

Žilinská univerzita v Žiline
Fakulta elektrotechniky a informačných technológií
Katedra mechatroniky a elektroniky

28260620201103

**REALIZÁCIA KOMUNIKAČNEJ BRÁNY ZBERNICA
CAN – SIEŤ ETHERNET**

**2020
Adrián Beluško**

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMAČNÝCH
TECHNOLÓGIÍ
KATEDRA MECHATRONIKY A ELEKTRONIKY

Realizácia komunikačnej brány zbernica CAN – sieť Ethernet

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Autotronika
Študijný odbor: 5.2.9 Elektrotechnika
Školiace pracovisko: Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta elektrotechniky a informačných
technológií, Katedra mechatroniky a elektroniky
Školiteľ: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc.
Konzultant:

2020

Adrián Beluško



KATEDRA MECHATRONIKY A ELEKTRONIKY

Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina
tel.: 041/5131601 fax: 041/5131524 e-mail: kme@fel.uniza.sk



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Meno: **Adrián BELUŠKO**

Študijný program: Autotronika

Názov bakalárskej práce:

Realizácia komunikačnej brány zbernica CAN – sieť Ethernet

Pokyny pre vypracovanie bakalárskej práce:

1. Vymedzenie základných pojmov v predmetnej oblasti
2. Opis aktuálneho stavu problematiky komunikačných sietí v automobiloch
3. Vymedzenie vzťahu Ethernet a ostatné automobilové siete
4. Analýza perspektívy vývoja Ethernetu v automobile
5. Demonštrovanie prenosu údajov v rámci sietí Ethernet – CAN na vybranom zariadení

Predpokladaný rozsah práce - počet strán textu: max. 40


počet strán grafických príloh: max. 10

Školiteľ bakalárskej práce: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc.

Konzultant bakalárskej práce :

Dátum zadania bakalárskej práce: **31. 10. 2019**

Dátum odovzdania bakalárskej práce: **12. 5. 2020**


doc. Ing. Michal Frivaldský, PhD.
vedúci katedry

Abstrakt

REALIZÁCIA KOMUNIKAČNEJ BRÁNY ZBERNICA CAN – SIETĚ ETHERNET

Bakalárska práca je venovaná automobilovému ethernetu a realizácií komunikačnej brány medzi zbernicou CAN a sieťou Ethernet, ktorá je dôležitou súčasťou najnovších generácií automobilových sietí. Adaptáciou ethernetu do automobilových sietí vzniká potreba vytvorenia nového typu brány umožňujúceho komunikáciu medzi rôznymi doménami. Z jednoduchých brán sa stávajú komplexné jednotky disponujúce vysokým výpočtovým výkonom. Bakalárska práca je koncipovaná do troch častí. Teoretická časť práce je zameraná na oboznámenie sa so sieťovými modelmi a na princípy fungovania siete Ethernet, automobilového ethernetu a zbernice CAN. Analytická časť predstavuje výsledky rešerše zameranej na perspektívu vývoja ako aj na samotný vývoj ethernetu v automobile, spoluprácu ethernetu a jeho pozíciu v rámci ostatných komunikačných sietí v automobile. V praktickej časti je popísaný návrh riešenia brány prostredníctvom hardvéru ValueCAN3 a originálneho podporného softvéru založeného na programe vytvorenom prostredníctvom programovacieho jazyka LabView. Program je podrobený analýze aplikovaním metódy reverzného inžinierstva.

Kľúčové slová: Sieť Ethernet, automobilový ethernet, CAN zbernica, brána, automobilová sieť.

Abstract

IMPLEMENTATION OF CAN– ETHERNET GATEWAY

Bachelor thesis deals with Automotive Ethernet technology and CAN – Ethernet gateway implementation. CAN-Ethernet gateway is unthinkable part of current generations in-vehicle networks. Automotive Ethernet adaptation creates a demand for a new generation of automotive gateway that allows communication among domains. There are being transformed from simple gateways to the complex units which utilize high-speed communication. Bachelor thesis is composed of three main parts. Theoretical part presents basic theoretical knowledge in a field of network models, Ethernet network, Automotive Ethernet, and CAN Bus. Analytic part includes recherche results which focused on Automobile Ethernet development, its a future perspective and comparison of Automobile Ethernet with conventional automotive networks. In the practical part is described data transmission experiment via ValueCAN3 hardware and an original supportive software, based on API LabView development tool as a control software. The software is analysed by application of Reverse Engineering methodology.

Keywords: Ethernet network, automotive ethernet, CAN bus, gateway, in-vehicle network.

ANOTAČNÝ ZÁZNAM – BAKALÁRSKA PRÁCA

Meno a priezvisko: Adrián Beluško **Akademický rok:** 2019/2020

Názov práce: Realizácia komunikačnej brány zbernica CAN – sieť Ethernet

Počet strán:	49	Počet obrázkov:	25	Počet tabuliek:	6
Počet grafov:	0	Počet príloh:	8	Počet použ. lit.:	27

Anotácia v slovenskom jazyku: bakalárska práca

Bakalárska práca sa zaoberá návrhom realizácie komunikačnej brány medzi zbernicou CAN a sieťou Ethernet. Práca zahŕňa okrem návrhovo realizačnej časti aj analytickú časť zameranú na použitie siete Ethernetu v automobile.

Anotácia v anglickom jazyku:

Bachelor thesis deals with the implementation of CAN – Ethernet gateway. It is also focused on the analysis of adaptation and development of Automotive Ethernet.

Kľúčové slová: Sieť Ethernet, automobilový ethernet, CAN zbernica, brána, automobilová sieť.

Vedúci bakalárskej práce: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc.

Konzultant:

Recenzent: _____

Dátum odovzdania práce: 30. mája 2020

Obsah

Úvod	1
1 Vymedzenie základných pojmov v predmetnej oblasti.....	3
1.1 Sieťové modely	3
1.1.1 Sieťový model ISO/OSI.....	3
1.1.2 Porovnanie sieťových modelov TCP/IP a ISO/OSI.....	7
1.2 Ethernet.....	7
1.2.1 Druhy ethernetu	9
1.2.2 Fyzická vrstva siete Ethernet	9
1.2.3 Linková vrstva	11
1.2.4 Kolízia v sieti Ethernet	12
1.2.5 Zariadenia v sieti Ethernet	13
1.2.6 Ethernetový rámec	16
1.3 Brána.....	17
1.3.1 Hlavné funkcie brány	17
1.3.2 Kategórie brán.....	18
1.3.3 Automobilová brána	19
1.3.4 Základné komponenty brány	19
1.4 Automobilové zbernice.....	19
1.4.1 Metódy prístupu ku zbernici	20
1.4.2 CAN – Controller Area Network.....	21
1.4.3 Automobilový ethernet	28
1.5 Diskusia k teoretickej časti	32
2 Analýza implementácie ethernetu v automobilovej sieti.....	33
2.1 Analýza vývoja automobilového ethernetu	33
2.1.1 Generácie automobilového ethernetu	33
2.2 Zmeny automobilovej siete a jej súčastí integrovaním siete Ethernet.....	37
2.2.1 Automobilová brána	37
2.2.2 Automobilová sieť	38

2.3	Diskusia k analytickej časti.....	40
3	Realizácia prenosu dát zo zbernice CAN na sieť Ethernet.....	42
3.1	ValueCAN3 a rozhranie API LabView	42
3.1.1	Princíp práce programu NEO VI Example.vi	43
3.2	Demonštrovanie prenosu dát zo zbernice CAN na sieť Ethernet	45
	Záver	49
	Zoznam použitej literatúry	50
	Prílohová časť	I

Zoznam obrázkov

Obr. 1.1 Architektúra ISO/OSI, ZDROJ: Upravené podľa (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 3)	3
Obr. 1.2 Princíp zapuzdrenia paketov, ZDROJ: Upravené podľa (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 6).....	5
Obr. 1.3 Porovnanie modelov ISO/OSI a TCP/IP, ZDROJ: Upravené podľa (ODOM, 2005 s. 66).....	7
Obr. 1.4 ISO/OSI architektúra siete Ethernet, ZDROJ: Upravené podľa (NOVÁK).....	11
Obr. 1.5 Schematická značka rozbočovača, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems)	14
Obr. 1.6 Schematická značka mostu, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems).....	14
Obr. 1.7 Schematická značka prepínača, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems)	15
Obr. 1.8 Schematická značka smerovača, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems)	15
Obr. 1.9 Ethernetový rámec, ZDROJ: Upravené podľa (ODOM, 2005 s. 96).....	16
Obr. 1.10 Príklad konfigurácie automobilovej siete s bránou, ZDROJ: Prevzaté z (LOTHAMER, 2017).....	19
Obr. 1.11 Logické úrovne a im zodpovedajúce hodnoty napätia pre pomalý a vysokorýchlostný CAN, ZDROJ: Upravené podľa (Vector Informatik GmbH, 2018) .	22
Obr. 1.12 Komunikačná sieť s CAN zbernicou a sieťovými uzlami, ZDROJ: Upravené podľa (Vector Informatik GmbH, 2018)	23
Obr. 1.13 Proces arbitráže prístupu na CAN zbernicu, ZDROJ: Upravené podľa (Vector Informatik GmbH, 2018)	25
Obr. 1.14 CAN dátový rámec so štandardným 11-bitovým identifikátorom, ZDROJ: Prevzaté z (CORRIGAN, 2002 s. 3).....	26
Obr. 1.15 Spojenie fyzickou vrstvou typu IEEE 100 BASE – T1, ZDROJ: Prevzaté z (Vector Informatik GmbH, 2018).....	29

