



## **SYSTÉMY URČOVANIA POLOHY VOZIDLA AKO DÔLEŽITÁ SÚČASŤ INTELIGENTNÝCH DOPRAVNÝCH SYSTÉMOV**

**Doc. Ing. Alica Kalašová, PhD<sup>1</sup>.**

**Ing. Jana Gurínová<sup>2</sup>**

*Abstrakt:*

*Hlavným cieľom celosvetovej informatiky cestnej dopravy je dynamické vedenie vozidla po trase. Pod inteligentný dopravný systém patria programy pre zlepšenie súčinnosti cestnej dopravy, bezpečnosti a životného prostredia. Aj európske aj americké štúdie predpovedajú, že dynamické vedenie po trase (v reálnom čase) sa budú ako systémy u väčšiny komerčných vozidiel používať okolo r. 2005. a u väčšiny všetkých vozidiel približne v r. 2010.*

*Nástroje, ktoré sú charakteristické pre súčasnú tvorbu a prevádzku dopravy, najmä cestnej, sa nazývajú progresívne riadiace dopravné systémy. Každý riadiaci systém musí zabezpečovať vysoký štandard funkčnosti. V súčasnosti progresívny dopravný riadiaci systém musí v sebe integrovať rôznorodé informačné a technologické prvky, sám vytvárať inteligenciu a pritom spájať aj rôzne druhy dopravy. Inteligentné dopravné systémy sú založené na troch základných princípoch: informácia - komunikácia - integrácia. Základným pilierom ITS je určovanie polohy vozidla a tejto problematike by sme sa chceli venovať v našom príspevku.*

### **Kľúčové slová:**

Inteligentné dopravné systémy, GPS, GLONASS, globálny navigačný satelitný systém, diferenčný navigačný systém GPS.

### **1. Úvod**

V dopravno-inžinierskej praxi sa stretávame s riešením dopravy v rôznych rovinách: v úrovni prognózy, projektovania, realizácie a v samotnej prevádzke. Cieľom každej z týchto činností je optimalizácia podmienok dopravnej obsluhy v určitej vymedzenej oblasti (napr. na určitom úseku diaľnice), ale aj na celej dopravnej sieti územného celku (napr. stredne veľké mesto). V súčasnej dobe v našich podmienkach nastáva saturácia dopravného priestoru najmä v cestnej doprave. Navyše tendencie v Európe z presýteného prostredia pridávajú do dopravného procesu schopnosť tvorby dodatočných hodnôt na strane riadiaceho procesu ako aj pre koncového používateľa. Sme svedkami zjednocovania rôznych druhov dopravy s cieľom

---

<sup>1</sup> Žilinská univerzita, fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, katedra cestnej a mestskej dopravy, Moyzesova 20, 010 26 Žilina, 00421 - 41/5133510, e-mail: Alica.Kalasova@fpedas.utc.sk

<sup>2</sup> Žilinská univerzita, fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, katedra cestnej a mestskej dopravy, Moyzesova 20, 010 26 Žilina, 00421 - 41/5133501, e-mail: Jana.Gurinova@fpedas.utc.sk

optimalizovať prepravný proces a tvorby komfortu - byť informovaným v pohybe. Informačné systémy a technológie sú už nevyhnutnou súčasťou dopravného a prepravného procesu.

## 2. Automatické určovanie polohy vozidla

Tieto systémy sa za posledných 5 rokov veľmi rýchlo rozšírili z pôvodných leteckých a námorných aplikácií aj na ostatné druhy dopravy, zvlášť rýchly vývoj môžeme pozorovať v automobilovej doprave. Vzhľadom na tento vývoj, objavili sa v automobilovej doprave polohové systémy na rôznej technickej úrovni.

