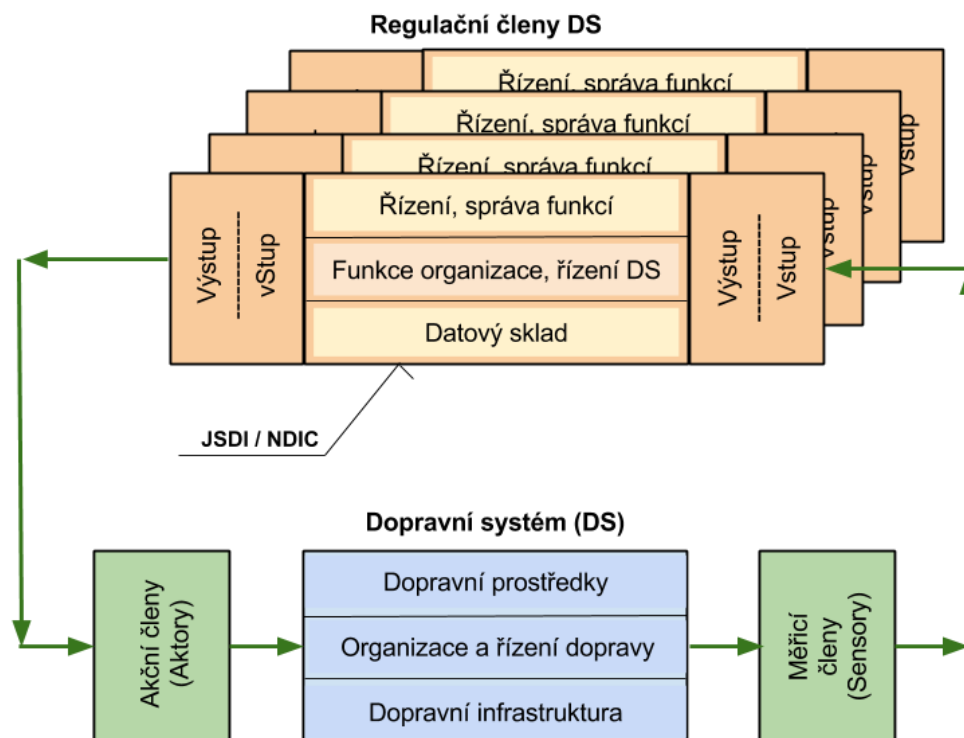


Aktuální trendy rozvoje dopravních systémů

Dopravní systém

Dopravní systém tak, jak je běžně chápán, lze definovat jako sjednocení následujících tří základních složek: **dopravních prostředků** (technická zařízení umožňující dopravu osob či zboží z místa A do místa B), **dopravní infrastruktury** (stavební a další opatření umožňující pohyb dopravního prostředku) a **organizace a řízení dopravy** (procesy pracující s dopravními prostředky a dopravní infrastrukturou tak, aby doprava osob či zboží byla optimální). Obr. 1.



Obr. 1: Základní model organizace a řízení dopravního systému

Aby mohly být procesy organizace a řízení dopravy prováděny, je třeba do systému zapojit tzv. regulační členy dopravního systému, pomocí kterých se organizace a řízení dopravy realizuje. Příkladem regulačního členu je Národní dopravně informační centrum (NDIC), které provozuje ČR v rámci Jednotného systému dopravních informací. Posláním NDIC je dopravu ovlivňovat prostřednictvím poskytování dopravních informací. Jiné regulační členy, např. dopravní ústředny ve městech, pak mají za úkol dopravu řídit vydáváním závazných pokynů.

Systémová vazba regulátoru na dopravní systém je na straně regulátoru zajištěna vstupně-výstupním rozhraním a na straně dopravního systému **akčními členy** (aktorů) a **měřicími členy (sensory)**. Mezi vstupně-výstupním rozhraním regulátoru a senzory (resp. aktory) na straně dopravního systému existuje systémová informační vazba realizovaná pomocí ICT technologií. Regulační člen se skládá ze tří funkčních složek: **organizace a řízení dopravního systému, datový sklad, řízení a správa funkcí**.

Vize

Hlavním cílem – VIZÍ – dalšího rozvoje dopravního systému je **bezproblémové bezpečné a efektivní cestování**, přeprava zvířat a věcí. Proto je nutné vytvořit a udržovat propustnou síť komunikací, neboť pouze taková síť může eliminovat dopravní problémy. Současně je nutné podporovat intermodalitu, bez které nelze bezproblémového cestování dosáhnout.