Obr. 1.16 Spojenie fyzickou vrstvou typu IEEE 100 BASE – TX, ZDROJ: Prevzaté z (Vector Informatik GmbH, 2018).....	30
Obr. 1.17 Spojenie fyzickou vrstvou typu IEEE 1000 BASE – T, ZDROJ: Prevzaté z (Vector Informatik GmbH, 2018).....	31
Obr. 2.1 Plán vývoja ethernetu, generácie vrstvy, ZDROJ: Prevzaté z (HANK, a iní, 2012).....	34
Obr. 2.2 Ethernetová chrbtica v doménovej architektúre, ZDROJ: Prevzaté z (HANK, a iní, 2012).....	36
Obr. 2.3 Bloková schéma automobilovej brány, ZDROJ: Prevzaté z (LOTHAMER, 2017).....	37
<i>Obr. 3.1 Vývojový diagram hlavnej štruktúry programu NEO VI Example.vi, ZDROJ: Vlastné spracovanie.....</i>	<i>44</i>
Obr. 3.2 Spojenie dvojice kanálov na koncovke D-SUB, ZDROJ: Vlastné spracovanie.....	45
<i>Obr. 3.3 Block diagram posielania UDP správ v programe LabView, ZDROJ: Vlastné spracovanie.....</i>	<i>47</i>
Obr. 3.4 Bloková schéma experimentu prenosu dát zo zbernice CAN na sieť Ethernet, ZDROJ: Vlastné spracovanie.....	47
Obr. 3.5 Vývojový diagram programu odosielania UDP správy, ZDROJ: Vlastné spracovanie.....	48

Zoznam tabuliek

Tab. 1.1 Najrozšírenejšie varianty Ethernetu, ZDROJ: Upravené podľa (SPURNÁ, 2010 s. 168).....	8
Tab. 1.2 Príklad kódovania dát pomocou symbolov, ZDROJ: Upravené podľa (SPURNÁ, 2010 s. 139)	10
Tab. 1.3 Triedy zberníc používaných v automobilovej sieti, ZDROJ: Upravené podľa (REIF, 2015 s. 59).....	20
Tab. 2.1 Kľúčové vlastnosti a vhodné aplikácie pre LIN, CAN a Ethernet, ZDROJ: Upravené podľa (LOTHAMER, 2017).....	39
Tab. 2.2 Najvýznamnejšie automobilové zbernice a ich základné parametre, ZDROJ: Upravené podľa (TEKTRONIX, 2020)	40
Tab. 3.1 Funkcionalita pinov zariadenia ValueCAN3, ZDROJ: Upravené podľa (Elektronická príloha č. 1)	42

Zoznam elektronických príloh

- Elektronická príloha č. 1. ValueCAN3 Sales Sheet
- Elektronická príloha č. 2. The Intrepidcs API
- Elektronická príloha č. 3. User Guide icsneo40 DLL API Example in LabView
- Elektronická príloha č. 4. NEO VI Example_1.10

Zoznam tlačенých príloh

Príloha č. 1	Fotografia zariadenia ValueCAN3 v loopback zapojení	II
Príloha č. 2	Front Panel programovacieho prostredia LabView	III
Príloha č. 3	Okno programu Wireshark s odoslanou správou na vysielajúcom počítači	IV
Príloha č. 4	Okno programu Wireshark s prijatou správou na prijímajúcom počítači	V



Zoznam skratiek

Skratka	Anglický význam	Slovenský význam
ACK	Acknowledgement	Potvrdenie
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems	Asistenčné systémy vodiča
AMP	Approximate Message Passing	Aproximačný prechod správy
API	Application programming interface	Programovacie aplikačné rozhranie
AVB	Audio Video Bridging	Audio, video premostenie
CAN	Controller Area Network	Zbernica CAN
CAN-FD	Controller Area Network Flexible Data-Rate	Zbernica CAN s flexibilnou prenosovou rýchlosťou dát
CRC	Cyclic Redundancy Check	Kontrola cyklickej redundancie
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection	Metóda viacnásobného prístupu s detekciou kolízií
DCE	Data Circuit-terminating Equipment	Ukončovacie zariadenia obvodu určeného pre prenos dát
DLC	Data Length Code	Kód dĺžky údajov
DLL	Dynamic Link Library	Knižnica obsahujúca dynamické odkazy
DSAP	Destination Service Access Point	Miesto prístupu k cieľovej službe
DTE	Data Terminal Equipment	Dátové koncové zariadenie
EOF	End of Frame	Koniec rámca
FCS	Frame Check Sequence	Sekvencia kontroly rámca
HSCAN	High Speed Controller Area Network	Vysokorýchlostný CAN
IDE	Identifier Extension Bit	Identifikačný bit rozšírenia
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Inštitút pre elektrotechnické a elektronické inžinierstvo
IFS	Interframe Space	Medzirámcoví priestor
IoT	Internet of Things	Internet vecí
IP	Internet Protocol	Internet protokol

ISO	International Organization for Standardization	Medzinárodná organizácia pre štandardizáciu
LAN	Local Area Network	Lokálna počítačová sieť
LIN	Local Interconnect Network	LIN zbernica
LLC	Logical Link Control	Logické riadenie odkazov
LVDS	Low-voltage Differential Signalling	Nízkonapäťová diferenciálna signalizácia
MAC	Media Access Control	Riadenie prístupu k médiu
MCU	Microcontroller Unit	Mikroprocesor
MOST	Media Oriented Systems Transport	Systém prenosu dát orientovaný na médium
MSCAN	Medium Speed Controller Area Network	Stredno-rýchlostný CAN
NIC	Network Interface Card	Sieťová karta
NRZ	Non-Return to Zero	Nikdy sa nevrátiť do nuly
OBD	On-Board Diagnostic	Palubná diagnostika
OPEN	One Pair Ethernet Alliance	Spojenie jedno párovým ethernet káblom
OSI	Open System Interconnection	Prepojenie otvorených systémov
PHY	Physical Layer	Fyzická vrstva
QoS	Quality of Service	Kvalita služieb
RTR	Remote Transmission Request	Požiadavka o vzdialený prenos
SFD	Start of Frame Delimiter	Oddeľovač začiatku rámca
SOF	Start of Frame	Začiatok rámca
SRR	Substitute Remote Request	Náhrada vzdialenej požiadavky
SSAP	Source Service Access Point	Prístupový bod zdrojovej služby
TCP	Transmission Control Protocol	Protokol kontroly prenosu
TDMA	Time Division Multiple Access	Viacnásobný prístup s časovým delením
UDP	User Datagram Protocol	Protokol užívateľských údajov
UTP	Unshielded Twisted Pair	Netienená krútená dvojlinka
V2X	Vehicle to everything	Vozidlo komunikujúce so všetkým čo ho môže ovplyvniť

WAN

Wide Area Network

Globálna počítačová sieť



Slovník termínov

Termín	Význam termínu
Datagram	Typ paketu nespořáhlivého přenosu dat
Duplex	Typ komunikace umožňující obojsměrnou komunikaci
Loopback	Metoda spätného posielanie vyslaných dat
Paket	Blok přenášaných dat
TT Ethernet	Časovo spúšťaným Ethernet

Pod'akovanie

Týmto by som chcel poďakovať školiteľovi mojej bakalárskej práce doc. RNDr. Jurajovi Pančíkovi, CSc. za cenné rady, odbornú pomoc, čas strávený počas konzultácií a poskytnutý hardvér a softvér, ktorý som využil na realizáciu mojej bakalárskej práce.

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som zadanú bakalársku prácu vypracoval samostatne, pod odborným vedením vedúceho bakalárskej práce doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc. a používal som len literatúru uvedenú v práci.

Súhlasím so zapožičiavaním bakalárskej práce.

V Žiline dňa

podpis

ÚVOD

Počiatok implementácie prvých elektronických systémov v automobiloch nastal v sedemdesiatych rokoch dvadsiateho storočia. Z jednoduchých mikroprocesorov a integrovaných obvodov sa v priebehu desiatok rokov vyvinuli komplexné riadiace jednotky. Prítomnosť viacerých riadiacich systémov v automobile definovala požiadavku zdieľania snímaných dát a vytvorenia komunikačnej siete. V roku 1986 spoločnosť Robert Bosch GmbH zareagovala na túto požiadavku a to vývojom zbernice CAN. Tá bola schopná spoľahlivo pracovať aj v náročných podmienkach, ktoré prevádzka automobilu predstavuje. Vlastnosti zbernice CAN boli, a aj sú natoľko kľúčové, že ju predurčili byť primárnou komunikačnou technológiou niekoľko desaťročí nielen v automobiloch, ale aj v priemyselných aplikáciách.

Trend narastania prítomnosti nových elektronických systémov v automobile je jasný. Od roku 1970 množstvo elektroniky v automobiloch exponenciálne narastá. Preto automobilová sieť musela prejsť určitým prirodzeným vývojom, ktorý zahŕňal aj použitie nových typov komunikačných technológií. Asistenčné systémy vodiča, infotainment vozidla umožňujúci komunikáciu cez sieť Internet, diagnostika vozidla cez sieť Internet a mnohé ďalšie systémy podmienili adaptovanie siete Ethernet pre použitie v rámci automobilovej siete. Paradoxne, ethernetová komunikácia je staršia ako zbernica CAN, avšak pre automobilové použitie bola prispôbená až v priebehu posledných desiatich rokov. Sieť Ethernet bola primárne vyvinutá pre realizovanie vzájomnej komunikácie medzi počítačovými stanicami a jej potenciál by v starších automobilových sieťach nebol využitý. Ethernetová komunikácia disponuje najmä vysokou prenosovou rýchlosťou, dobrou spoľahlivosťou prenosu a mnohými ďalšími kľúčovými vlastnosťami, vďaka ktorým sa stala základom pre verejnú celosvetovú sieť Internet.

Cieľom mojej bakalárskej práce bolo nadobudnutie potrebných znalostí v predmetnej oblasti, vytvorenie komplexnej analýzy implementácie ethernetu do automobilovej siete a na záver realizácia komunikačnej brány medzi zbernicou CAN a sieťou Ethernet.

Prvá kapitola sa zameriava na vymedzenie základných pojmov v predmetnej oblasti. Začiatok kapitoly je venovaný sieťovým modelom, ktorých znalosť je podstatná pre pochopenie činnosti komunikačných sietí. Ďalej sú v prvej kapitole podrobnejšie popísané komunikačné technológie CAN a Ethernet a taktiež aj sieťové zariadenie nazývané brána. Záver kapitoly sa zaoberá fyzickou interpretáciou automobilového ethernetu.

