



Konference

Veřejná doprava „ON-LINE“ 2020

Zkušenosti s komunikací palubních jednotek ve veřejné dopravě

Ing. Ivo Herman, CSc.

Příspěvek shrnuje zkušenosti s implementací různých vozidlových komunikačních systémů ve veřejné dopravě s komunikací na okolní systémy – komunikace na dispečink, odbavení, vozovny, cestující a technologie na dopravní cestě včetně V2X.

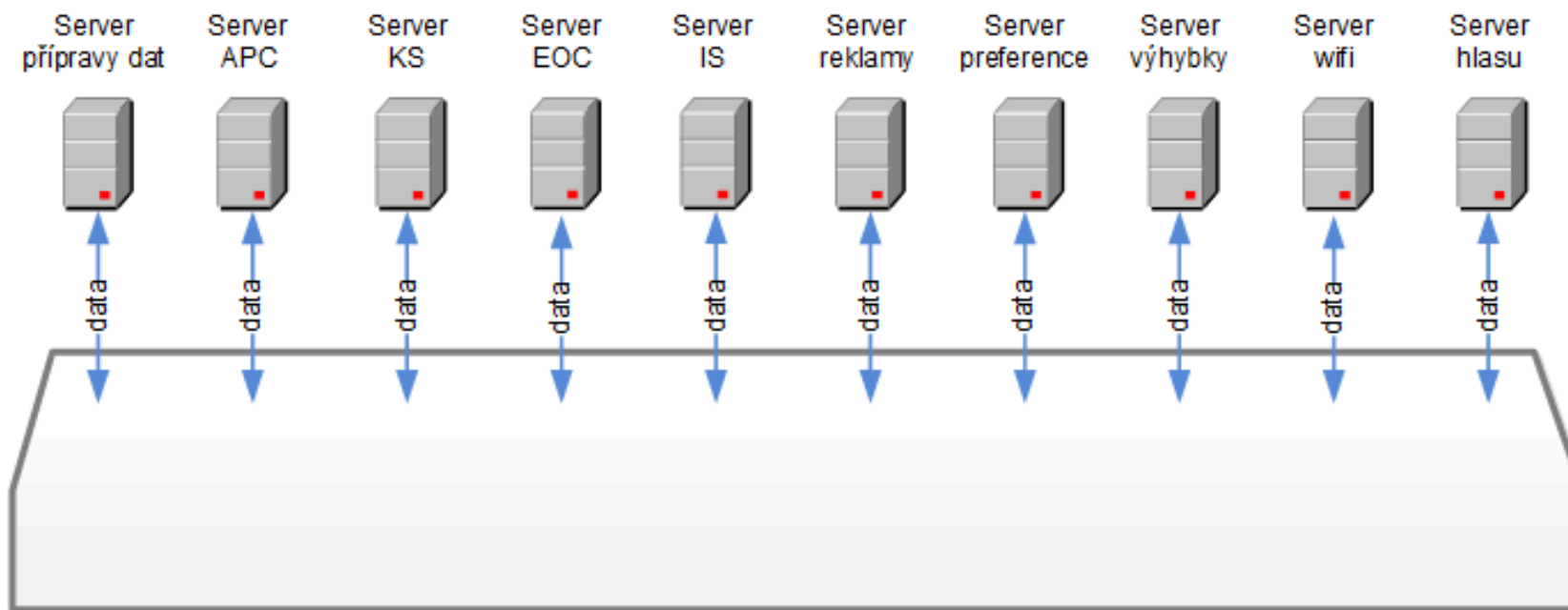
Toky dat v dopravním systému

Uspořádání dle toku dat:

- Řídicí (PP) – data pro palubní počítač a pro řidiče – zpravidla jízdní řády, výluky, příručky, pokyny, data o provozu, komunikace na dispečink, mapy, ...
- Informační systémy (IS - mechanické, LED, LCD, e-papír, ...) – zpravidla náročné údaje ohledně videospotů
- Odbavovací systémy (EOC) – synchronizace jízdenek se zúčtovacím centrem regionu či on-line platby kartou, přeposílání přestupních jízdenek do okolních spojů
- Kamerové systémy (KS) – on-line přenosy na dohledové centrum a off-line přenosy incidentů, dohledová data
- Tachografy (TT) a přenosy informací o chování vozidel – odesílání dat ohledně chování vozidla, denní záznamy, on-line údaje
- Systémy počítání cestujících (APC) – on-line údaje o počtu cestujících, logy z vozidel pro následné vyhodnocení

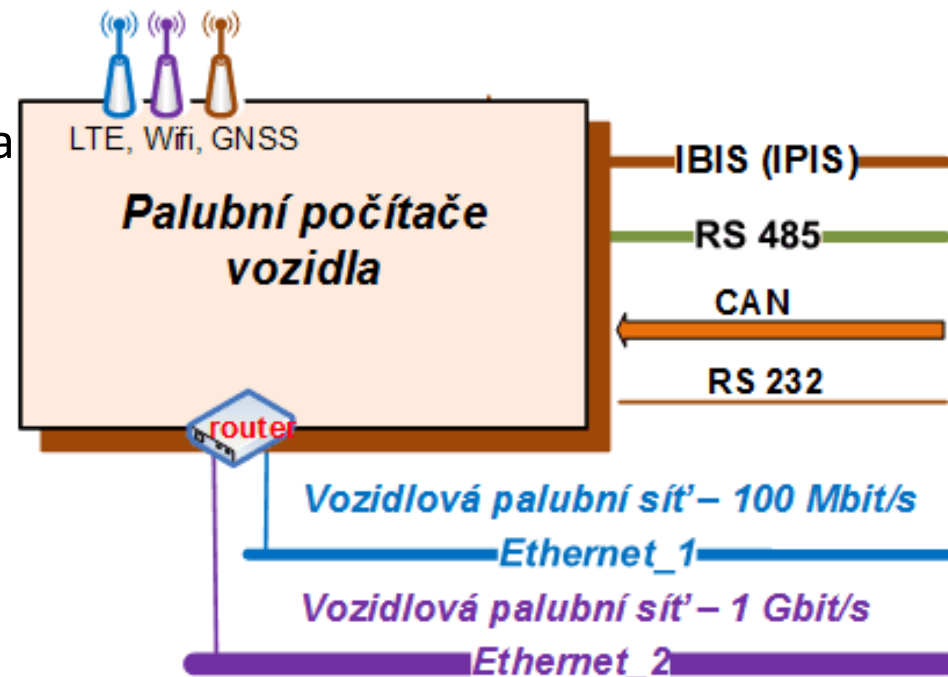
Toky dat v dopravním systému

- WiFi pro cestující – obvykle nezávislý komunikační kanál, který je datově oddělen od ostatních komunikací vozidla
- Komunikační systémy V2X – zajišťují preferenci vozidel MHD včetně varování do okolí
- Nezávislé reklamní systémy (samostatná reklamní média) – charakterem odpovídají LCD, ale nezobrazují dopravní informace
- Výhybky – systém obvykle automatického stavění,
- Další systémy – např. nevidomý...