Dopravním problémem se především myslí zhoršení stupně provozu ve sledované oblasti a s tím související delší cestovní doby, ekonomické škody, větší zátěž dopravy na životní prostředí nebo horší komfort cestování z pohledu řidičů a cestujících. Hlavními příčinami dopravních problémů jsou vysoká poptávka po cestování a přepravě vzhledem k omezené kapacitě dopravní sítě a výskyt dopravních nehod nebo jiných mimořádností (např. plánovaná, neplánovaná údržba či opravy pozemních komunikací). Jako dopravní problém lze v širším smyslu uvažovat i ztráty na lidských životech a materiální ztráty při dopravních nehodách, externality z dopravního provozu, neekonomičnost organizace dopravy, nedostatečná informovanost účastníků provozu nebo negativní vlivy lidského faktoru.

Intermodalitou se rozumí kombinace různých dopravních módů při cestě řidiče nebo cestujícího z místa A do místa B. Je vhodným nástrojem zejména v případech, kdy řešení pro odstranění dopravního problému na daném území není možné nalézt při zachování dosavadního podílu využívání dopravních módů.

Dopravní systém v ČR v současné době není schopen dostatečně pružně reagovat na rostoucí potřebu mobility moderní doby a uspokojit poptávku po přepravě. To způsobuje vážné dopravní problémy vlivem vysoké poptávky i dopravních mimořádností, které vyžadují všeobecnou pozornost a naléhavé řešení. **Odstranění dopravních problémů musí být hlavním cílem**, který je třeba sledovat v dílčích částech dopravního systému: infrastruktuře, vozidlech a organizaci dopravy včetně řízení. Jedním z důležitých nástrojů je zavádění inovativních přístupů a technologických trendů do praxe.

Cíle a trendy

Mezi moderní přístupy a trendy rozvoje dopravního systému patří zejména bezpečnost, udržitelná mobilita, jednotný evropský dopravní prostor, multimodální přístup, ITS, masové rozšíření komerčních služeb, Traffic Management 2.0 a mobilita jako služba, alternativní pohony a také automatizace. Hlavními cíli v této oblasti rozvoje dopravního systému jsou:

- Cíl 1** Žádné úmrtí vlivem dopravního systému
- Cíl 2** Plně informovaní uživatelé
- Cíl 3** Minimální zpoždění
- Cíl 4** Optimalizované náklady
- Cíl 5** Eliminace bezpečnostních rizik
- Cíl 6** Jednotný evropský dopravní prostor
- Cíl 7** Minimalizované dopady na životní prostředí
- Cíl 8** Komfort při řízení vozidla (snížení případně eliminace nežádoucí zátěže řidiče)
- Cíl 9** Jednotné plánování rozvoje dopravního systému jako jednoho celku
- Cíl 10** Udržitelná kvalita a provoz dopravní infrastruktury v celém životním cyklu.

Automatizace

Automatizace dopravního systému si klade za cíl omezit nebo eliminovat lidský činitel z procesu organizace a řízení dopravy. Trend automatizace se směrem k široké veřejnosti projevuje zejména u dopravních prostředků - osobních a nákladních vozidel i vozidel pro veřejnou osobní dopravu. Rozvíjejí je výrobci vozidel především na základě evropských politik formulujících konkrétní požadavky na plnění Cílů 1, 5, 7, 8. Robotizované (autonomní, Level 5) vozidlo se má za všech okolností a všude, bezpečně a bez člověka, navigovat a řídit po definované cestě z A do B. To však nebude možné, pokud současně s rozvojem dopravních prostředků nedojde i k rozvoji dopravní infrastruktury tak, že inteligentní vozidla budou nezávisle na lidském činiteli prostřednictvím systému organizace a řízení dopravy spolupracovat s inteligentní infrastrukturou, Cíl 9.

Řízení silničního provozu

Řízením dopravy v případě silničního provozu se rozumějí cílevědomé zásahy do dopravní situace za účelem dosažení požadovaných cílů, ve smyslu zákona 361/2000 Sb. 1 Silniční dopravu v podmínkách ČR řídí Policie ČR. Řízení dopravy probíhá na základě řídicích pokynů podávaných automaticky prostřednictvím akčních členů řídicího systému, anebo manuálně prostřednictvím pokynů policisty.