Druhá kapitola predstavuje výsledky analýzy zameranej na automobilový ethernet a témy s ním súvisiace. Začiatok kapitoly popisuje perspektívu vývoja a jednotlivé generácie automobilového ethernetu. Zvyšok kapitoly sa zameriava na problematiku aktuálnych generácií automobilových sietí, popisuje zmeny automobilovej siete podmienené implementáciou ethernetu a vymedzuje vzťah medzi ethernetom a typickými automobilovými sieťami.

Posledná, tretia kapitola, je koncipovaná tak, že sa najskôr zameriava na popis použitého hardvéru a softvéru, obsahuje popis činnosti programu NEO VI Example.vi . Záver kapitoly je zameraný na popis vykonaného experimentu, realizácie prenosu dát zo zbernice CAN na sieť Ethernet, kde zariadenie ValueCAN3 v kombinácii s aplikačným programovacím rozhraním v programovacom prostredí LabView bolo použité ako UDP brána.

1 VYMEDZENIE ZÁKLADNÝCH POJMOV V PREDMETNEJ OBLASTI

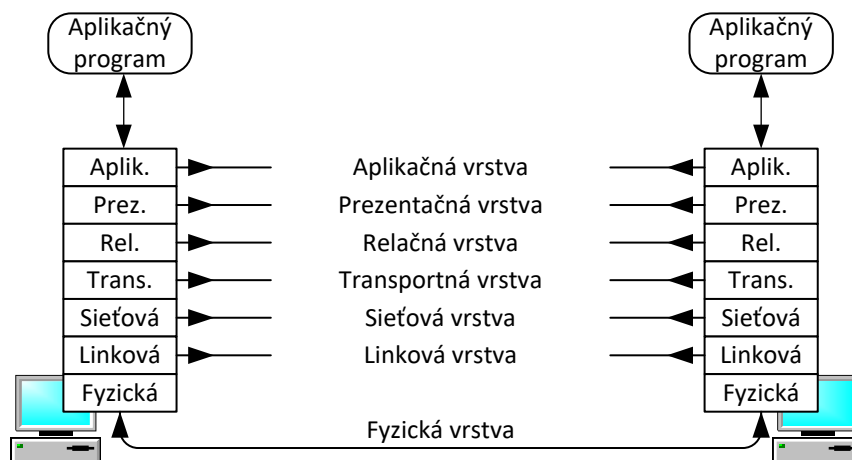
1.1 Sieťové modely

Význam sieťových modelov spočíva v tom, že pomocou nich je možné jednoducho popísať fungovanie jednotlivých sieťových zariadení, a teda aj ako samotná sieťová komunikácia funguje. Každý sieťový model vymedzuje určité sieťové štandardy. Najznámejšie sieťové modely sú TCP/IP a ISO/OSI. (SPURNÁ, 2010)

Podľa (ODOM, 2005 s. 51): „Sieťové štandardy definujú istú množinu pravidiel, ktoré musí dodržiavať každý výrobca sieťových produktov, teda káblov, hardvéru a softvéru. Pokiaľ sa držíme potrebných štandardov, budú produkty vzájomne spolupracovať.“

1.1.1 Sieťový model ISO/OSI

Sieťový model označovaný ako OSI bol vyvinutý medzinárodnou štandardizačnou organizáciou ISO. Ideou vytvorenia jednotného, univerzálneho sieťového modelu bola možnosť jeho implementácie vo všetkých existujúcich počítačoch, čo by umožnilo vzájomne komunikovať každému počítaču na svete. (ODOM, 2005)



Obr. 1.1 Architektúra ISO/OSI, ZDROJ: Upravené podľa (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 3)

1.1.1.1 Fyzická vrstva

„Fyzická vrstva je zodpovedná za aktiváciu, komunikáciu a deaktiváciu fyzického okruhu medzi DTE a DCE. Ďalej je zodpovedná za komunikáciu medzi DCE.“ (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 3)

DTE predstavuje zariadenia ako napríklad počítač alebo smerovač. DCE predstavuje spravidla modem alebo multiplexor.

„Fyzická vrstva popisuje elektrické, či optické signály používané pri komunikácií medzi počítačmi.“ (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 4) Na fyzickej vrstve je vytvorený fyzický okruh, ktorý spája jednotlivé sieťové zariadenia. Protokoly fyzickej vrstvy definujú elektrické signály, tvary konektorov, typy prenosových médií, prenosovú rýchlosť, moduláciu, kódovanie, synchronizáciu atď. (DOSTÁLEK, a iní, 2002)

1.1.1.2 Linková vrstva

Podľa (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 4): „Základnou jednotkou pre prenos dát je na linkovej vrstve dátový rámec.“ Linková vrstva teda zabezpečuje prenos dátového rámca v rámci sériovej linky, keď si dáta vymieňajú susedné zariadenia, ale aj v prípade výmeny dát v rámci lokálnej siete. Zameriava sa len na výmenu dátových rámcov medzi zariadeniami DTE. To znamená, že sa absolútne spolieha na fyzickú vrstvu v komunikácií medzi zariadeniami DTE a DCE.

Na obrázku (Obr. 1.2) môžeme vidieť, že dátový rámec sa skladá z troch častí a to sú hlavička (angl.: Header), dátové pole (angl.: Payload) a päty (angl.: Trailer). Hlavička dátového rámca obsahuje linkové adresy príjemcu a odosielateľa a ďalšie riadiace informácie. Päta dátového rámca obsahuje hodnotu kontrolného súčtu prenášaných dát. Ten slúži v prijímacom zariadení na kontrolu či nedošlo k poškodeniu dát pri prenose. Dátové pole obsahuje paket sieťovej vrstvy.

Každé linkové rozhranie má unikátnu linkovú adresu v rámci lokálnej siete. Napríklad linkovým rozhraním môže byť sieťová karta pre Ethernet, sériový port, atď. (DOSTÁLEK, a iní, 2002)

1.1.1.3 Sieťová vrstva

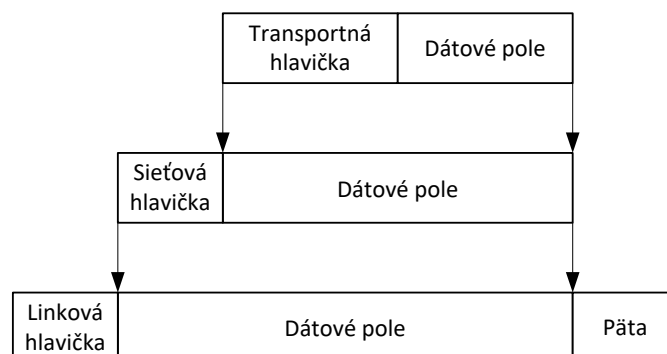
„Sieťová vrstva zabezpečuje prenos dát medzi vzdialenými počítačmi WAN.“ (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 5) To znamená, že nevidí zariadenia pracujúce na linkovej a fyzickej vrstve a nezaobrá sa použitými linkovými protokolmi na ceste medzi oboma koncami spojenia. Sieťový paket je jednotkou prenosu sieťovej vrstvy a zapuzdruje sa do dátového rámcu linkového paketu, pozri obrázok (Obr. 1.2). Skladá sa zo sieťovej hlavičky a z dátového poľa, predstavujúce telo paketu. (DOSTÁLEK, a iní, 2002)

Sieťovej vrstve prislúcha protokol IP, ktorý prenáša tzv. IP-datagramy nachádzajúce sa v hlavičke sieťového paketu. Každý IP-datagram obsahuje úplnú smerovaciu informáciu pre dopravu IP-datagramu k adresátovi. Každé sieťové rozhranie má celosvetovo, v rámci siete WAN, unikátnu, jednoznačnú IP-adresu. (DOSTÁLEK, a iní, 2002)

1.1.1.4 Transportná vrstva

Transportná vrstva sa „venuje spojeniu medzi aplikáciami na vzdialených počítačoch.“ (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 6) Rovnako ako predchádzajúce vrstvy sa nezaobrá funkciami, ktoré vykonávajú nižšie vrstvy, musí sa spoľahnúť na ich služby.

Transportný paket je jednotkou prenosu. Skladá sa z transportnej hlavičky a telo paketu je tvorené dátovým poľom. Obrázok (Obr. 1.2) znázorňuje zapuzdrenie transportného paketu do dátového poľa sieťového paketu.



Obr. 1.2 Princíp zapuzdrenia paketov, ZDROJ: Upravené podľa (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 6)

Protokoly TCP a UDP prislúchajú transportnej vrstve. Protokol TCP zabezpečuje dopravu dát pomocou TCP segmentov, tie sú adresované jednotlivým aplikáciám. UDP protokol zabezpečuje dopravu dát pomocou tzv. UDP datagramov. Rozdiel medzi nimi spočíva v tom, že TCP protokol vyžaduje potvrdenie prijatých dát príjemcom a UDP protokol nezaujíma či dáta dorazili. Ak dáta nedorazili TCP opakovane pošle paket. (DOSTÁLEK, a iní, 2002)

1.1.1.5 *Relačná vrstva*

„Relačná vrstva zabezpečuje výmenu dát medzi aplikáciami, t. j. prevádza tzv. checkpoint, synchronizáciu transakcií (angl.: commit), korektné uzatváranie súborov atď.“ (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 6)

Relačný paket je základnou jednotkou, vkladá sa do dátového poľa transportného paketu. Relačná vrstva zabezpečuje určitú reláciu, vzťah medzi aplikáciami, ktorý na relačnej vrstve existuje nepretržite. Avšak na úrovni aplikačnej vrstvy relácia existuje iba počas výmeny dát medzi aplikáciami. (DOSTÁLEK, a iní, 2002)

1.1.1.6 *Prezentačná vrstva*

Reprezentuje zabezpečenie dát, tým sa rozumie šifrovanie, zaistenie integrity dát, digitálne prepisovanie atď. Samotná reprezentácia môže byť rôzna na rôznych počítačoch. (DOSTÁLEK, a iní, 2002)

1.1.1.7 *Aplikačná vrstva*

„Aplikačná vrstva predpisuje, v akom formáte a ako majú byť dáta preberané/odovzdávané od aplikačných programov.“ (DOSTÁLEK, a iní, 2002 s. 7)

1.1.2 Porovnanie sieťových modelov TCP/IP a ISO/OSI

Vývoj oboch modelov prebiehal zhruba v rovnakom období. Model TCP/IP sa vyvíjal v komerčnej sfére už do podoby právoplatného sieťového modelu, a súčasne s ním medzinárodná štandardizačná organizácia vyvíjala model OSI. Model OSI je väčší a komplikovanejší ako jednoduchší model TCP/IP. Táto zásadná odlišnosť ovplyvnila dĺžku vývoja oboch modelov. Model TCP/IP bol vyvinutý rýchlejšie, preto je dnes implementovaný takmer na každom počítači a model OSI prakticky na žiadnom.