Interní komunikace vozidla

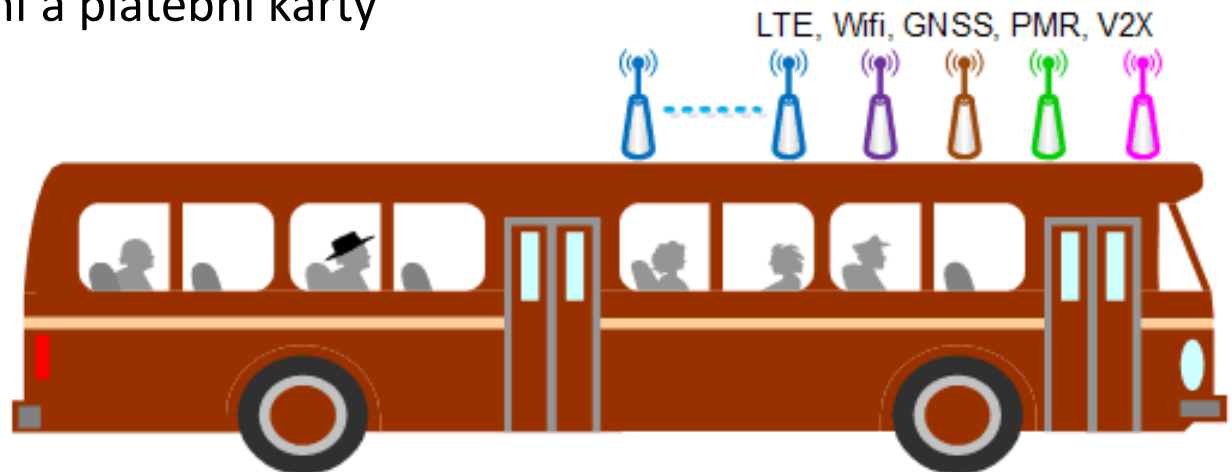
- Přesun komunikace na sběrnici Ethernet a to až 1 Gbit/s
 - Vznik jednotných protokolů – v Německu IP IBIS, náš firemní EPISNET – v provozu na 3000 palubních počítačích
 - Směrovače ve vozidlech – oddělení různých sítí
 - Budování více typu sítí eth. po vozidle z důvodu bezpečností a z důvodů oddělení provozů, např.
 - Informační a odbavovací systém
 - Kamerový systém
 - Spřažená vozidla
- IBIS – levné – pouze již pro ovládání tabel a povelového přijímače
- RS 485 – specializované – zpravidla čidla s nízkou spotřebou, stavění výhybek,
- CAN – vhodné pro vyčítání stavů vozidla
- RS 232 – zůstává zejména pro řízení radiových sítí
- USB – záznamy, aktualizace



Externí komunikace vozidla

- GSM/LTE – jednou, dvakrát a vícekrát ve vozidle
- Radiové sítě (PMR) – digitální (DMR či TETRA, analogové) -
- Dalšími typy komunikací je komunikace vozidla do blízkého okolí
 - WiFi
 - V2X
 - Nevidomý – volné pásmo – vyhrazeno pro tyto účely
 - Stavění výhybek (VETRA, BSV, ostatní)
 - Vybrané typy nízkopříkonových komunikací (FHSS)
- A úplně blízké vzdálenosti
 - NFC, proprietární řešení a platební karty

Pozor na vzájemné
rušení antén !!!



Uspořádání komunikací vozidla

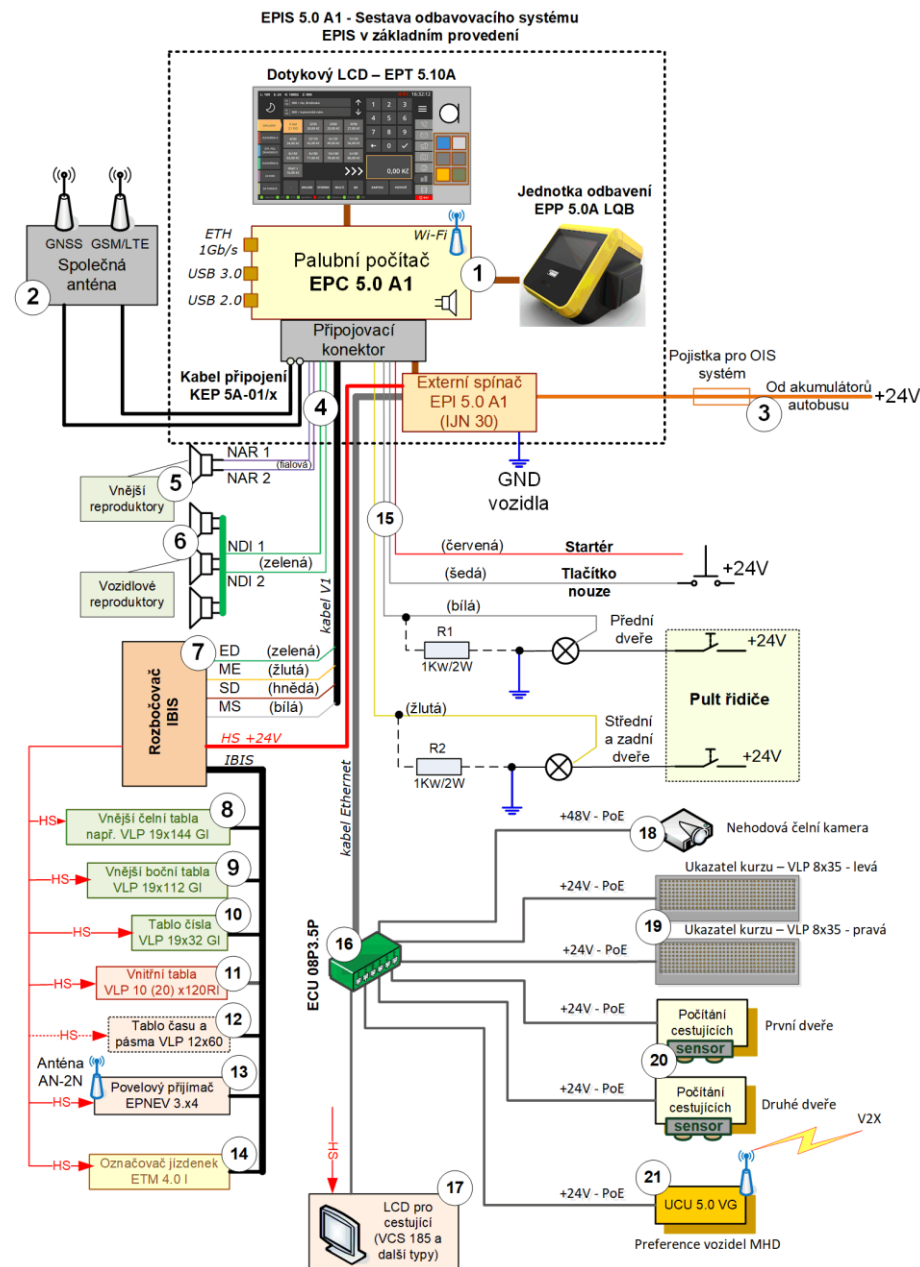
Následující popis řeší komunikaci z pohledu externí správy systémů ve veřejné dopravě a ne „interní“ komunikace vozidla dodané výrobcem vozidla. Uspořádání komunikace tak může být:

- **Centralizované uspořádání komunikace** (1 SIM karta) pod kontrolou palubního počítače, která tvoří základní komunikační kanál vozidla na mnoho serverů – obvykle přes APN.
- **Sdílená komunikace** (1 SIM karta) zajišťovaná komunikační jednotkou vozidla, přes kterou vozidlové systémy komunikují.
- **Řízené ostrovní systémy** (samostatné SIM karty pro jednotlivé vozidlové systémy), přičemž činnost těchto systémů je koordinovaná informacemi z palubního počítače.
- **Nezávislé ostrovní systémy**, kdy řízení a zpracování dat z jednotlivých systémů pomocí externích serverů.

