy kiesésének egyértelmű jelzése a sofőr számára.

A 3. ábra az egyes szoftverek, valamint az IFR, IFSz és IFK szoftverek fő feladatait megvalósító szoftverkomponensek közötti kapcsolatot szemlélteti.



3. ábra *Intelligens forgalomirányító rendszer szoftverkomponensei és kapcsolataik [7]*

## 2.1. Intelligens közúti kereszteződésben résztvevő járművek

A járműveket a feladathoz megfelelően átalakított autonóm autómódellek testesítik meg. Az intelligens forgalomirányító kliens eszközök nagy száma miatt alapvető tervezési követelmény, hogy az alkalmazott technológia olcsó legyen, valamint a megvalósított és beépített rendszeren később ne kelljen változtatni, mivel ez későbbiekben meglehetősen körülményesen lenne csak kivitelezhető. A tervezésnél az egyik fő szempont a kliens egyszerűsége, azaz a kliensek minimális funkcionalitással rendelkezzenek.

Az intelligens forgalomirányító kliensek legalapvetőbb képessége a WLAN (Wireless Local Area Network) kommunikáció. A IFK-eknek szükségük van arra, hogy a saját pozíciójukat egy globális koordinátarendszerben meghatározzák. Ezekon felül a kliensnek minimális számítási kapacitással kell rendelkezni, amit egy mikrokontroller teljes mértékben kielégít. A vezető számára az információ vizuálisan jelenik meg, ezt a célnak megfelelő kijelző segíti. A megvalósítandó kliensnek csak az információcserében van szerepe, azonban ezek az információk elengedhetetlenek a további fejlesztésekhez, úgy mint beavatkozások a jármű mozgásába, vagy automatikus járműirányítás.

## 2.2. Kommunikációs infrastruktúra intelligens közúti kereszteződésben

A kommunikációs infrastruktúra „feladata”, hogy az IFK-eket az IFSz-rel összekösse, vezetékes és vezeték nélküli hálózati szakaszok alkalmazásával. Feladata, hogy a járművek, mint IFK-ek a szolgáltatás területén belül elérjék az IFSz-t. Biztosítani kell tehát az útszakaszok vezeték nélküli hálózattal történő lefedését, majd az ezt megvalósító eszközök és a szerver közötti vezetékes hálózati kapcsolatot.

A vezeték nélküli hálózattal szemben megköveteljük a biztonságkritikus működést és a nagy rendelkezésre állást, ezért a következő műszaki kérdéseket kell megválaszolni: a nagy megbízhatóságú adatátviteli protokoll (zaj, elhalkulás, interferencia), adatvesztés kérdése; megfelelő sáv szélesség; maximálisan kezelhető aktív pontok száma hogyan befolyásolja az irányítórendszer terhelését, a kommunikáció sebességét, rendelkezésre állását és megbízhatóságát.

A WLAN-t nem irányítástechnikai alkalmazásokra fejlesztették ki, de bizonyos előnyös tulajdonságai miatt alkalmassá tehető ilyen célokra is. A WLAN a legelterjedtebb vezeték nélküli hálózati szabvány

(802.11-es szabvány) [2]. Nagy adatátviteli sebessége és támogatottsága mellett nagy előnyt jelent, hogy a vezetékes ethernet hálózatokkal közvetlenül összekapcsolható. Biztonsági és flexibilitási szempontból minden igényt kielégít. A WLAN a rugalmas telepíthetőség; a költséghatékonyság; a skálázhatóság; a kompatibilitás; a beágyazott eszközök területén kész megoldások léteznek; az automatikus cellaváltási képesség (roaming) mellett hátrányai a nagy fogyasztás; „Best Effort” jellegű továbbítás, QoS-t (Quality of Service) nem garantál, a zajos ISM sávban üzemel, interferencia.

### **2.3. Intelligens közúti kereszteződés forgalomirányító rendszere**

Az intelligens kereszteződés forgalomirányító berendezése az Intelligens Forgalomirányító Rendszert (IFR) és az Intelligens Forgalomirányító Szervert (IFSz) foglalja magába. Ezek a modulok egymással és az irányított csomópont hatókörében lévő járművekkel együttműködve valósítják meg az irányítási feladatot.