Aj napriek neúspechu modelu OSI, mnohé modely prebrali názvoslovie jeho častí, najmä jeho vrstiev. Výnimkou nie je ani model TCP/IP, ktorého vrstvy zodpovedajú modelu OSI a niektoré sú dokonca ekvivalentné používanými protokolmi aj funkcionalitou, čo možno vidieť aj z obrázku (Obr. 1.3). (ODOM, 2005)

Model OSI	Model TCP/IP	Protokoly TCP/IP
Aplikačná	Aplikačná	HTTP, SMTP, POP3
Prezenčná		
Relačná	Prenosová (transportná)	TCP, UDP
Prenosová (transportná)		
Sieťová	Internetová	IP
Spojovacia (linková)	Sieťové rozhranie	Ethernet, frame relay, PPP
Fyzická		

Obr. 1.3 Porovnanie modelov ISO/OSI a TCP/IP, ZDROJ: Upravené podľa (ODOM, 2005 s. 66)

1.2 Ethernet

Podľa (ODOM, 2005 s. 86) je sieť Ethernet definovaná ako: „*Súbor štandardov a protokolov pre komunikáciu v sieti LAN, definovaných združením IEEE.*“ Normy či štandardy siete Ethernet definujú množstvo detailov ako napríklad spôsob kódovania binárnych núl vo vodiči pomocou meniaceho sa napätia pri vysielaní zo sieťovej karty.

Z pohľadu modelu OSI je ethernet reprezentovaný len vo fyzickej a linkovej vrstve.

Prvý ethernet štandard bol vyvinutý v roku 1980 a volal sa DIX Ethernet, taktiež niekedy označovaný ako Ethernet II. Ten predstavoval už druhú verziu špecifikácie protokolov. V roku 1985 združenie pre štandardizáciu IEEE, definovalo štandardy pre siete LAN, ktoré boli kompatibilné s modelom OSI. Štandardy pre sieť Ethernet boli označené ako norma 802.3 a 802.2. Norma 802.3 je označená aj ako vrstva riadenia prístupu k médiu (angl.: Media Access Control, skrátene MAC) a norma 802.2 je označená aj ako vrstva riadenia logických spojov (angl.: Logical Link Control, skrátene LLC). (ODOM, 2005) (SPURNÁ, 2010)

Tab. 1.1 Najrozšírenejšie varianty Ethernetu, ZDROJ: Upravené podľa (SPURNÁ, 2010 s. 168)

Šírka pásma	Označenie	Typ vysielania	Prenosové médium	Maximálna vzdialenosť
10 Mbps	10 Base-5	Polovičný duplex	Hrubý koaxiálny kábel	500 m
10 Mbps	10 Base-2	Polovičný duplex	Tenký koaxiálny kábel	185 m
10 Mbps	10 Base-T	Polovičný duplex	UTP kábel od kategórie 3	100 m
100 Mbps	100 Base-T	Polovičný duplex	UTP kábel od kategórie 5	100 m
200 Mbps	100 Base-TX	Plný duplex	UTP kábel od kategórie 5	100 m
100 Mbps	100 Base-FX	Polovičný duplex	Mnohovidové optické vlákno	400 m
200 Mbps	100 Base-FX	Plný duplex	Mnohovidové optické vlákno	2 km
1 Gbps	1000 Base-T	Plný duplex	UTP kábel kategórie 5e	100 m
1 Gbps	1000 Base-TX	Plný duplex	UTP kábel kategórie 6	100 m
1 Gbps	1000 Base-SX	Plný duplex	Mnohovidové optické vlákno	550 m
1 Gbps	1000 Base-LX	Plný duplex	Jednovidové vlákno	5 km
10 Gbps	10 Gbase-CX4	Plný duplex	Twinaxial	15 m
10 Gbps	10 Gbase-T	Plný duplex	UTP kábel kategórie 6a alebo 7	100 m
10 Gbps	10GBaseSX4	Plný duplex	Mnohovidové optické vlákno	300 m
10 Gbps	10 Gbase-LX4	Plný duplex	Jednovidové vlákno	10 km

1.2.1 Druhy ethernetu

V tabuľke (Tab. 1.1) sú uvedené najrozšírenejšie varianty ethernetu. Parametre, ktoré sú charakteristické pre jednotlivé varianty ethernetu sú popísané fyzickou vrstvou OSI modelu. (SPURNÁ, 2010)

1.2.2 Fyzická vrstva siete Ethernet

1.2.2.1 Typy prenosu dát v sieti Ethernet

Z tabuľky (Tab. 1.1) je možné vidieť, že v sieti Ethernet sa využívajú dva typy prenosu dát a to sú polovičný duplex (angl.: half-duplex) a plný duplex (angl.: full-duplex).

Polovičný duplex definuje typ prenosu, kde obaja účastníci komunikačného spojenia môžu prijímať aj vysielať, avšak nie súčasne.

Plný duplex umožňuje obojsmernú komunikáciu, ktorá môže prebiehať súčasne. (HORÁK, a iní, 2006)

1.2.2.2 Typy vysielaní v sieti Ethernet

Unicast je typ vysielania, kde je správa vyslaná z jedného zariadenia určená len pre jedno konkrétne zariadenie v sieti.

Broadcast je typ vysielania, kde je správa z jedného zariadenia poslaná všetkým zariadeniam v sieti.

Multicast je typ vysielania, kde je správa z jedného zariadenia poslaná viacerým konkrétnym zariadeniam v sieti. (SPURNÁ, 2010)

1.2.2.3 Šírka pásma

Šírka pásma (angl.: bandwidth) definuje maximálnu možnú kapacitu prenosovej linky, t. j. koľko dát je možné preniesť za jednotku času. Šírka pásma sa zvyčajne

vyjadruje v bitoch za sekundu – b/s (angl.: kilobit per second). Bit za sekundu je najmenšou jednotkou šírky pásma. (SPURNÁ, 2010)

1.2.2.4 Kódovanie v sieti Ethernet

Podľa (SPURNÁ, 2010 s. 137): „Kódovanie je prevedenie digitálnych dát do predom definovaného kódu. Táto skupina bitov vytvára určitý predvídateľný vzor a je rozpoznateľná obomi stranami, vysielačom i prijímačom.“

Fyzická vrstva tak môže vytvoriť kontrolné bitové vzorky, ktoré by označovali začiatok a koniec rámcov. Vďaka tomu prijímacie zariadenie ľahko deteguje, či je prijatá správa relevantná alebo predstavuje len náhodné impulzy spôsobené rušením. To umožňuje zvýšiť prenosovú rýchlosť siete.

V sieti Ethernet sa používa metóda, kde je určitý počet bitov nahradený inou bitovou skupinou nazývanou symbol. Používanie symbolov tak zabráni výskytu príliš dlhých a spojitých radov jednotiek a núl na prenosovom médiu. Napríklad rýchly Ethernet 100 Mbps využíva kódovanie 4B/5B, kde sa štyri bity nahradia päť bitovým symbolom. Tým sa zabezpečí synchronizácia vysielača a prijímača, pričom aspoň jeden bit v symbole bude iný ako ostatné štyri, pozri tabuľku (Tab. 1.2). Pre vyššie rýchlosti sa používajú podobné typy kódovania. (SPURNÁ, 2010)

Tab. 1.2 Príklad kódovania dát pomocou symbolov, ZDROJ: Upravené podľa (SPURNÁ, 2010 s. 139)

4B - dáta	5B - symbol	Účel	5B - symbol
0000	11110	Voľná linka	11111
0001	01001	Začiatok vysielania	11000
0010	10100	Začiatok vysielania	10001
0100	01010	Koniec vysielania	01101
0101	01011	Koniec vysielania - reset	00111
0110	01110	Chyba prenosu	00100

1.2.2.5 Prenosové médiá v sieti Ethernet

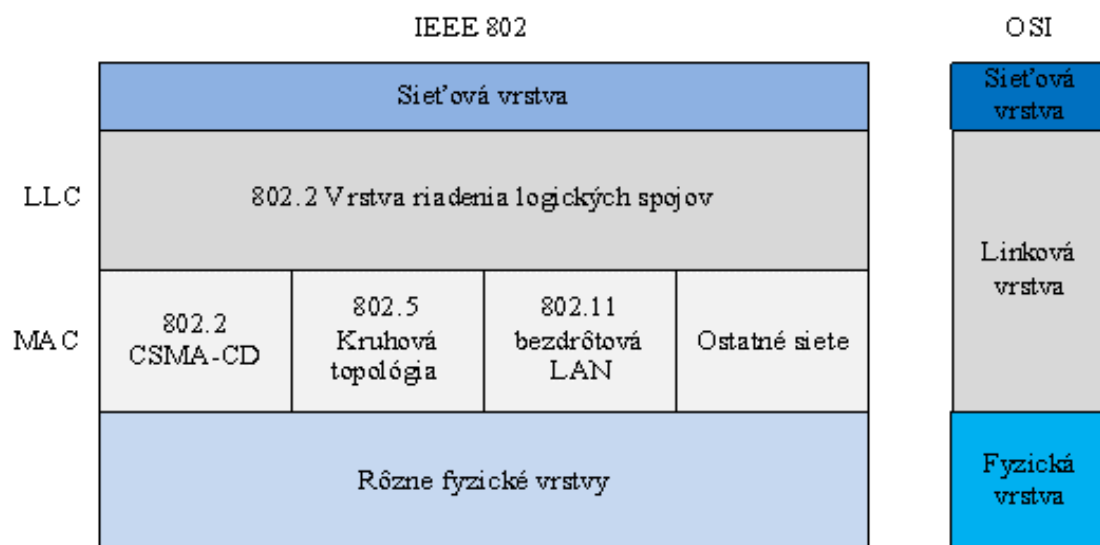
Ethernetová komunikácia je schopná prenášať dáta po metalických vodičoch, ale aj optickými vláknami.