Centralizované uspořádání komunikace

Základním principem komunikace je, že všechny použité systémy ve vozidle komunikují přes palubní počítač a palubní počítač je základním řídicím prvkem vozidla. Palubní počítač je základní jednotkou komunikace a zajišťuje:

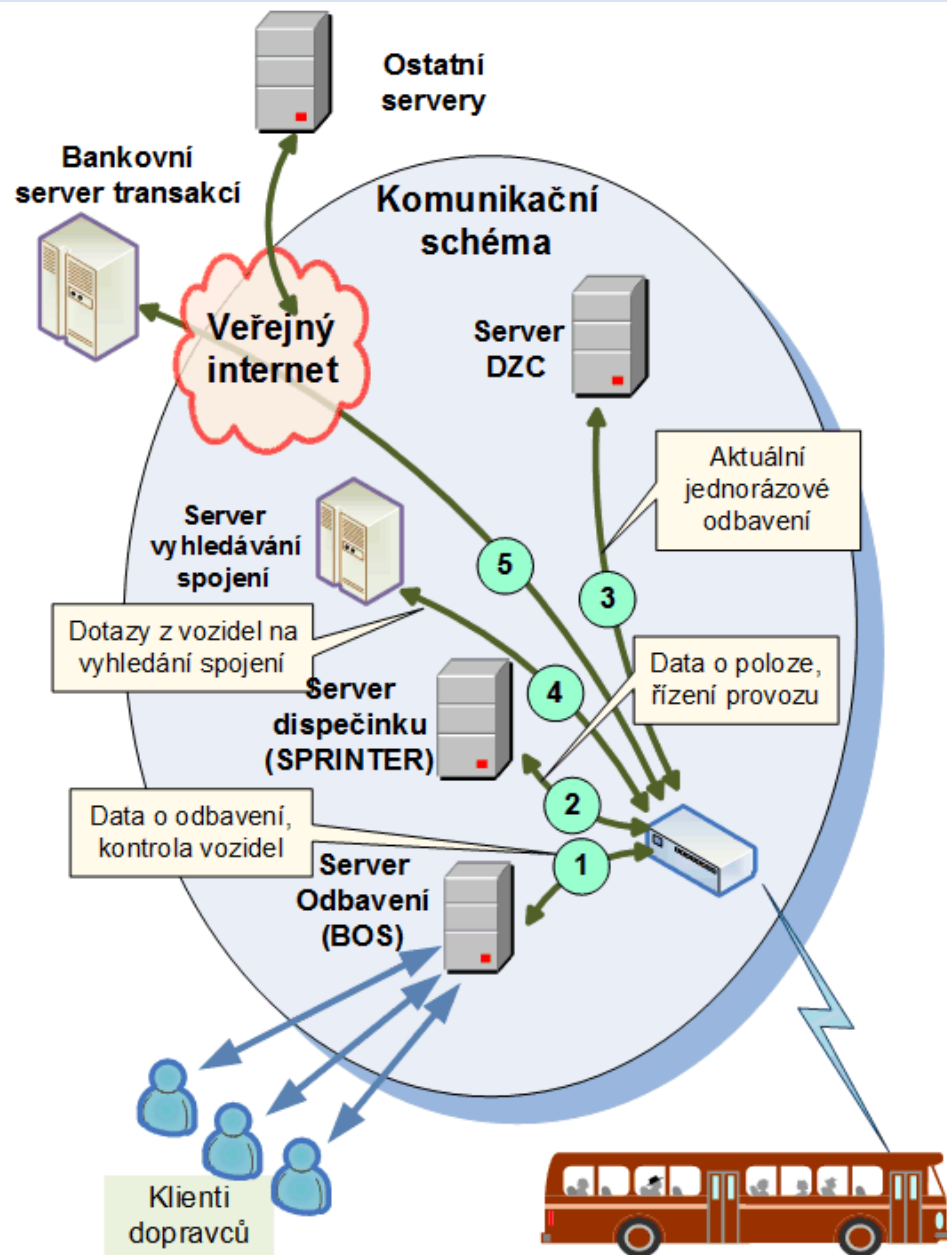
- Ochranu pomocí firewallu a současně se chová jako router dat
- Možnost spojení přes APN či veřejný internet (APN je bezpečnější)
- Řízení aktualizací komponentů a systémů z dohlížecího systému provozovatele
- Výhodou je vyšší bezpečnost systému – vše lze ošetřit na jednom místě, použití bezpečných protokolů a pravidel
- Tzv. prázdné servery pro aktualizaci jiných systémů, které se aktualizují přes servery jejich dodavatelů či výrobců



Centralizované uspořádání komunikace

Ukázka centralizované komunikace přes palubní počítač na více serverů – typická aplikace pro veřejnou linkovou dopravu:

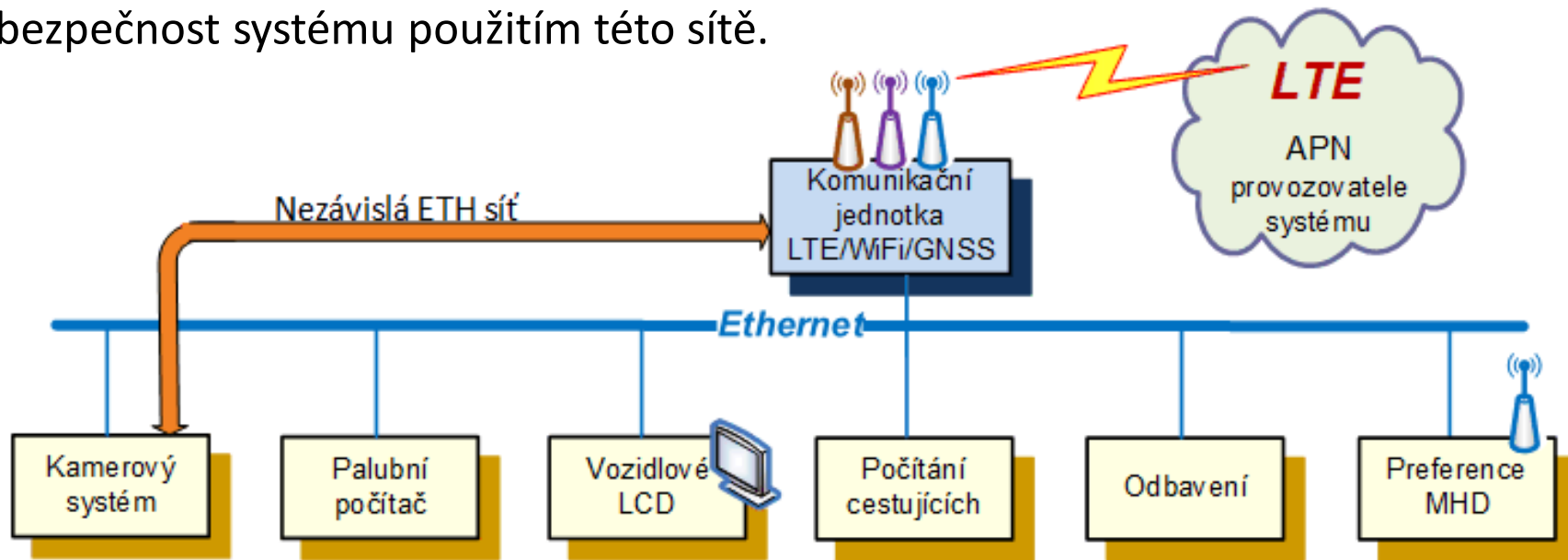
1. Server odbavení a správy vozidla (v našem případě BOS)
2. Server dispečinku (v našem případě Sprinter)
3. Server DZC (zúčtovací centrum) pro jednorázové jízdenky
4. Server vyhledávání spojení – zjednodušuje stanovení ceny lístku vzdáleným dotazem
5. Spojení přes veřejný internet:
 - a) On-line platba do bankovního serveru transakcí.
 - b) Jiné servery (např. dohled nad vlastním vozidlem, externí ovládání reklamy na LCD, apod.)