Ideális esetben a központi irányításért felelős IFSz-nek alkalmasnak kell lennie több ezer kapcsolat egyidejű kezelésére

Az intelligens forgalomirányítást végző rendszer tervezése közlekedésmérnöki feladat. Az adott forgalomirányító rendszer teljesen független a további szoftveres megoldásoktól, csupán az adatcsere tekintetében kell megkötéseket tennünk.

A intelligens forgalomirányító rendszer a beérkező adatok alapján döntést hoz az adott közlekedési szituációra alkalmazható irányítási stratégiára vonatkozóan valamilyen célfüggvények segítségével, majd a kiválasztott irányítási stratégia alapján a hatókörben tartózkodó egyes járművekre meghatározza a beavatkozó jelet.

Ezáltal az intelligens rendszer a hagyományos rendszerekkel szemben rugalmasabb és ezáltal eddig nem kezelhető forgalmi szituációk megoldására is képes. A célok meghatározása történhet előre definiált és a helyszínen tárolt parancsokkal, de lehetőség van ezeknek egy forgalomirányító központból történő folyamatos változtatása is.

Egy intelligens csomópont esetén a cél lehet:

- a csomóponton történő átjutási idő minimalizálása;
- a csomóponton áthaladó összes jármű várakozási idejének a minimalizálása;
- a kitüntetett (tömegközlekedési eszközök, mentő, tűzoltó) járművek kiemelt kezelése;
- a szennyező anyagok kibocsátásának a minimalizálása, egyéb, kiegészítő funkciókat megvalósító célok.

Az intelligens csomópontban a magas prioritású célfüggvény kiszolgálása mellett lehetőség van néhány kiegészítő funkció megvalósítására is, mint például:

- balra kanyarodás tiltása, ha nem belátható szakasról jön jármű;
- IDS (Intersection Decision Support) kereszteződésben döntést segítő rendszer (alsóbbrendű útról nem enged rá a főútra / át a főúton, ha ott túl gyors jármű közeledik);
- szabálytalankodók védelme: piros lámpa mellé STOP feliratot kapcsolnak be, ha keresztbe jármű jön.

## **3. Prototípus rendszer**

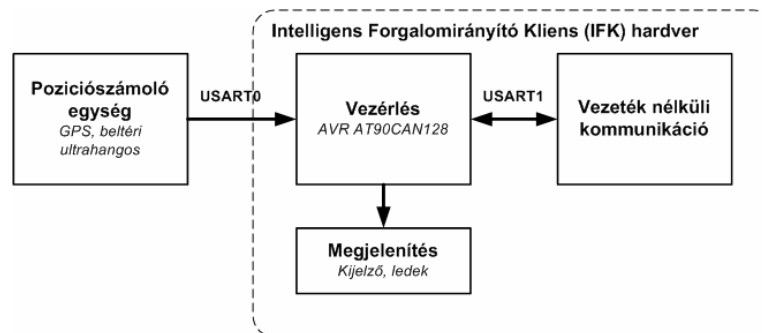
Az Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont 1.2 „Rendszerirányítás kommunikációs hálózatokon keresztül, a járműflotta kooperatív irányítási kérdései” alprojektben az intelligens kereszteződés egy prototípusának kifejlesztése a cél. A minta kereszteződés térbeli alapja egy síkfelületre felrajzolt geometriájú kereszteződés.

### **3.1. Intelligens közúti kereszteződésben résztvevő járművek**

A járműveket a feladathoz megfelelően átalakított elektromos meghajtású, autonóm modelljárművek testesítik meg, melyek az irányítási feladat megoldásához szükséges perifériákkal, valamint hatékony

fedélzeti- és kommunikációs rendszerrel rendelkeznek [4]. Az autómódellék sebesség, yaw-rate és gyorsulás szenzorral vannak felszerelve. A fedélzeti egységek képesek összetett irányítási algoritmusok valós idejű (real-time) végrehajtására, valamint a különféle szenzor- és aktuátorperifériák hatékony kezelésére.