Základem změny související s automatizací řízení provozu, u všech dopravních řídicích systémů, je **doplnění strojově čitelného rozhraní mezi těmito systémy a vozidly**. Vedle stávajících pokynů pomocí světelných či akustických signálů a dopravního značení optimalizovaných pro spolupráci „člověk – člověk“ nebo „stroj – člověk“ tak bude možné i „datové“ sdělování pokynů k řízení se zaručenou kvalitou vyhovujících spolupráci „stroj – stroj“ jednou z následujících cest:

- a) komunikací V2X (vehicle – to – vehicle/infrastructure) při využití komunikační jednotky řídicího systému umístěné na infrastruktuře (součást aktoru regulačního členu);
- b) prostřednictvím datové komunikace mezi řídicím centrem (nebo centrem výrobce vozidla) a datově připojeným vozidlem, bez komunikačních prvků podél infrastruktury;

Vždy bude nezbytné **zachovat stávající akční členy** řídicích systémů, a to z důvodů:

1) V nadcházejících desetiletích nelze předpokládat 100% penetraci datově připojených vozidel, resp. účastníků provozu. Vždy bude tedy nutné uvažovat smíšený provoz s ostatními účastníky (chodci, zahraniční vozidla, motocykly, cyklisté, apod.), kteří k řízení potřebují standardní akční členy.

2) Je třeba spolehlivým způsobem zajistit, aby autonomní vozidlo vždy mělo 100% informaci, že v pojezděném úseku neexistuje žádný další pokyn řízení dopravy, který vozidlo doposud nezaregistrovalo. Nelze garantovat 100% spolehlivost komunikace pro řízení dopravy u datově připojených vozidel, to znamená, že v případě ztráty komunikace by vozidlo muselo automaticky zastavit, neboť by nemuselo přijmout všechny řídicí pokyny a takové vozidlo nelze ponechat v provozu. Pro rozjetí takového vozidla by musel být obnoven signál (resp. datová komunikace) z řídicího systému. Proto musí existovat vždy i záložní způsob detekce řídicích pokynů vozidlem (**pasivní – pomocí video senzorů ve vozidle**) a tyto řídicí pokyny musejí být signalizovány či jinak zobrazovány takovou formou, aby byly maximálně strojově čitelné.

¹ § 69 zákona 361/2000 Sb.: Provoz na pozemních komunikacích se řídí světelnými, případně i doprovodnými akustickými signály nebo pokyny policisty nebo osob oprávněných k řízení provozu na pozemních komunikacích podle § 75 odst. 5 nebo pokyny strážníka obecní policie k usměrňování provozu na pozemních komunikacích podle § 75 odst. 8 nebo zvláštního právního předpisu. § 75: Provoz na pozemních komunikacích řídí policista, v některých případech také příslušník vojenské pořádkové služby, strážník obecní policie nebo příslušník Hasičského záchranného sboru.

3) Nelze spolehlivě ochránit datově sdělovaný řídicí pokyn (znak) proti nežádoucímu rušení nebo nežádoucí záměrné změně znaku nebo datové informace o něm (tzv. spoofing). Proto musí existovat i vizuální vjem znaku, který nelze tak snadno a „neviditelným“ způsobem měnit.

Z výše uvedených tří důvodů plyne, že je třeba zajistit spolehlivé vizuální snímání pokynů k řízení, a to na straně vozidel (kvalita video detektorů) i na straně akčních členů (zvýraznění prvků, doplnění jiným než obrazovým znakem apod.).

Výjimkou mohou být úseky, které případně budou v dlouhodobém časovém horizontu vyhrazeny pouze pro provoz datově připojených vozidel bez účasti ostatních druhů účastníků dopravy včetně chodců (např. některé úseky dálnic, případně některé městské koridory – způsob regulace dopravy). V takových případech budou třeba další redundantní datové kanály zajišťující 100% spolehlivost přenosu řídicího pokynu.