Sdílená komunikace vozidla

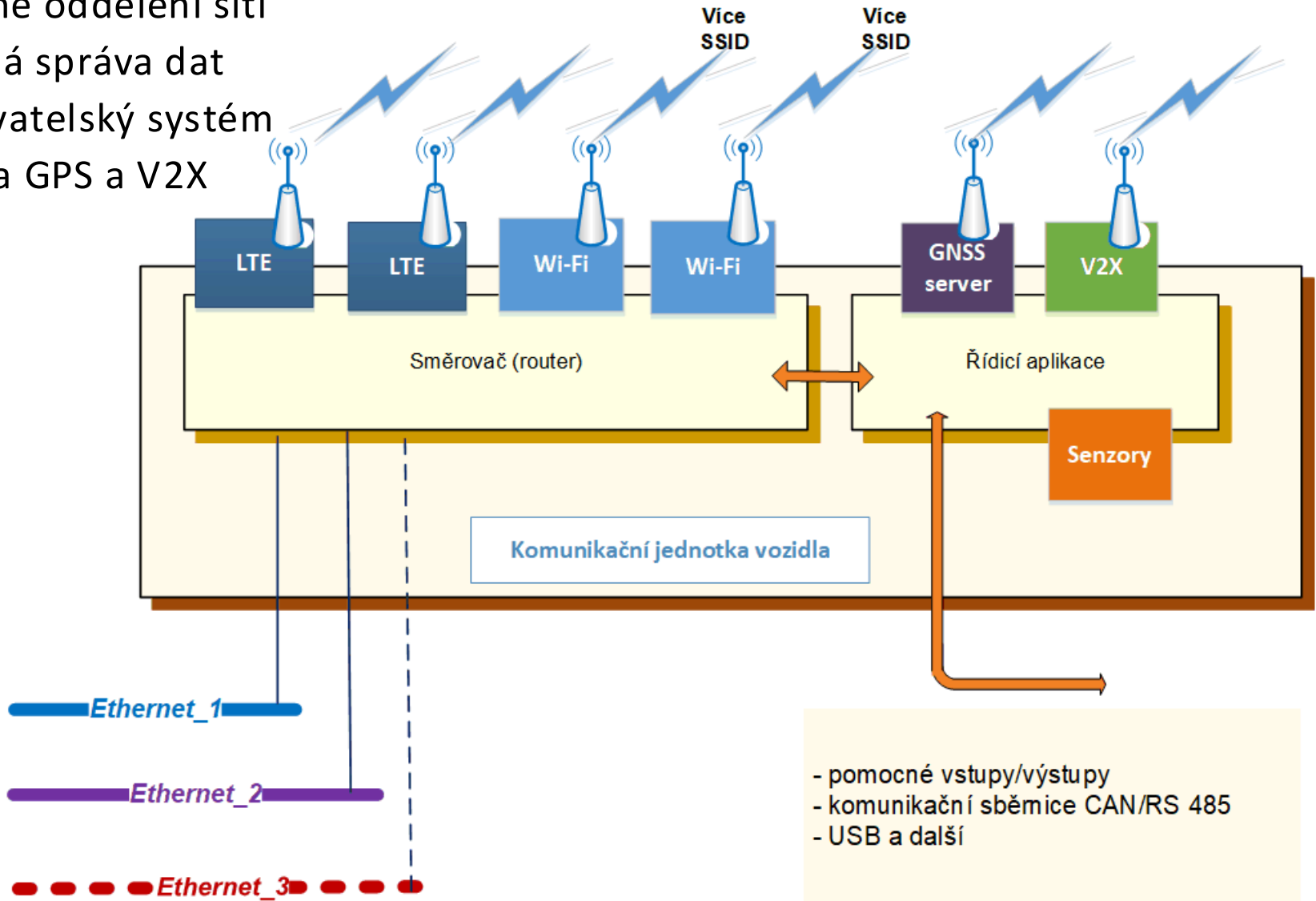
Sdílená komunikace vozidla je charakteristická použitím centrální komunikační jednotky, tj. umožňuje budování nezávislých systémů ve vozidle za použití společného modemu.

- Každý systém ve vozidle může samostatně komunikovat na „svůj“ server. Všechny jednotky mají shodný přístup na komunikační jednotku.
- Je nutno zajistit „bezpečné“ chování každého systému, každý systém ve vozidle musí být „nenapadnutelný“, protože každý systém bude komunikovat přes interní síť ethernetu.
- Pokud má komunikační jednotka možnost připojit více ETH sítí, lze zvýšit bezpečnost systému použitím této sítě.



Sdílená komunikace vozidla

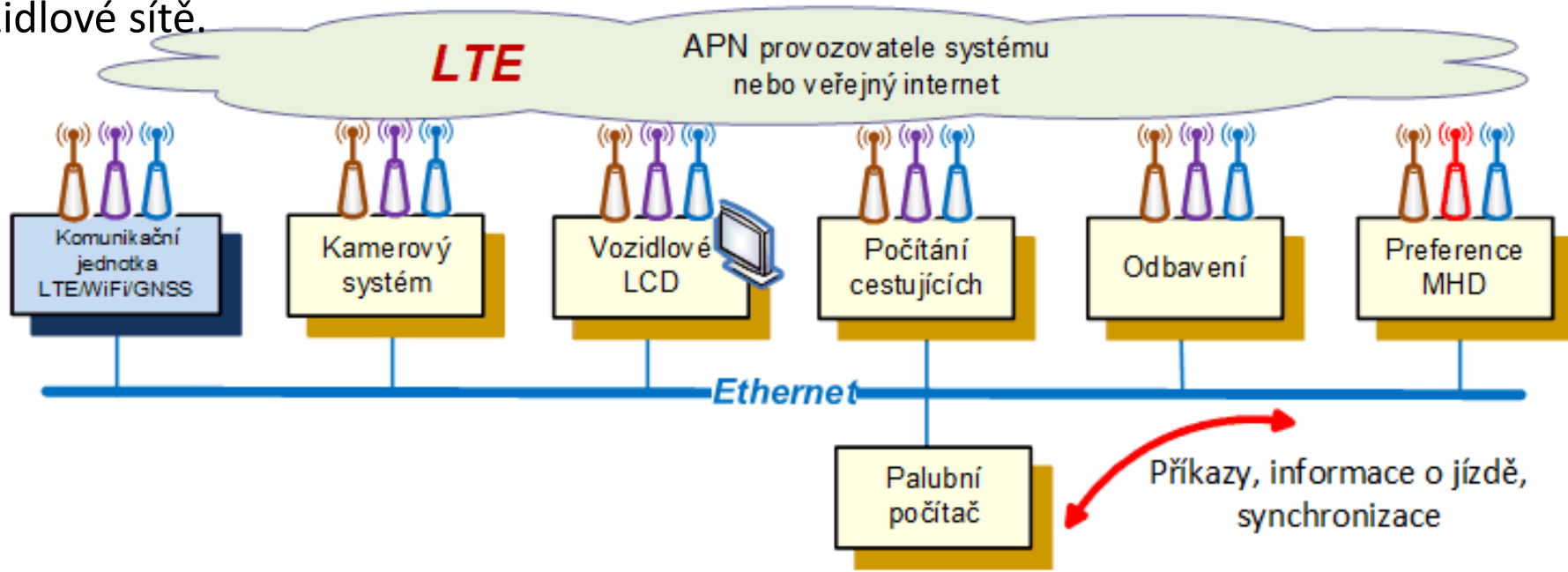
- Jedno zařízení pro data
- Bezpečné oddělení sítí
- Vzdálená správa dat
- Víceuživatelský systém
- Podpora GPS a V2X