V prípade metalických vodičov je najpoužívanejším prenosovým médiom netienená krútená dvojlinka, skrátene UTP (angl.: Unshielded Twisted Pair). UTP vodič je schopný pracovať aj s vyššími prenosovými rýchlosťami. Koaxiálne káble sú použité iba pre menšie prenosové rýchlosti do 10 Mbps.

Optické vlákna disponujú v porovnaní s metalickým káblom lepšou prenosovou rýchlosťou, a samozrejme lepšou odolnosťou voči elektromagnetickému rušeniu, pričom žiadne rušenie ani nevytvárajú. Viacvidové optické vlákno sa používa pre menšie vzdialenosti, pretože má väčší útlm ako jednovidové vlákno, kde je implementovaný prenos na priamu vzdialenosť. (SPURNÁ, 2010)

1.2.3 Linková vrstva

Linková, spojovacia vrstva sa skladá z nižšej podvrstvy MAC a vyššej podvrstvy LLC, pozri obrázok (Obr. 1.4).



Obr. 1.4 ISO/OSI architektúra siete Ethernet, ZDROJ: Upravené podľa (NOVÁK)

Funkcie podvrstvy MAC sú realizované hardvérovo, konkrétne sa jedná o sieťovú kartu, preto je hardvérovo závislá. Podvrstva MAC umožňuje spojenie fyzických zariadení s vyššími vrstvami modelu OSI. To je realizované adresovaním rámcov pomocou fyzických adries, MAC adries označujúcich začiatok a koniec rámcov. Taktiež zabezpečuje umiestnenie dát na prenosové médium. V cieľovom zariadení MAC podvrstva realizuje prevzatie dát z média k ďalšiemu spracovaniu.

Vyššia podvrstva LLC zabezpečuje komunikáciu medzi hornými vrstvami a dolnou vrstvou, t. j. medzi hardvérom a softvérom. Je hardvérovo nezávislá. Princíp činnosti tejto podvrstvy je založený na identifikácii protokolov vo vnorenom pakete, kontrole chybovosti a riadení toku. (SPURNÁ, 2010)

1.2.4 Kolízia v sieti Ethernet

Kolízia v sieťovom ponímaní predstavuje stav, ktorý nastane v sieti, kedy sa na jednom vedení, linke, objaví viacero dátových rámcov súčasne. Všetky počítače pripojené k jednému sieťovému zariadeniu predstavujú tzv. kolíznu doménu. Dôsledkom tejto kolíznej situácie je vzájomné ovplyvnenie dát a ich následná nečitateľnosť. Pre správnu funkciu siete je dôležité tieto stavy eliminovať, prípadne minimalizovať. (ODOM, 2005)

Ethernetové normy, štandardy definujú algoritmus, ktorý je označovaný ako CSMA/CD. Zariadenie, počítač využívajúci algoritmus CSMA/CD predchádza kolízií tak, že vo chvíli, keď potrebuje vyslať, načúva t. j. zisťuje, či na prenosovom médiu neprebíha iná komunikácia. Pokiaľ v tom momente vysielala niekto iný, počítač čaká na náhodný čas a potom prenosové médium opätovne otestuje. Ak nie je zistené iné vysielanie, začne vyslať. (ODOM, 2005)

Algoritmus CSMA/CD nedokáže úplne predísť kolízií v sieti Ethernet. Kolízia nastane v prípade, kedy viacero zariadení, počítačov začne súčasne vyslať. Zariadenia analyzovali prenosové médium približne v rovnakom čase, teda všetky počítače vyhodnotili prenosové médium ako voľné. Na detekciu tohto kolízneho stavu sa používa spätnoväzobný obvod sieťovej karty, ktorý v prípade vysielania, posiela vysielané rámce aj na svoju prijímaciu linku. To spôsobí, že ku kolízií dôjde aj na

prijímacej linke vysielačích zariadení. Reakciou na kolíziu je vyslanie kolízneho signálu (angl.: Jamming Signal), ktorý informuje ostatných účastníkov siete o vzniku kolízie. Potom všetky vysielajúce počítače spustia tzv. backoff algoritmus. Tento algoritmus definuje časový interval, z ktorého si vysielajúci počítač vyberie čas, počas ktorého bude čakať, kým opätovne začne analyzovať prenosové médium. Ak sa kolízie opakujú, znovu sa spúšťa backoff algoritmus, ktorý potom vyberá dobu čakania z dvojnásobného intervalu ako bol predošlý. Toto sa opakuje maximálne šesťkrát. (ODOM, 2005) (SPURNÁ, 2010)

1.2.5 Zariadenia v sieti Ethernet

1.2.5.1 Sieťová karta

Sieťová karta, skrátene NIC (skratka angl.: Network Interface Card), je zariadenie druhej vrstvy OSI modelu. Umožňuje pripojenie koncových zariadení do siete. Každá sieťová karta má od výroby priradenú unikátnu fyzickú adresu, tzv. MAC adresu. Jedná sa o štyridsaťosem bitovú adresu, ktorá je väčšinou zapisovaná vo forme šiestich hexadecimálnych dvojčiferných čísel, oddelených pomlčkou alebo dvojbodkou. MAC adresa umožňuje komunikáciu s ostatnými počítačmi v lokálnej sieti. (SPURNÁ, 2010)

1.2.5.2 Opakovač

Opakovač (angl.: Repeater) je aktívny sieťový prvok pracujúci na prvej vrstve OSI modelu. Úlohou opakovača je upraviť elektrický signál, prípadne optický signál, ktorý ním prechádza, opravuje časovanie, silu a kvalitu signálu. Regeneráciou signálu na bitovej úrovni je možné dosiahnuť predĺženie dĺžky káblu. Ak by sa signál neregeneroval, tak by došlo k útlmu, šumu a stratám. (SPURNÁ, 2010)

1.2.5.3 Rozbočovač

Rozbočovač (angl.: Hub) jedná sa o multiportový opakovač, ktorý dokáže regenerovať a opraviť prijatý signál z jedného portu. Opravený a zosilnený signál však posiela všetkými ostatnými portami, ktorými disponuje. Táto skutočnosť zabraňuje vysielaniu všetkým ostatným pripojeným počítačom, ktoré sú nútené v danej chvíli počkať, inak by došlo ku kolízií signálov.

Pracuje na prvej vrstve OSI modelu, na bitovej úrovni. (SPURNÁ, 2010)



Obr. 1.5 Schematická značka rozbočovača, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems)

1.2.5.4 Most

Most (angl.: Bridge) je zariadenie pracujúce na druhej vrstve OSI modelu. V sieti je umiestňovaný tak, aby oddeľoval dve alebo viac skupín počítačov.

Podľa (SPURNÁ, 2010 s. 28) je most „zariadenie, ktoré dokáže oddelovať kolízne domény pomocou filtrovania prevádzky, ale všetky pripojené segmenty sú súčasťou jednej broadcast domény“.

Na začiatku jeho zapojenia do siete pracuje ako rozbočovač, neskôr je však schopný učiť sa aké počítače má na akom porte. To znamená, že ku každému portu je priradená MAC adresa počítačov v danom segmente. Takto si vytvára tabuľku MAC adries. Samotné rozhodovanie je prevádzané softvérovo. (SPURNÁ, 2010)



Obr. 1.6 Schematická značka mostu, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems)

1.2.5.5 Prepínač

Prepínač (angl.: Switch) je zariadenie pracujúce na druhej vrstve OSI modelu, schopné sa rozhodovať na základe MAC adresy. Na rozdiel od mostu je prepínanie rýchlejšie, výkonnejšie a je realizované hardvérovo.

Ku každému portu je pripojená len jedna kolízna doména a to zabezpečí, že kolízie na jednom segmente neobmedzujú prevádzku na ostatných segmentoch. Prepínač teda umožňuje pripojiť priamo koncové zariadenia alebo celé segmenty zariadení pripojených k inému prepínaču. (SPURNÁ, 2010)

Prepínač filtruje vysielanie typu unicast avšak nefiltruje vysielanie typu broadcast. Z toho vyplýva, že: „Všetky počítače a zariadenia pripojené na prepínač sú súčasťou jednej broadcast domény. (SPURNÁ, 2010 s. 29)



Obr. 1.7 Schematická značka prepínača, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems)

1.2.5.6 Smerovač

Smerovač (angl.: Router) je sieťové zariadenie pracujúce na tretej OSI modelu a na základe sieťovej adresy cieľového zariadenia rozhoduje kam dáta posielať. Taktiež oddeľuje rôzne siete. Smerovacia tabuľka je miestom, do ktorého smerovač ukladá hodnoty reprezentujúce najlepšie cesty do jemu známych sietí. Pomocou týchto hodnôt vyhodnocuje najlepšiu cestu k cieľu. (SPURNÁ, 2010)



Obr. 1.8 Schematická značka smerovača, ZDROJ: Prevzaté z (Cisco Systems)

1.2.6 Ethernetový rámec

Ethernetový rámec predstavuje skupinu bitov, ktorá vzniká počas procesu zapuzdrenia. Presnú podobu rámca definujú ethernetové štandardy. Najvýznamnejšia štruktúra je IEEE 802.3.