Systémy pre automatické určovanie polohy vozidiel môžeme rozdeliť do dvoch skupín, na:

### a) pozemné systémy :

- ✓ autonómne pozemné systémy , sú také, ktoré nepotrebujú ďalšie zariadenie okrem palubného vybavenia,
- ✓ neautonómne pozemné systémy, okrem palubného vybavenia potrebujú na určenie polohy ešte externé zariadenia (rádiomaják a iné),

### b) satelitné systémy

#### 2.1 Pozemné systémy

V cestnej doprave používané autonómne systémy delíme na [1]:

- ✓ systémy výpočtovej navigácie
- ✓ systémy používajúce výpočtovú navigáciu porovnávajúcu s mapou
- ✓ inerčné systémy

*Systémy výpočtovej navigácie* používajú sa na sledovanie vozidla od známej počiatkovej polohy. Počiatková poloha môže byť: napr. parkovisko, zdroj cesty a pod... Táto poloha je daná súradnicami, (napr. zemepisnými alebo pravouhlými a podobne). Prostredníctvom ustavičného monitorovania rýchlosti a smeru vozidla a uplynutého času na jednotlivých úsekoch, postupným spočítavaním súradnicových prírastkov k počiatkovým súradniciam, dostávame výsledné súradnice okamžitej polohy vozidla. Nevyhnutné prístrojové vybavenie vozidla teda musí obsahovať magnetický alebo gyrokopický kompas, hodiny, počítač kilometrov (tzv. odometer) a palubný počítač.

*Systémy výpočtovej navigácie porovnávajúcej mapu* vychádzajú z predpoladu, že pohyb vozidiel je obmedzený na presne definovanú cestnú sieť, môžeme pohyb vozidla porovnávať z matematicky presne vyjadrenou trasou. Pri týchto systémoch využívame teóriu grafov ako základný nástroj matematického modelovania máp, ciest a ulíc. Smer a vzdialenosť cesty predstavuje vektor medzi dvoma uzlami, ktoré sú definované svojimi súradnicami. To znamená, že ľubovoľná trasa cesty z jej počiatkovej polohy je jednoznačnou kombináciou vektorov definovaných ako následnosť uzlov pozdĺž trasy. Poloha vozidla sa určuje metódami výpočtovej navigácie, systém porovnáva súradnice jednotlivých uzlov trasy s ich presne definovanými súradnicami. Akonáhle sa objaví odchýlka medzi určenou polohou a jej presne definovanou polohou, okamžite sa zavedie oprava a výpočet postupuje z tohoto bodu, ako keby bol východzí.

*Inerčné systémy* zisťujú polohu vozidla na základe merania zrýchlenia vozidla vzhľadom k inerčnému priestoru. Činnosť inerčného navigačného systému (INS) je založená na princípe druhého Newtonovho zákona, ktorý určuje závislosť medzi silou  $F$ , pôsobiaceou

na teleso a jeho zrýchlením „a“ vzhľadom k inerčnému priestoru. Meraním veľkosti a smeru zrýchlenia pohybujúceho sa telesa, možno zistiť veľkosť a smer síl pôsobiacich na teleso i na charakter vlastného pohybu.

*Neautonómne systémy* v cestnej doprave využívajú majáky pri komunikácii. Strategicky rozmiestnené majáky v blízkosti komunikácie umožňujú určovať polohu vozidla pomocou kódovaných signálov. Palubný systém prijíma a ukladá kód polohy vo chvíli, keď vozidlo mína takýto maják. Poloha pri poslednom majáku a prejdená vzdialenosť prípadne čas jeho minutia, sa automaticky vysielajú rádiom do centrálného počítača. Riadenie vozidla po trase v tomto systéme môže byť rôzne. Buď vodič vloží do palubného počítača cieľový kód, tento sa automaticky vyšle do siete majákov v blízkosti komunikácie, tento cieľový kód sa automaticky v míňajúcom majáku analyzuje a do vozidla sa vysielajú inštrukcia o ďalšom smerovaní trasy, alebo maják v blízkosti komunikácie vysielá do vozidla svoju polohu a palubný počítač si z tejto polohy v definovanej sieti a zo znalosti cieľa cesty stanoví a zobrazí inštrukciu o pokračovaní v trase od identifikovanej polohy.

## 2.2 Satelitné navigačné systémy

Poznáme viacero druhov satelitných navigačných systémov. Podľa meraného parametra rozoznávame tieto spôsoby určovania polohy [1]:

- ✓ uhľomerný
- ✓ dĺžkomerný
- ✓ dopplerov
- ✓ kombinovaný

V súčasnosti sú najrozšírenejšie systémy dĺžkomerné (GPS, GLONASS).