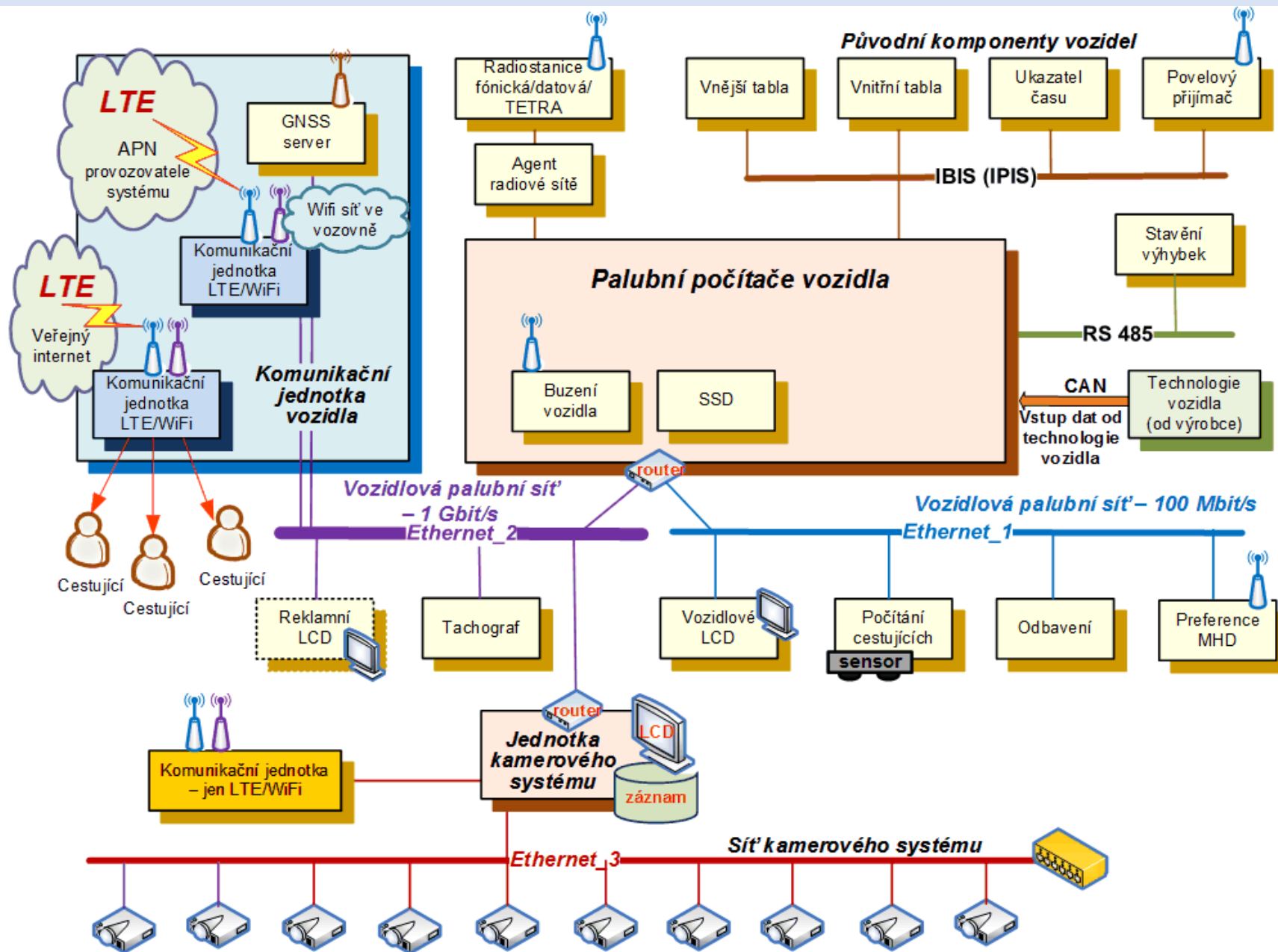
Řízené ostrovní systémy

V tomto případě obsahuje vozidlo několik systémů, kdy každý z nich obsahuje SIM kartu a pomocí ní komunikuje na vlastní server. některých případech z důvodu velkého provozu je vhodné použít více SIM karet, přičemž

- Ve vozidle existuje více zařízení (systémů) z vozidla komunikujících – ostrovní systémy.
- Tyto systémy jsou uvnitř vozidla jednotně synchronizovány palubním počítačem.
- Bezpečnost systému si řídí každý systém nezávisle na centrálním. U těchto systému je třeba zajistit, aby „útočník“ se přes tyto systémy nedostal do vozidlové sítě.



Ukázka kombinovaného uspořádání



Neřízené ostrovní systémy

Vozidlo obsahuje několik úplně nezávislých systémů (řídící, informační, počítání cestujících, odbavovací, kamerový,), z nichž každý má svůj řídící či dohledový server.

- Ve vozidle existují pouze nezávislé systémy, tj. každý dodavatel „nějakého“ systému ve vozidle je nezávislý na ostatních včetně komunikace
- Poškození jednoho systému neohrožuje systémy ostatní (může, ale nedát potřebné informace k provozu)
- Synchronizace systémů se děje na úrovni IT systémů dopravní společnosti
- Bezpečnost systémů si řeší každý „ostrov“ samostatně