Obr. 1.9 Ethernetový rámec, ZDROJ: Upravené podľa (ODOM, 2005 s. 96)

Polia ethernetového rámca:

- Preambula (angl.: Preamble) sa používa pre časovú synchronizáciu pomalých asynchrónnych ethernetov (do 10 Mbps). Rýchle verzie ethernetu sú synchronne, avšak preambula sa v nich zachováva kvôli spätnej kompatibilite. Je tvorená siedmymi bajtmi, ktoré pozostávajú zo striedajúcich sa núl a jednotiek.
- Pole počiatkový rámcový oddeľovač (angl.: Start of Frame Delimiter), SFD umožňuje rozpoznať začiatok rámca. Jeho veľkosť je jeden bajt a je tvorený sekvenciou: 10101011.
- Pole cieľovej adresy (angl.: Destination Address) obsahuje fyzickú adresu, MAC adresu, cieľového zariadenia.
- Pole zdrojovej adresy (angl.: Source Address) obsahuje fyzickú adresu, MAC adresu, zariadenia, ktoré rámec posiela.
- Pole označené ako typ alebo dĺžka (angl.: Type/Length) oboje definujú dĺžku rámca, ktorá môže mať minimálne 64 B a maximálne 1518 B. Do tejto dĺžky sa nepočítajú prvé dve polia, teda preambula a SFD.
- Dátové pole ethernetového rámca 802.3 obsahuje rámec normy 802.2, ktorá zabezpečuje funkciu podvrstvy LLC. LLC rámec sa skladá z riadiaceho poľa a z polí DSAP a SSAP. DSAP (angl.: Destination Service Access Point) obsahuje

cieľovú adresu SAP. SSAP (angl.: Source Service Access Point) obsahuje zdrojovú adresu SAP.

- Posledným poľom je pole kontrolného súčtu, FCS (angl: Frame Check Sequence). Skladá sa zo štyroch bajtov, ktoré predstavujú kontrolný údaj. Cieľové zariadenie po prijatí správy vykoná vlastný výpočet. Výsledok výpočtu je porovnaný s FCS údajom. Ak sa hodnoty zhodujú správa pri prenose nebola poškodená. V prípade nezahody sa správa zahodí a cieľové zariadenie si vyžiada opätovné zaslanie správy. (SPURNÁ, 2010) (NOVÁK)

1.3 Brána

Brána (angl.: Gateway) je sieťové zariadenie pozostávajúce z určitého hardvéru a softvéru. Hlavnou funkciou brány je sprostredkovať komunikáciu medzi koncovými stanicami prepojenými prostredníctvom sietí, ktoré využívajú rozdielne architektúry a protokoly. Znamená to, že brána vykonáva tzv. konverziu, preklad, rozdielnych protokolov. Brána predstavuje protokolový konvertor schopný operovať v rámci akejkoľvek vrstvy OSI modelu.

Funkcia brány je vďaka schopnosti konverzie oveľa komplexnejšia ako pri ostatných sieťových zariadeniach ako sú napríklad smerovač alebo prepínač. Brány sú delené do rôznych kategórií na základe funkcií, ktoré musia v danej aplikácii zastrešovať. (ZHANG, 2010)

1.3.1 Hlavné funkcie brány

- Tunelovanie dát je v praxi bežne využívanou technikou umožňujúcou prenos dát cez inak nekompatibilné siete. Princíp tunelovania dát spočíva v zamaskovaní dátového paketu, protokolu, ktorý je potrebné preniesť do nekompatibilnej siete. To je vykonané zapuzdrením dátového paketu do rámca, ktorý je kompatibilný s prenosovou sieťou. Týmto sa zachová pôvodný tvar a formátovanie zapuzdreného paketu, ktorý predstavuje dátové pole rámca. Keď prenášaný rámec dosiahne cieľové zariadenie je rozbalený, čo znamená, že dáta potrebné pre prenos boli

odstránené a zostalo len dátové pole tohto rámca. Tunelovanie dát sa preto používa k prekonaniu firewallov, ktoré by inak blokovali prístup do súkromných sietí.

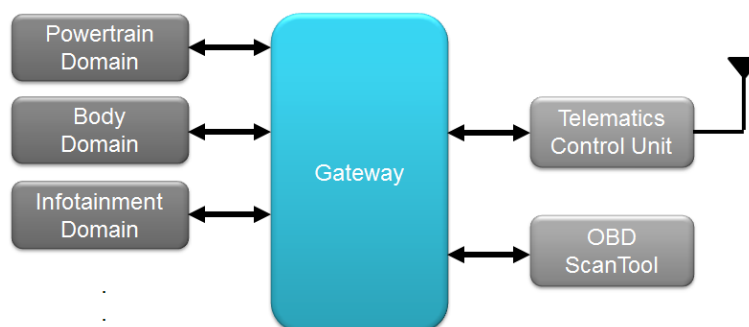
- Prispôsobenie formátu rozdielnych rámcov umožňuje priamo spolupracovať rozdielnym sieťam využívajúcim rozdielne štruktúry rámcov a rozdielne mechanizmy prístupu k médiám. Pre túto funkciu sa používa súčasná generácia multiprotokolových prepínačov, ktoré disponujú vysokou rýchlosťou prenosu dát. Tie fungujú ako brána vykonávajúca konverziu protokolov druhej vrstvy OSI modelu, čo umožňuje priebežný preklad rozdielnych rámcových štruktúr.
- Prispôsobenie rozdielnej prenosovej rýchlosti vyžaduje použitie vyrovnávacej pamäte, vďaka nej je sieťové zariadenie schopné sa vysporiadať s rozdielnou prenosovou rýchlosťou. To je dôvodom, prečo sa vyrovnávacia pamäť používa aj v bráne, kde sú prichádzajúce a odchádzajúce pakety príliš dlhé na to, aby brána bola schopná včas určiť, ktoré povolenie pre daný paket z prístupového zoznamu použiť, a či vôbec. (ZHANG, 2010)

1.3.2 Kategórie brán

- Protokolová brána (angl.: Protocol Gateway) jej hlavnou funkciou je konverzia rozdielnych protokolov. Pri konverzií sa využíva pamäť brán ako dočasné úložisko. Dáta zo zariadení, ktoré sú v sérii s bránou sú mapované do lokálnej pamäte brány.
- Aplikačná brána (angl.: Application Gateway) jej funkciou je akceptovanie vstupných dát v určitom formáte, ďalej ich brána preloží a posiela tieto dáta už v novom formáte na svoj výstup.
- Bezpečnostná brána (angl.: Security Gateway) zabezpečuje funkciu firewallu a to vďaka unikátnej globálnej adrese brány. Uplatňuje sa pri tom technika prekladu sieťových adries. Dátové pakety vstupujúce do lokálnej siete alebo opúšťajúce lokálnu sieť sú preverované alebo filtrované. Vďaka tomu je súkromná, lokálna sieť zabezpečená pri jej prepojení s verejnou sieťou. (ZHANG, 2010)

1.3.3 Automobilová brána

Automobilová sieť využíva rôzne typy protokolov ako CAN, LIN, FlexRay, MOST a Ethernet na komunikáciu medzi jednotlivými riadiacimi jednotkami. Automobilová brána tvorí dôležitú časť tejto siete, premostňuje komunikáciu medzi doménami. Riadiace jednotky tak môžu komunikovať a vymieňať si dáta aj napriek rozličným protokolom. (LOTHAMER, 2017)



Obr. 1.10 Príklad konfigurácie automobilovej siete s bránou, ZDROJ: Prevzaté z (LOTHAMER, 2017)

1.3.4 Základné komponenty brány

Brána v podstate predstavuje štandardný počítač so špeciálnou funkcionalitou. Brána sa skladá z rovnakých základných hardvérových komponentov ako má štandardný počítač. Hlavným rozdielom v porovnaní s počítačom je to, že brána pracuje na základe aplikačného softvéru vykonávajúceho špecializované úlohy ako sú konverzia sieťových protokolov, zladenie rozdielnych rýchlostí prenosu a kontrolovanie výmeny dát medzi sieťami. (ZHANG, 2010)

1.4 Automobilové zbernice

Domény automobilovej siete sú rozdelené do funkčných skupín na základe toho aký systém v automobile obsluhujú. Medzi základné domény v automobilovej sieti

patria domény pohonu, podvozku, komfortu, asistenčných systémov a doména multimédií a telematiky. (Ixia Technologies, 2014)

Každá doména musí spĺňať odlišné požiadavky, preto aj zbernice, ktoré domény využívajú sa líšia parametrami alebo typom. Zbernice sú rozdelené do skupín, každá skupina reprezentuje odlišné parametre, pozri tabuľku (Tab. 1.3). (REIF, 2015)

Tab. 1.3 Triedy zbernic používaných v automobilovej sieti, ZDROJ: Upravené podľa (REIF, 2015 s. 59)

	Trieda A	Trieda B	Trieda C	Trieda C+	Trieda D
Prenosová rýchlosť	Nízka do 10kb/s	Do 125 kb/s	Do 1 Mb/s	Do 10 Mb/s	Viac ako 10 Mb/s
Použitie	Aktuátory a senzory	Riadiace jednotky komfortnej elektroniky	Aplikácie pracujúce v reálnom čase, riadiaca jednotka motora	Aplikácie pracujúce v reálnom čase, riadiaca jednotka prevodovky	Telematické a multimediálne aplikácie
Typ komunikácie	LIN	Pomalý CAN	Vysokorýchlostný CAN	FlexRay	MOST

1.4.1 Metódy prístupu ku zbernici

Na odoslanie správy z uzla je potrebné, aby daný uzol mal prístup k zbernici. Dvomi základnými metódami prístupu sú prediktívna a náhodná. Prediktívna metóda rozhoduje o prístupe na zbernicu pomocou časovej závislosti siete, kde len jeden účastník má prístup k sieti. V náhodnej metóde môže pristupovať ktorýkoľvek uzol ak sa zdá, že sieť je voľná. Táto metóda zvyšuje výskyt kolízií v sieti, preto je potrebné ju vybaviť potrebným softvérom s algoritmom ako je napríklad CSMA/CD. Okrem týchto metód sa rozlišujú ďalšie metódy prístupu zaoberajúce sa prioritou prístupu, a to sú časovo delený viacnásobný prístup (TDMA), Master-slave a Multimaster.