Významného zvýšenia presnosti určovania polohy v reálnom čase sa dosahuje použitím diferenčných metód merania. Diferencia údajov zmeraných dvoma blízkymi prijímačmi je zaťažená podstatne menšími chybami ako samotné odmerané údaje.

Pri týchto meraniach je potrebné satelitný systém doplniť o pozemné majáky (referenčné stanice), ktorých presné zemepisné súradnice sú známe. Do určitej vzdialenosti je potom možné určovať opravy k polohe vozidla. Keďže poloha majáka je presne známa, vieme stanoviť opravy, ktoré sa vyšlú do palubného počítača na vozidle a spresnia jeho polohu určeného satelitným systémom.

Každé merané vozidlo musí, okrem merania svojej polohy satelitným navigačným systémom, merať aj niektorým systémom pozemnej navigácie, aby meranie polohy bolo nepretržité aj v tých miestach, kde z rôznych dôvodov nemôžeme prijímať signál zo satelitov.

## 3. Význam satelitnej navigácie pre cestnú dopravu

Význam kozmického vývoja v Európe v súčasnosti bol na báze výskumnej, siahajúcej do budúcnosti a pre komunikačné účely. Navigácia je veľmi praktický a oživujúci priestor, na ktorý sa žiaľ zabúdalo, a ktorý je jedným z nových priestorov, ktoré môžu ukazovať smer a hmatateľné výsledky napr. pre obyčajných poplatníkov. Umožňuje výskumné, technické a výrobné aspekty pre celé nové technologické oblasti. Európska kozmická politika, ako je uvedené napr. v [2] akceptuje, že satelitná navigácia " môže byť " novým príspevkom pre vývoj mnohých účinných (výskumných) bezpečnejších a integrovaných dopravných systémov. Aktivity spoločenstva v tejto oblasti vyžadujú previerku činnosti, ktoré budú potrebovať zabezpečenie spoľahlivej a účinnej polohovej služby pre Európskych civilných používateľov.

Pracovné tímy hľadajúce uvedené využitie navrhujú aby:

- ✓ technológia satelitnej navigácie ako taká sa stala nepostrádateľnou pre budúce dopravné a mobilné komunikačné systémy,
- ✓ aby satelitné určovanie polohy nebolo podriadené aplikáciám satelitnej komunikácie,
- ✓ aby sa európska kozmická politika zmenila kvôli dosiahnutiu vytýčených cieľov.

Význam satelitnej navigácie musí byť videný z troch rôznych dimenzií [2]:

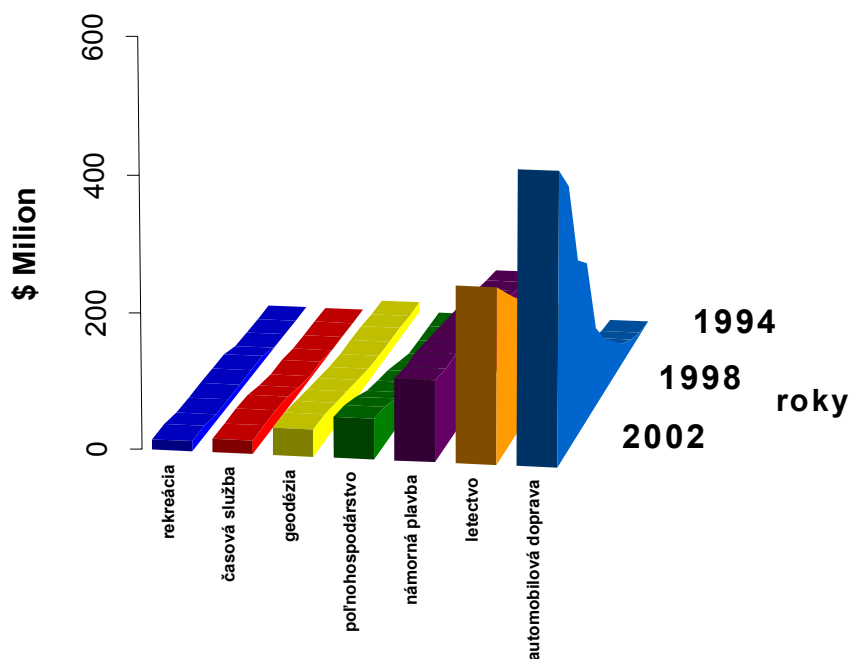
- ✓ priamych a nepriamych výhod pre používateľa:
- ✓ socio-ekonomických výhod,
- ✓ priemyselných výhod,