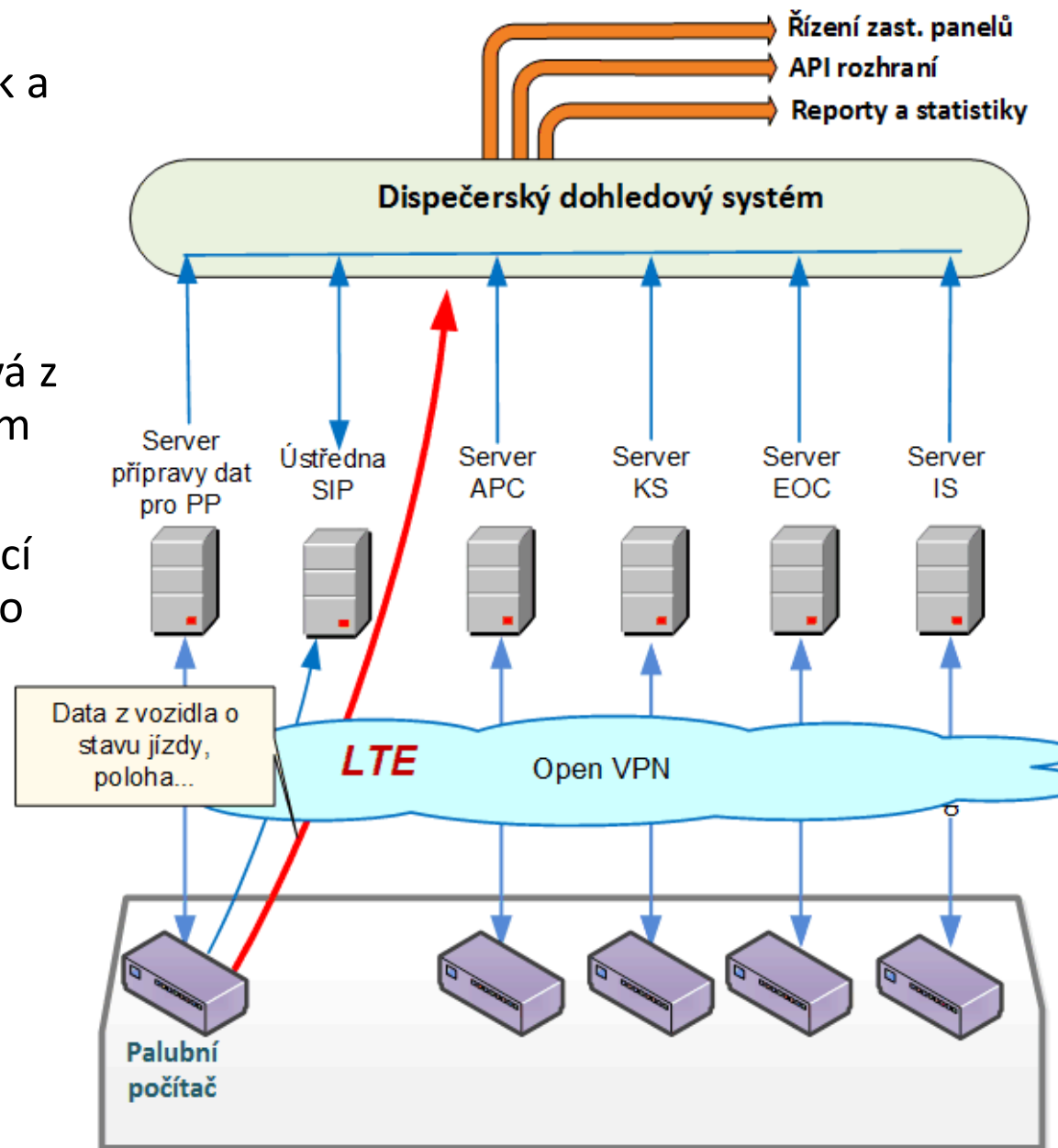
Takto uspořádaný systém vyžaduje složitou koordinaci na straně dopravní společnosti.

Neřízené ostrovní systémy

Ukázka, jak jednotlivé servery poskytují své informace na dispečink a zde dochází k vyhodnocování dat – např. srovnání platících cestujících s cestujícími získanými ze systému počítání cestujících.

Informační systém pro změnu získává z dispečinku údaje o jízdě a tyto potom posílá na jednotku ve vozidle.

Hlasová komunikace je řízena pomocí SIP ústředny a dispečerský systém do této ústředny zadává parametry komunikace.



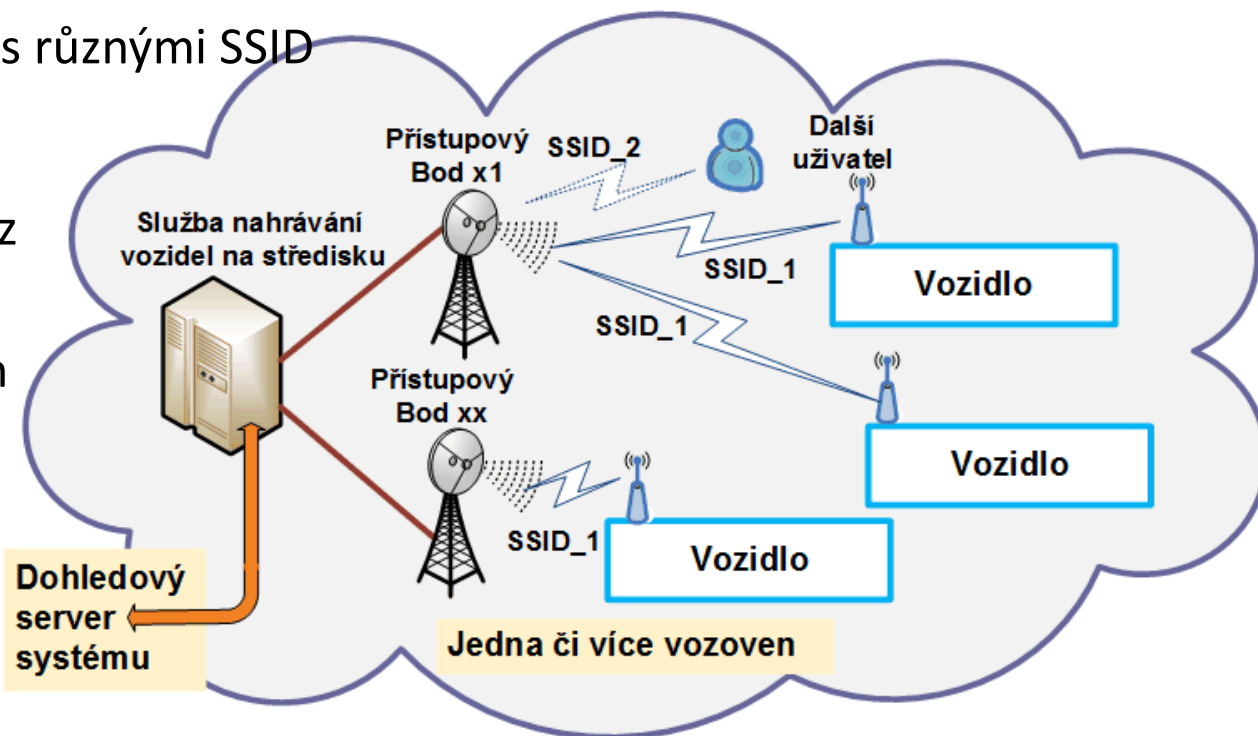
Komunikace vozidla přes WiFi sítě

Komunikace přes Wifi je středně dosahová vysokorychlostní komunikace sloužící jako alternativa ve vozovných či jako zdroj dat pro cestující ve vozidlech. Dnes používaná norma je zejména IEEE 802.a/c s rychlostí komunikace 430 MHz a vyšší.

- Nutno zamezit nežádoucímu přístupu do sítě dopravní společnosti přes vozovenskou WiFi
- Několik Wi-Fi na vozidle s různými SSID ve vozidle
- Několik Wi-Fi ve vozovných s různými SSID

Vysoké komunikační rychlosti ve vozovných jsou dnes nutné z důvodů:

- stahování dění z kamerových systémů,
- nahrávání reklamních spotů,
- databází o odbavení,
- mapových podkladů, apod.



Komunikace přes V2X

Co je V2X (C2X)?