Metóda viacnásobného prístupu ku zbernici, TDMA (angl.: Time Division Multiple Access) je prediktívna metóda, kde jednotlivé uzly majú presne stanovený časový interval, počas ktorého môžu vysielat'. Neexistuje tu užívateľ, ktorý by komunikáciu kontroloval. Kládne sa tu veľký dôraz na časovú synchronizáciu.

Master-slave metóda využíva hierarchiu uzlov, jeden uzol sa označuje ako hlavný (angl.: Master), ostatné hlavnému uzlu podriadené uzly, sa označujú ako posluhujúce (angl.: Slave). Hlavný uzol riadi komunikáciu prostredníctvom zisťovania stavu jemu podriadených uzlov.

Multimaster metóda definuje sieť, kde je viacero uzlov hlavných, tie môžu nezávisle pristupovať ku zbernici, ak sa javí ako voľná. Prístup ku zbernici je riadený prostredníctvom priority prístupu, to znamená, že v prípade potreby vysielania viacerých sieťových uzlov súčasne, vysielala najskôr ten s vyššou prioritou. (REIF, 2015)

1.4.2 CAN – Controller Area Network

CAN je sériová zbernica, vyvinutá spoločnosťou Robert Bosch GmbH. Oficiálne bola predstavená v roku 1986, avšak do masovej produkcie sa dostala až v roku 1991, kedy Mercedes – Benz začal aplikovať tento typ zbernice v jednom zo svojich automobilov. Tým sa CAN zbernica stala štandardom nie len v automobilovom priemysle, ale taktiež našla uplatnenie na poli automatizácie. Príčinou veľkého rozmachu tohto typu zbernice je predovšetkým jej šumová odolnosť, nízka cena a hlavne rýchlosť a spoľahlivosť prenosu dát. (REIF, 2015)

1.4.2.1 Štandardizácia CAN komunikácie

CAN komunikácia bola štandardizovaná v roku 1994 a je popísaná štyrmi ISO štandardami. ISO 11898 – 1 definuje udalosťami podmienenú komunikáciu. Ďalej popisuje CAN protokol, ktorý je obsiahnutý v dvoch vrstvách modelu ISO/OSI a to vo fyzickej a linkovej vrstve. Štandardy ISO 11898-2 a ISO 11898-3 definujú formu fyzickej vrstvy, konkrétne pripojenie k fyzickému médiu a špecifikáciu fyzického média. ISO 11898-3 definuje pomalý CAN s prenosovou rýchlosťou do 125kb/s. ISO 11898-2 disponuje prenosovou rýchlosťou do 1Mb/s. ISO 11898-4 definuje linkovú vrstvu rozšírenú o časovo spúštanú komunikáciu (angl.: Time-triggered Communication). (Vector Informatik GmbH, 2018)

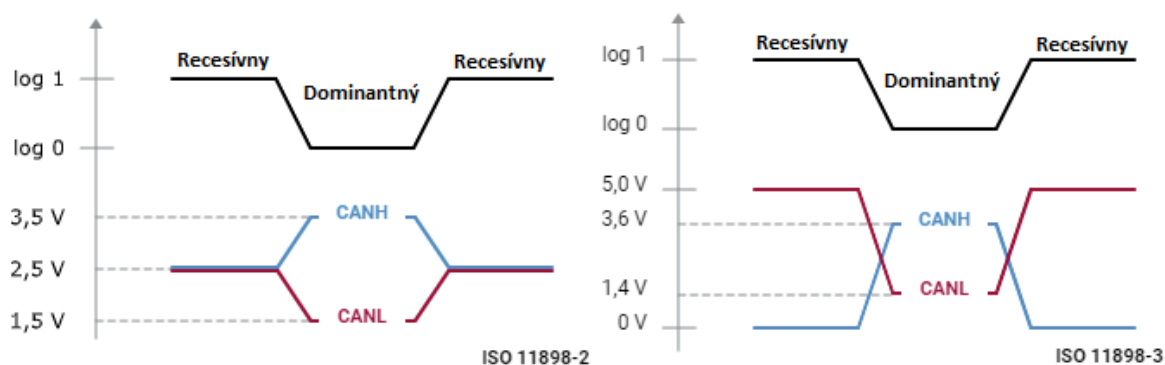
1.4.2.2 Zbernica CAN

Prenos signálu CAN zbernicou je založený na princípe prenosu rozdielového napätia. Prenosové médium sa skladá z dvoch liniek, a to sú CAN_H a CAN_L. Tieto linky tvoria tzv. krútenú dvojlinku, väčšinou sa používa netienená krútená dvojlinka, tzv. UTP kábel.

Spletením oboch liniek a vedením opačného elektrického signálu v nich sa zabezpečí, že vplyv elektromagnetického rušenia na prenášaný signál bude v jednom okamihu na obe vedenia rovnaký. Z toho vyplýva, že elektromagnetické rušenie sa na výslednej diferencii neprejaví, pretože ostane napriek vplyvu rušenia nezmenená. (REIF, 2015)

Norma ISO 11898-2 definuje CAN zbernicu vybavenú ukončovacími odpormi s hodnotou 120 ohmov. Dané odpory slúžia na eliminovanie odrazu signálu na zbernici, vplyv odrazu narastá s vyššími prenosovými rýchlosťami a rozširovaním zbernice. ISO 11898-3 nešpecifikuje žiadne ukončovacie odpory, je to kvôli malej prenosovej rýchlosti. (Vector Informatik GmbH, 2018)

Napät'ové úrovne signálu na prenosovom médiu sú definované normami ISO 11898-2 a 11898-3. Teda vysokorýchlostný CAN má rozdielne napät'ové úrovne ako má pomalý CAN.

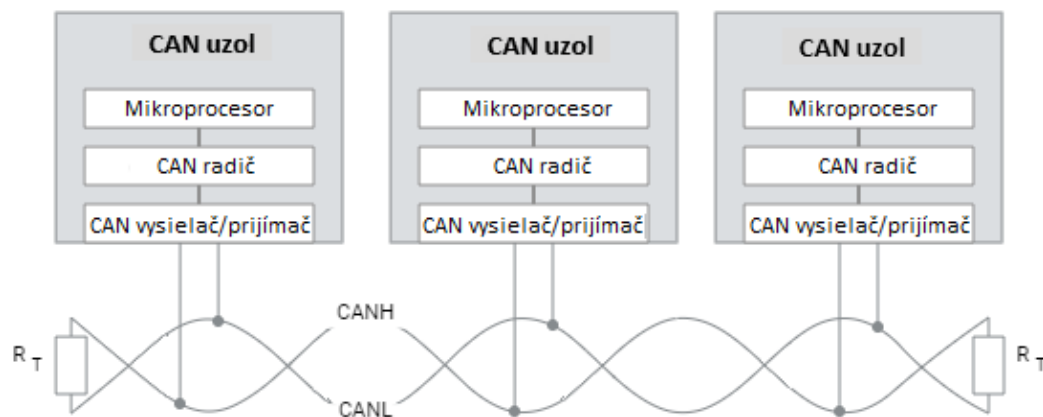


Obr. 1.11 Logické úrovne a im zodpovedajúce hodnoty napätia pre pomalý a vysokorýchlostný CAN, ZDROJ: Upravené podľa (Vector Informatik GmbH, 2018)

Vysokorýchlostný CAN 11898-2 definuje dva stavy dominantný a recesívny. Dominantný stav odpovedá stavu logickej nuly, pričom rozdielové napätie by malo byť 2V. Recesívny stav odpovedá logickej jednotke, pričom rozdielové napätie by malo byť 0V. V praxi rozdielové napätie nad 0.9V zodpovedá stavu dominantnému a rozdielové napätie menšie ako 0.5V zodpovedá stavu recesívnemu. Pomalý CAN 11898-3 taktiež definuje dominantný a recesívny stav. Dominantný stav zodpovedá stavu logickej nuly s rozdielovým napätím približne 2V. Recesívny stav zodpovedá logickej jednotke a rozdielovému napätiu 5V. (Vector Informatik GmbH, 2018)

1.4.2.3 Sieťový uzol

Riadiaca jednotka potrebuje pre komunikáciu v sieti CAN rozhranie, ktoré zahŕňa radič, vysielateľ a mikroprocesor obsahujúci aplikačný softvér.



Obr. 1.12 Komunikačná sieť s CAN zbernicou a sieťovými uzlami, ZDROJ:

Upravené podľa (Vector Informatik GmbH, 2018)

Radič CAN (angl.: CAN Controller) je realizovaný ako samostatný komponent, ktorý je využívaný mikroprocesorom ako pamäťový čip. Daný variant dosahuje lepšiu flexibilitu, väčšiu rýchlosť a spoľahlivosť komunikácie medzi mikroprocesorom a radičom. Radič dostáva od mikroprocesora v riadiacej jednotke dáta, ktoré majú byť odoslané. Radič na základe prijatých dát generuje rámec so všetkými potrebnými

poľami, vytvára tzv. bitový tok (angl.: Bit Stream), bitový tok odovzdáva ďalej do CAN vysielача. Radič je schopný simultánne prijímať dáta od vysielача, ktoré pripravuje a odovzdáva ďalej do mikropočítača v riadiacej jednotke.