*Priame a nepriame výhody.* Pre používateľa systému vyplýva niekoľko výhod. Nebudeme spomínať výhody pre iných používateľov (letecká, námorná doprava, geodézia a pod.), obmedzíme sa na využitie v pozemnej aplikácii. Pri pozemnej navigácii použitie riadiaceho systému automobilového parku umožní dopraviť náklad efektívnejšie. Týka sa aj služieb, ktoré súvisia s dodávkou a odvozom balíkov. Súkromní vodiči budú môcť bez problémov viesť vozidlo v neznámych priestoroch omnoho ľahšie pomocou integrovaného systému, používajúceho mapovú databázu, ako aj informácie o aktuálnej dopravnej situácii.

K tomu patria v prvom rade systémy na zvýšenie aktívnej bezpečnosti. Integrácia bezpečnostných systémov vo vozidle je prvoradým krokom modernizácie úžitkových vozidiel a vedie k pozoruhodnému nárastu aktívnej bezpečnosti. Vytváranie ekologickej osobnej a nákladnej dopravy, je prestížnym záujmom podnikateľskej stratégie európskych výrobcov automobilov.

*Socio-ekonomické výhody.* Aplikácia satelitnej navigácie v cestnej doprave môže podstatne prispieť k efektívnejšiemu využitiu existujúcich cestných infraštruktúr vedúcich následne k redukcii nových ciest, ktorých vybudovanie je nákladné a čím ďalej, tým menej vyhovujú otázkam životného prostredia. Veľké možnosti môže poskytnúť v systéme "Just in Time".

*Priemyselné výhody.* Trh pre vybavenie satelitnou navigáciou je dostatočne rozsiahly. Celkový svetový trh pre vybavenie paluby automobilu satelitnou navigáciou sa bude v r.2004 blížiť k 430 miliónom USD, s reálnym vzrastom v budúcich rokoch [3] (pozri obr.1). Globálne navigačné satelitné systémy budú, na rozdiel od klasických pozemných rádionavigačných prostriedkov, prospešné pre veľmi veľké oblasti aplikácií. Nové aplikácie sa vyvíjajú plynule a objavuje sa potreba sledovať najmä tieto oblasti využívania GNSS pre Európu.



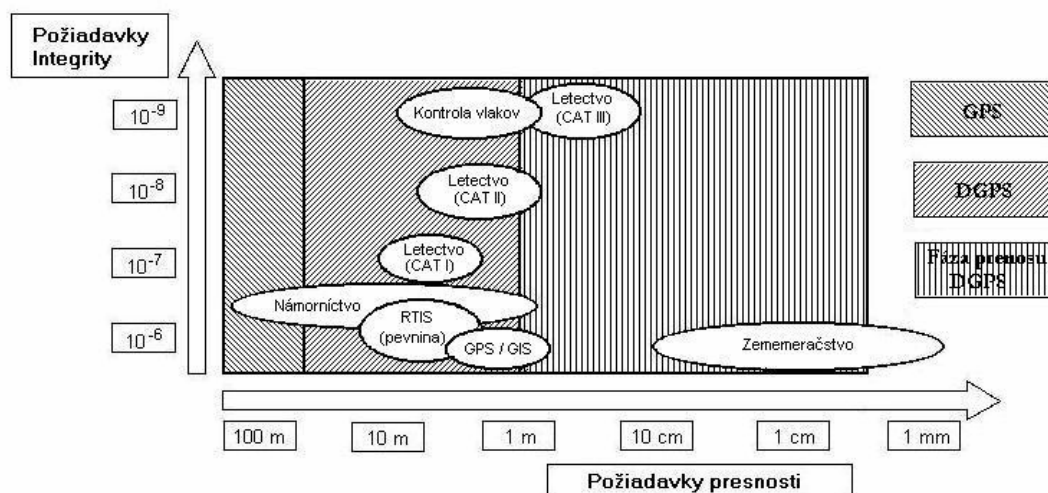
Obr. 1 Hlavní používatelia satelitných technológií