Přínosy nové technologie pro bezpečnost a efektivitu veřejné dopravy

- Okamžitá informace o vozidlech v okolí
- Varování řidičů před mimořádnými situacemi – např. náledí, prudké brzdění
- Elektronická dopravní značka – např. dočasná omezení rychlosti v dané lokalitě
- Textová informace do vozidla
- Zobrazení signálního plánu řadiče ve voze
- Preference vozidel na křižovatce (např. veřejná doprava, hasiči)

- „Vehicle-to-Everything“ nebo „Car-to-everything“
- Rychlá a pravidelná komunikace mezi vozy navzájem a mezi vozy a dopravní infra-strukturou (SSZ, RSU, zastávky)
- Navrženo pro jakákoliv vozidla, včetně veřejné dopravy

Jedno rádio, jedna technologie

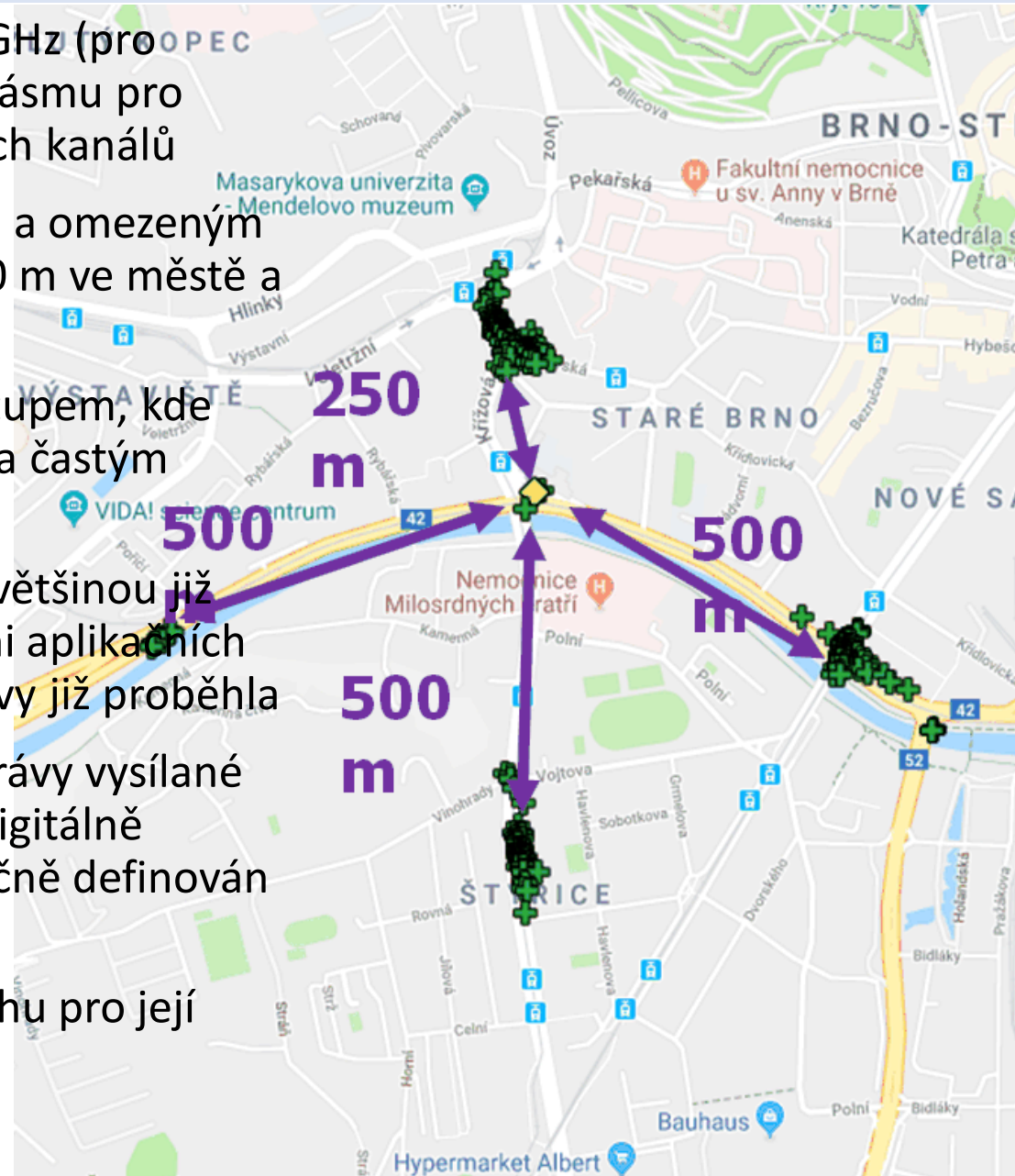


RSU na křižovatce



Komunikace přes V2X

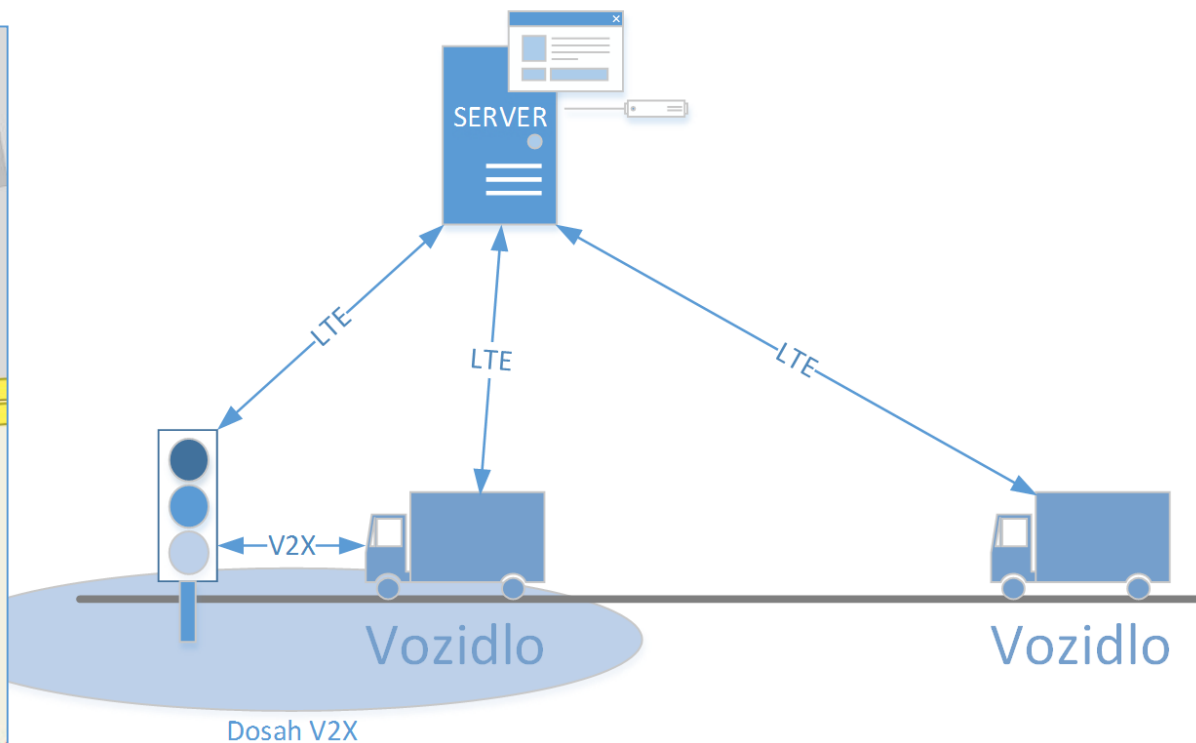
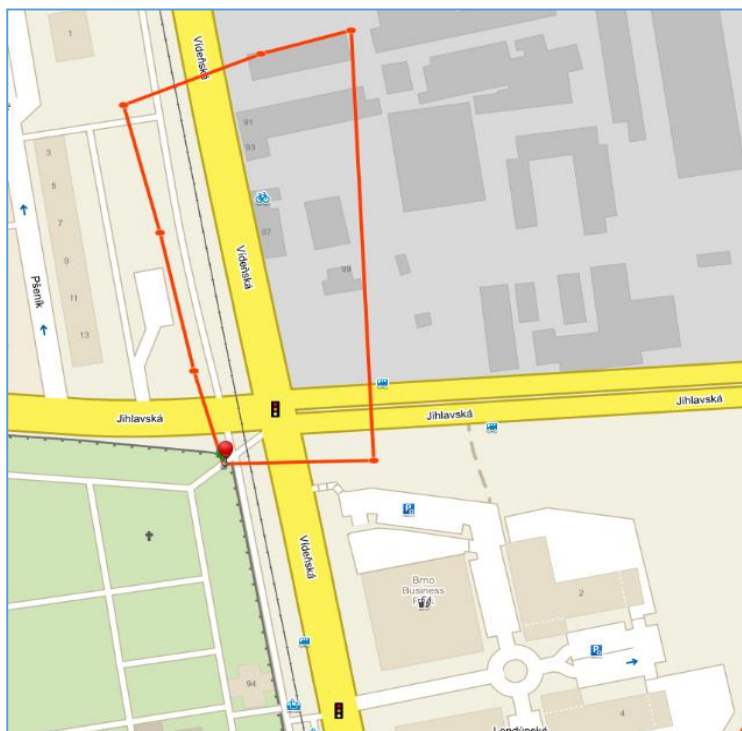
- **Upravená Wi-Fi technologie** – 5.9 GHz (pro Evropu) – pracuje na vyhrazeném pásmu pro dopravu – má několik komunikačních kanálů
- **Dosah** – dán kmitočtovým pásmem a omezeným výkonem – v praxi cca 200 m až 300 m ve městě a při přímé viditelnosti až 1500 m
- **Ad-Hoc sítě** – sítě s nahodilým přístupem, kde spolehlivost komunikace je zajištěna častým opakováním zpráv
- **Celoevropský standard** – probíhá (většinou již dokončena) standardizace na úrovni aplikačních protokolů – u fyzické a spojové vrstvy již proběhla
- **Autorizace pomocí certifikátů** – zprávy vysílané dopravním prostředkem musí být digitálně „podepsány“, tj. musí být jednoznačně definován odesílatel a jeho práva
- **GNSS** – systém musí znát svoji polohu pro její sdělení do okolí, a to až po 100 ms.