Radiokomunikace

Radiokomunikace představují klíčový nástroj pro realizaci strojově čitelného rozhraní pro vzájemnou výměnu informací a dat vozidla s dopravní infrastrukturou nebo s jinými vozidly. Kromě již zmíněného řízení silničního provozu, tj. předávání závazných pokynů, slouží i poskytování, předávání či vzájemně výměně dopravních informací. Ty mají vliv na bezpečnost a plynulost dopravy a s ní souvisejících dopravních a přepravních procesů. Řízení dopravy a ovlivňování dopravy mají rozdílné nároky na kvalitu, což se odráží v rozdílných požadavcích kvalitativní parametry rádiové přenosové cesty.

Kromě technických aspektů kvality jako je pokrytí, dostupnost, včasnost, přesnost, spojitost jsou důležité i společenské, etické a ekonomické otázky spojené s bezpečností, ochranou soukromí a odpovědností za škody na zdraví a majetku způsobené vlivem dopravních a přepravních procesů (vznik dopravních problémů a nehod). Faktorem omezujícím kvalitu strojově čitelného rozhraní je pak také charakter kmitočtového přidělu pro použitou radiokomunikační službu. Jinou kvalitu a odpovědnost za škody může teoreticky nabídnout radiokomunikační služba využívající „licencované“ kmitočty a jinou služba využívající „free“ kmitočty na bázi všeobecného oprávnění. Na druhé straně „licence free“ kmitočty omezují závislost uživatelů a výrobců vozidel na službách poskytovatelů sítí elektronických komunikací, což představuje zajímavý ekonomický aspekt rozvoje automatizace v dopravě.

V dopravním systému se využívá celá řada radiokomunikačních systémů pracujících v různých kmitočtových pásmech, mj. v závislosti na druhu (módu) dopravy a účelu použití. Pokud jde o automatizaci v silniční dopravě a komunikaci vozidel s dopravní infrastrukturou nebo vozidel vzájemně, existují v současné době tyto základní přenosové možnosti:

- využití současných sítí LTE mobilních operátorů pro komunikaci vozidel s dopravně informačními centry, systémy výrobců vozidel nebo poskytovatelů dopravně informačních služeb,
- využití přenosového rozhraní ITS-G5 (802.11p) pracujícím v „nelicencovaném kmitočtovém pásmu“ pro rychlou výměnu dopravních dat a informací (s latencí v řádech ms) mezi vozidly a nebo mezi vozidlem a dopravní infrastrukturou (např. křižovatkový řadič, portál pro proměnné dopravní značky a informace, sloup veřejného osvětlení).

Kvalita těchto přenosových cest sice **neumožňuje využití pro řízení** v rámci dopravního systému, je však **dostatečná pro poskytování dopravně informačních služeb**. Kombinace dvou na sobě nezávislých přenosových cest, LTE a ITS-G5, představuje **současný stav implementace kooperativních systémů C-ITS** v Evropě, ke kterému dochází mj. v rámci projektů C-ROADS financovaných z programu CEF Evropské komise.

V budoucnosti se očekává postupné zvyšování kvality přenosové cesty mobilních sítí. Výrobci zařízení mobilních sítí slibují, v rámci rozvoje 3GPP standardu (3GPP Release 14), že tzv. Cellular-V2X sítě budou vhodné i pro přímou komunikaci vozidel na stejném kmitočtu jako systémy ITS-G5. Vzniká tím závažný problém sdílení jednoho relativně úzkého kmitočtového spektra dvěma různými rádiovými rozhraními, ITS-G5 a C-V2X, který bohužel není dosud uspokojivě vyřešen.

Rozvoj radiokomunikačních prostředků **pro 5. stupeň automatizace** v silniční dopravě (vozidlo za všech okolností a všude řídí bez zásahu lidského činitele) zůstává otevřený jak po stránce použitého kmitočtového spektra, tak přenosových technologií. Další posun zřejmě přinesou jednání ITU World Radio Conference v r. 2019 ke specifikacím standardu sítí 5G /IMT 2020.

Autorský tým: Roman Srp, Vladimír Faltus, Martin Volný

Literatura

Strategický plán dalšího rozvoje JSDI/NDIC s výhledem na 10 let. Studie pro ŘSD ČR. Sdružení pro dopravní telematiku. Praha 2017	https://drive.google.com/open?id=0B0q2Ea-7U6NuYjYtcm4yYUdTQ28
Doprava a rozvoj ITS v Pražské aglomeraci. Poziční dokument SDT. Sdružení pro dopravní telematiku, Praha 2018.	https://drive.google.com/open?id=1CckO6kYPvgoqlb-yP3oDHYmmd9EHfNe2