A kliens hardver négy jól elkülöníthető részből áll, ahogyan azt a 4. ábra is szemlélteti. A pozíciószámoló egység egy önálló hardver. Ez lehet GPS rendszer, vagy a már említett beltéri ultrahangos pozicionáló rendszer. A másik három egység követelményeinek nagyrészt megfelel Wágenhoffer Zoltán által készített tesztelési célokat szolgáló panel [1], [7], melyen egy AT90CAN128 mikrokontroller [1] stampot illesztett a Lantronix WiPort [8] elnevezésű, WLAN kommunikációt egy modulban megvalósító eszközhöz. A megjelenítés szerepét ledek illetve egy karakter megjelenítése alkalmas hét szegmenses kijelző biztosítja.



4. ábra IFK hardver blokkdiagram [7]

### 3.2. Kommunikációs infrastruktúra intelligens közúti kereszteződésben

A kommunikációs protokoll megalkotásakor a fő cél a forgalmi jelzések átvitel. A megtervezett protokoll a TCP/IP protokollok felett helyezkedik el, az alkalmazási rétegben. A TCP protokollt a kapcsolat-orientált megoldás miatt választottuk. A TCP protokoll garantálja az üzenetek megfelelő sorrendben történő szállítását, és biztosítja, hogy minden üzenet pontosan egyszer érkezzon meg. Erre azért van szükség, mivel az IP protokoll „best effort” további rendszere nem garantálja, hogy egy elküldött üzenet meg is érkezik.

Pontosan ismerni kell, hogy hány jármű található a rendszerben és minden járművel személyre szabott kommunikáció zajlik.

### 3.3. Intelligens közúti kereszteződés forgalmirányító rendszere

Jelenleg az intelligens forgalmirányító központi berendezést egy normál számítógép helyettesíti, de terveinkben szerepel egy valódi közúti forgalmirányító berendezés alkalmazása is.

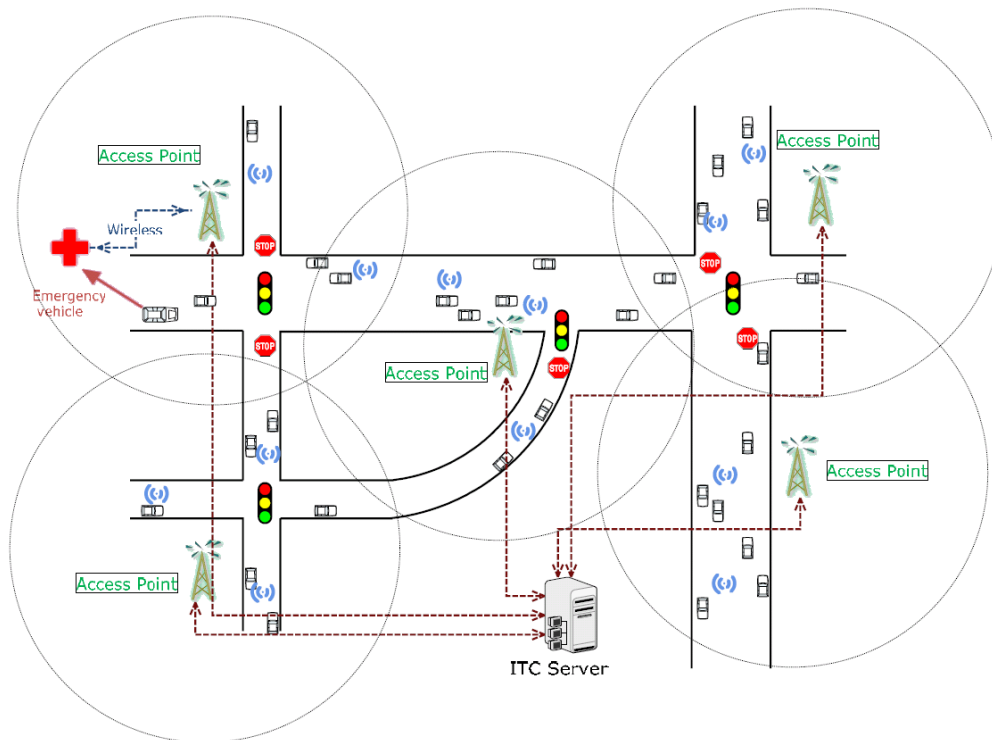
Az intelligens forgalmirányító szerver egy PC-n futó alkalmazás, melyet JAVA nyelven valósítottunk meg, mivel egyszerűen és hatékonyan kezeli a TCP kapcsolatokat, illetve az elkészített program platformfüggetlen, így különböző operációs rendszereken futtatható.