Způsob preference veřejné dopravy - V2X

V našem systému zatím slouží pro přímou a nezávislou komunikaci s křižovatkou. Dosah je v zástavbě asi 300 m, v otevřeném terénu i přes 1 km. Vozidlo vysílá informaci o svém stavu (poloze, rychlosti) periodicky až 10 krát za sekundu.

Tato informace je ve vybraných bodech zdvojena pomocí LTE, tím je zaručeno, že i v těžkém terénu bude preference do křižovatkы doručena. Platí to doručení, které přijde dříve.



Co vidí vozidlo MHD při použití V2X

Obousměrná komunikace – vůz žádá, řadič odpoví a informuje o stavu.

Způsoby provozu:

- v Brně – jednosměrná komunikace - ostrý provoz na 90 křižovatkách a 750 vozidlech MHD (zobrazení doručení na PP)
- v Ostravě - krátkodobý test, včetně „řízeného staničení“ a zobrazení na PP – stůj/jed’.
- vždy plně nahrazuje předchozí radiovou komunikaci bez změny řadiče



Praktické výsledky použití V2X

Za více jak 1,5 roku provozu na jednom z největších projektů preference MHD v DPMB a.s. se prokázala mimořádná spolehlivost provozu.

Je možný další rozvoj aplikací směrem k IZS v kombinaci.

Je možný rozvoj v systému k zábraně srážkám zejména tramvají.

Možnost použití externích aplikací.

Možnost použít tzv. „řízené staničení“.

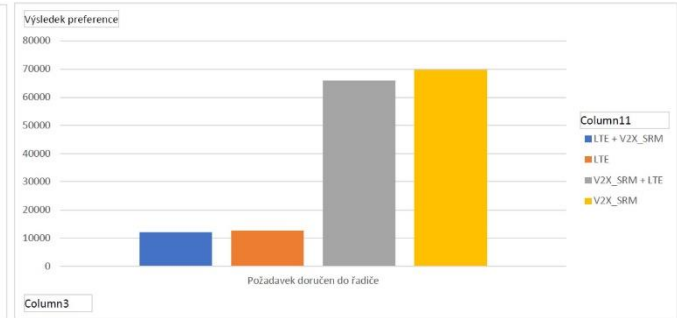
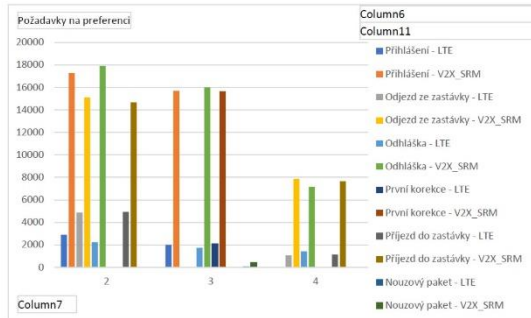
Možnost plynulého přechodu od standardního radiového ovládání na systém V2X.

Křižovatka 0.08 - Husova - Pekařská - listopad 2019

Požadavky	Přihlášení		Celkem	Odjezd ze zastávky		Celkem	Odhláška		Celkem	První korekce		Celkem	Příjezd do zastávky		Celkem	Nouzový paket		Celkem	Celkem	
	V2X_SRM	LTE		V2X_SRM	LTE		V2X_SRM	LTE		V2X_SRM	LTE		V2X_SRM	LTE		V2X_SRM	LTE			V2X_SRM
2	2900	17277	20177	4883	15123	20006	2250	17889	20139				4926	14675	19601				79923	
3	2002	15695	17697					1753	15992	17745	2110	15627	17737				60	449	509	53688
4				1088	7873	8961	1419	7159	8578				1137	7655	8792				26311	
Celkem	4902	32972	37874	5971	22996	28967	5422	41040	46462	2110	15627	17737	6063	22330	28393	60	449	509	159942	

Výsledek p

Výsledek / LTE + V2X_LTE	V2X_SRM - V2X_SRM	Celkem			
Požadavek	11945	12583	65776	69638	159942
Celkem	11945	12583	65776	69638	159942



Co říci na závěr

V příspěvku byly shrnuty možnosti řešení externích komunikací ve vozidle vzhledem k jeho vnitřnímu uspořádání sběrnic a vzhledem k uspořádání dohlížecích serverů v dopravních společnostech nebo krajských organizátorů dopravy.

Vybrané řešení závisí na:

- požadovaných funkcích systému a přenášeném objemu dat,
- možném uspořádání komponentů dle dodavatelů systémů,
- historickém vývoji v dopravní společnost (ovlivňuje náklady na výměnu),
- požadované bezpečnosti systému.

Provozovatel vozidla si musí vybrat, které uspořádání je pro něj nejvhodnější na základě jeho potřeb. Všechny zde uvedené v praxi existují.

Při montáži všech komunikačních systémů ve vozidlech je třeba dbát na bezpečnost a na vhodné umístění antén z důvodů vzájemného rušení





Děkuji za pozornost

Ing. Ivo Herman, CSc.



www.herman.cz

iherman@herman.cz



Nečekáme, jsme vždy napřed