Požiadavky používateľov SNS sa dajú všeobecne definovať nasledujúcimi vlastnosťami systému:

- ✓ presnosťou
- ✓ dostupnosťou
- ✓ integritou
- ✓ spojitnosťou činnosti (COF - Continuity of function)

Kritické požiadavky sú obyčajne integrita a presnosť. Obr.2 názorne ukazuje uvedené štyri vlastnosti pre jednotlivé oblasti v kvalitatívnom tvare [4].

Na záver môžeme konštatovať, že prospech zo satelitnej navigácie nemá len priamy používateľ, ale ako už bolo uvedené, zahŕňa aj prospešnosti v oblastiach socio-ekonomickej a priemyselnej. Tento problém je teda veľmi významný, a preto je potrebné ho vidieť aj ako problém politický. Zdokonalenia v infraštruktúre sú tiež značné a mali by sa využiť zvlášť vo vývoji systému v európskych regiónoch. Nakoniec, na satelitnú navigáciu sa musíme dívať z pohľadu súčasných rozhodnutí o realizácii Transeurópskej cestnej siete a spoločnej Európskej dopravnej politiky. [5, 6]



Obr.2 Požadavky presnosti verzus integrita v navigačnej aplikácii

## Záver

Kľúčovou otázkou pre civilných používateľov je že, v danej situácii satelitná navigácia môže byť používaná len ako dodatkový prostriedok navigácie, nakoľko GPS je len uvoľnený pre civilné využitie. Civilný satelitný navigačný systém pod medzinárodnou kontrolou vyzerá byť jediným praktickým riešením. V takomto prípade budú demontované pozemné rádionavigačné prostriedky, ktoré doposiaľ slúžili na tento účel. Bude potrebná ich zámena za zodpovedajúce diferenčné siete, pri garantovaní vyššej presnosti akú poskytovali doterajšie rádionavigačné prostriedky. Pri tejto garancii, satelitná navigácia sa stane zaujímavou pre veľký okruh aj iných potenciálnych záujemcov o jeho využívanie. Napríklad vybavenie automobilov v súkromnom vlastníctve touto, v blízkej budúcnosti nevyhnutnou technikou, predstavuje trh len v Európe pre viac ako 100 miliónov potenciálnych používateľov. Európsky priemysel vyrábajúci takéto zariadenia (palubné vybavenie), nevyhnutne podporuje dosiahnutie lepšej polohy v porovnaní k jeho americkým a japonským konkurentom. Kým americké spoločnosti vyvíjali svoju technológiu za výdatnej podpory vojenských prostriedkov, japonskí výrobcovia profitujú na obsiahlych kozmických programoch, ktoré podporuje ich vláda.

## LITERATÚRA

- [1] KEVICKÝ,D.,PŘIBYL,K.: Letecká navigace, NADAS Praha 1980
- [2] STICH,H.,BLANCHARD,W.,KAYSER,D.,GAILLARD,H.: Assessment of the Potential of Satellite Navigation Systems for Europa Results of a Study for the European Commission, The Journal of Navigation, Number 3, London 1994
- [3] EUROPEAN COMMISSION: GALILEO, Brussels, COM (1999) 54 Final
- [4] KEVICKÝ,D.,KALAŠOVÁ,A.,ŽARNAY,P.: Spojenie, navigácia a sledovanie v doprave z pohľadu súčasnej európskej politiky, Horizonty dopravy, č.2, Žilina 1995
- [5] PETRUF, M., GUBÁŠ, F.: Nový koncept logistiky ozbrojených síl, Zborník VA LM,
- [6] DÚHA, J., HRUDKAY, K., SLOVÁK, J., KUBA, M.: Mobile Systems. Workshop Barcelona 2000, Tempus – Teleeduca.