Az intelligens forgalmirányítást végző rendszer lehet egy, a szerver alkalmazáshoz hasonlóan megírt JAVA alkalmazás, vagy egy valódi közúti forgalmirányító berendezés, melyek interfész kapcsolata kötött.

## 4. Intelligens városi úthálózat

Egy városi úthálózatban számos kereszteződés található. A cél, hogy a kereszteződések ne különálló egységekként, hanem a közlekedés folyamatát együttesen befolyásoló tényezőként kezeljük. Ezért a közlekedés-felügyelő és irányító rendszernek több útkereszteződéssel kell egyszerre kapcsolatban állnia. A mennyiség az adott szituációhoz dinamikusan alakítható, megfelelő terhelés-elosztással akár

egész nagyvárosok kereszteződései is szabályozhatók egy központból. Ennek feltétele, hogy speciális hozzáférési pontokkal fedjük le az útkereszteződéseket és a hozzájuk kapcsolódó utakat. A hozzáférési pontok vezetékes kapcsolatban állnak a központtal (vagy központokkal). A vezeték nélküli hálózatok sajátosságaiból adódik, hogy az épületek, domborzat, és egyéb objektumok leárnyékolhatják a rádiójeleket, ezért a hozzáférési pontok (Access Point) elhelyezésekor törekedni kell a minél optimálisabb lefedettségre. A roaming technológiákkal lehetővé válik a hozzáférési pontok közötti transzparens mozgás (5. ábra).



5. ábra Intelligens városi kereszteződések topológiája [7]

## 5. Összefoglalás

Az intelligens kereszteződések folyamatosan változtathatók, de előre meghatározott célfüggvények alapján működnek, ezáltal az ilyen csomópontokból felépülő városi hálózat egy rendkívül forgalomfüggő, dinamikus közúti forgalomirányító rendszerré válhat.

A járművek és a közlekedési infrastruktúra közötti kommunikáció a közeljövő egyik legfontosabb fejlesztési területe. A megfelelő szabványok és technológiák még nagyon korlátozott számban állnak rendelkezésre, ezért a felhasznált technológiák alkalmazásával egy modellkörnyezetben működő intelligens közlekedési csomópont bemutatására és alkalmazására van lehetőség. Az elkészülő prototípus rendszer alkalmas lehet különféle célfüggvénnyel rendelkező közlekedésirányító rendszerek bemutatására és tesztelésére.

Ezt a munkát támogatta a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal által támogatott Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (OMFB-01418/2004), amelynek ezúton szeretnénk köszönetet mondani.

## Felhasznált irodalom

- [1] AT90CAN32/64/128 Datasheet, revision D, updated 02/07, 2007.  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc7679.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc7679.pdf)
- [2] Julio L. da Silva Jr. 's 802.11 Overview  
[http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Research/Pico\\_Radio/docs/networkTopo/802/index.htm](http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Research/Pico_Radio/docs/networkTopo/802/index.htm)

- [3] Németh, E.; Bartha T., Varga I., Luspay T.: *Intelligens közlekedési csomópont Demó összeállítása. Közlekedési funkciók leírása. Program specifikáció.* (1.2-K0-1) EJJT RET Kutatási jelentés, 2007.
- [4] Péni T., Rödönyi G., Soumelidis A.: *Intelligens KisAutó Tesztkörnyezet (Intelligent SmallCar System)*, 2006.
- [5] Varga István: *A vezeték nélküli ad hoc hálózattal kapcsolódó járművek irányítása intelligens közúti mintakereszteződésben. Rendszerterv.* (1.2-K0-1) EJJT RET Kutatási jelentés, 2006.
- [6] Wágenhoffer Z. *Önálló Laboratórium.* BME Méréstechnikai és Információs rendszerek Tanszék, 2007.
- [7] Wágenhoffer Z. *Vezeték nélküli hálózati protokoll tervezése beágyazott irányítástechnikai alkalmazáshoz.* Diplomamunka, BME Méréstechnikai és Információs rendszerek Tanszék, 2007.
- [8] WiPort specifikáció és termékleírás, 2007.  
<http://www.lantronix.com/device-networking/embedded-deviceservers/wiport.html>