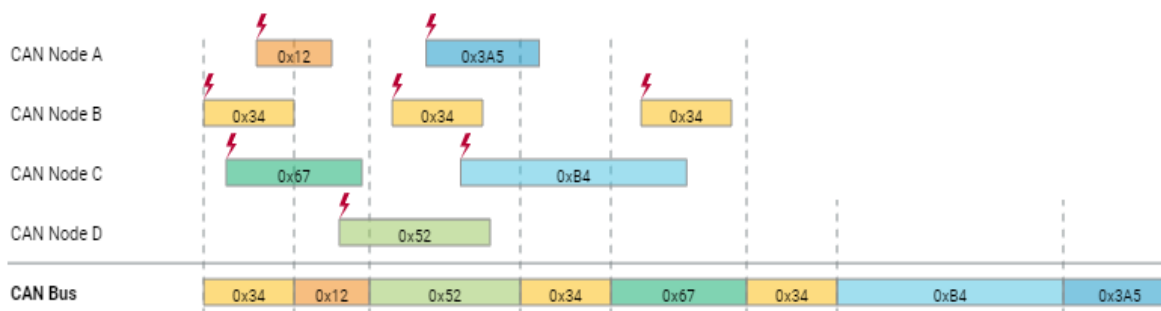
Vysielач CAN (angl.: CAN Transceiver) je vysielачom (angl.: Transmitter) aj prijímačom (angl.: Receiver) v jednom. Mení dáta radiča CAN na elektrické signály, generuje také napätové úrovne, ktoré zodpovedajú diferencii signálov na CAN_H a CAN_L. Podobne prijíma elektrické signály, ktoré mení na dáta pre radič. (Vector Informatik GmbH, 2018)

1.4.2.4 CAN komunikácia

CAN sieť má implementovanú tzv. multi-master architektúru a zbernicovú topológiu, kde každý sieťový uzol je oprávnený posielat' CAN správy na zbernicu. Samotné poslanie CAN správy je podmienené určitou udalosťou, čiže sa jedná o tzv. udalosťami riadenú (angl.: Event-driven) komunikáciu. Zbernica CAN využíva decentralizovaný prístup ku zbernici, kedy každá aplikácia má vlastný sieťový uzol, teda komunikačný systém viacerých aplikácií nezávisí len na jednom sieťovom uzle. Zbernica CAN používa vysielanie typu broadcast, pre daný typ vysielania sa používa adresovanie s orientáciou na správu. Správy sú identifikované na základe ich obsahu, každá správa nesie so sebou identifikátor, ktorý je predefinovaný pre daný typ správy. (Vector Informatik GmbH, 2018)

Sieťové uzly zbernice CAN používajú pre prístup na zbernicu kombináciu algoritmov CSMA/CD a AMP. CSMA spôsobí, že každý uzol na zbernici musí nečinne čakať určitý čas pred tým ako odošle správu. Kombinácia CD a AMP znamená, že kolízie na zbernici sú riešené prostredníctvom bitovej arbitráže založenej na prioritě správy. Každá správa obsahuje pole identifikátora určujúce jej prioritu. Správa s najvyššou prioritou získava prístup na zbernicu. Identifikátor pozostávajúci z núl má najvyššiu prioritu, teda čím menšia binárna hodnota tým vyššia priorita. Daná kombinácia algoritmov umožňuje veľmi rýchly prístup na zbernicu, čo predurčuje CAN komunikáciu pre aplikácie pracujúce v reálnom čase. (CORRIGAN, 2002)

Proces arbitráže je možné popísať z obrázku (Obr. 1.13), kde najprv začína vysielateľ uzol B, avšak počas vysielania uzla B chcú vysielateľ aj uzly A a C. Oba uzly musia počkať kým uzol B prestane vysielateľ. Po uvoľnení zbernice uzly A a C začnú vysielateľ simultánne, preto musí nastať arbitráž. Proces arbitráže je automaticky ovládaný radičom CAN. Každý uzol monitoruje okrem stavu zbernice aj vlastné vysielanie, preto uzol C je schopný detegovať, že stav na zbernici sa nezhoduje s bitom, ktorý poslal. Je to tak preto, lebo recesívny bit uzla C bol prepísaný dominantným bitom uzla A, ktorý poslal správu s vyššou prioritou. Výsledkom arbitráže je vysielanie uzla A a čakanie uzla C. (CORRIGAN, 2002)



Obr. 1.13 Proces arbitráže prístupu na CAN zbernicu, ZDROJ: Upravené podľa (Vector Informatik GmbH, 2018)

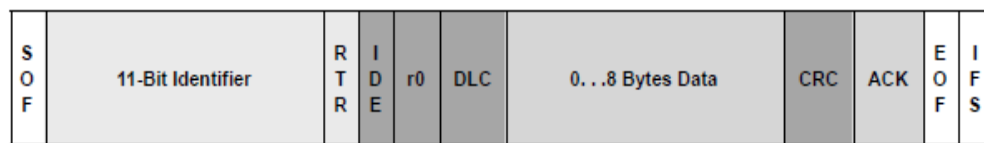
1.4.2.5 Typy rámcov

Prenos správy zbernicou zabezpečujú tzv. rámce. Existuje niekoľko typov a formátovaní týchto rámcov, tie budú popísané v tejto kapitole.

Na zbernici CAN sa používajú štyri typy rámcov a to sú dátový rámec, diaľkový rámec, chybový rámec a rámec preťaženia. Korektnosť prijatej správy indikuje posledný bit poľa EOF, ktorý recesívnym stavom vyjadruje bezchybnosť prijatej správy, ak je v stave dominantnom, vysielateľ opakuje prenos správy.

Dátový rámec (angl.: Data Frame) je najbežnejší typ správy, ktorý je určený pre prenos dát CAN zbernicou. Stavba dátového rámca pozostáva z tzv. polí a to sú pole arbitráže, dátové pole, CRC pole a potvrdzovacie pole. Pole arbitráže určuje prioritu správy.

CAN protokol podporuje dve základné formátovania podľa arbitráže a to CAN 2.0 A a CAN 2.0 B. Hlavným rozdielom medzi nimi je bitová dĺžka podľa identifikátora, pre CAN 2.0 A je 11 bitový a pre CAN 2.0 B je 29 bitový, pričom je rozdelený na dve časti. Oboje formáty sú vzájomne kompatibilné a môžu byť používané na rovnakej sieti. CAN 2.0 A sa označuje ako štandardný formát s maximálnou bitovou dĺžkou 130 bitov. CAN 2.0 B sa označuje ako rozšírený formát s bitovou dĺžkou 150 bitov. (CORRIGAN, 2002)



Obr. 1.14 CAN dátový rámec so štandardným 11-bitovým identifikátorom, ZDROJ: Prevzaté z (CORRIGAN, 2002 s. 3)

Bitové polia dátového rámca:

- **SOF** označuje pole začiatku rámca (angl.: Start of Frame), tvorí ho jeden bit, ktorý je vždy v dominantnom stave. Toto pole sa používa na synchronizáciu uzlov na zbernici po jej nečinnosti.
- **Identifikátor** (angl.: Identifier) je pole, v ktorom je implementovaná priorita správy.
- **RTR** označuje pole žiadosti o vzdialený prenos dát (angl.: Remote Transmission Request), disponuje jedným bitom. Informuje príjemcu správy o type rámca teda, či bude dátový alebo diaľkový. Dátový rámec je reprezentovaný stavom dominantným.
- **IDE** označuje pole identifikátora rozšíreného formátu (angl.: Identifier Extension Bit), informuje, či je daný rámec v štandardnom alebo rozšírenom formáte. Ak je v stave dominantnom, je vysielaný štandardný CAN formát.
- **r0** označuje pole rezervovaného bitu pre budúce použitie.
- **DLC** označuje pole dátovej dĺžky kódu (angl.: Data Length Code). Disponuje 4 bitmi, ktoré informujú o počte vysielaných bytov.
- **Dátové pole** (angl.: Data Field) obsahuje 64 bitov aplikačných dát.

- **CRC** označuje kontrolné pole (angl.: Cyclic Redundancy Check) disponujúce 16 bitmi. V nich je obsiahnutá informácia o počte poslaných bitov, vďaka nej môže príjemca vykonať kontrolný súčet, ktorý deteguje, či nedošlo počas prenosu ku chybe.
- **ACK** označuje potvrdzovacie pole (angl.: Acknowledgement) pozostávajúce z dvojice bitov, pričom jeden je potvrdzovací bit a druhý je oddeľovací bit. Potvrdzovací bit je v origináli prijatej správy vždy recesívny. Každý uzol, ktorý prijal správu bez poškodenia prepíše tento bit na dominantný. Ak bola prijatá správa poškodená, uzol ponechá bit recesívnym a správu zahadzuje. Odosielajúci uzol opakuje odoslanie správy po spätnej kontrole. Týmto spôsobom každý uzol potvrdí integritu svojich dát.
- **EOF** označuje pole ukončenia rámca (angl.: End of Frame) pozostáva zo siedmich bitov indikujúcich ukončenie CAN správy. Deaktivuje funkciu umiestňovania bitov (angl.: Bit-stuffing), keď je v dominantnom stave indikuje chybu umiestňovania bitov (angl.: Stuffing Error).
- **IFS** označuje pole medzirámcového priestoru (angl.: Interframe Space), pozostáva zo siedmich bitov. Obsahuje informáciu o čase, ktorý je potrebný pre radič na to, aby presunul správne prijatú správu do tzv. buffer pamäte pre správy.

V prípade rozšíreného formátu je rámec rozšírení o tieto polia:

- **SRR** označuje bit náhrady žiadosti o vzdialený prenos dát (angl.: Substitute Remote Request), daný bit zastupuje RTR bit na jeho mieste v štandardnom formáte správy.
- **IDE** je v prípade rozšíreného formátu v stave recesívnom. Po tomto poli nasleduje druhé pole identifikátora, ktoré je 18 bitové.
- **r1** bit nasleduje po bite r0, pričom majú rovnakú funkcionálnu. (CORRIGAN, 2002)

Úlohou diaľkového rámca (angl. Remote Frame) je vyžiadať prenos dátového rámca od iného uzla, dátového zdroja. Podoba diaľkového rámca je až na dva rozdiely zhodná s dátovým rámcom. Prvým hlavným rozdielom je označenie diaľkového rámca RTR bitom, ktorý je recesívny. Druhý rozdiel je, že diaľkový rámec nenesie so sebou dáta.

Chybový rámec (angl.: Error Frame) je špeciálny typ správy, ktorá porušuje pravidlá formátovania CAN správy. V prípade detegovania poškodenej správy uzlom je tento rámec vysielaný, čo spôsobí, že všetky ostatné uzly v sieti posielajú chybový rámec. Chybový rámec sa dostáva k pôvodnému zdroju, vysielaču chybnej správy, ten potom automaticky preposiela správu. Radič CAN disponuje prepracovaným systémom počítadla chybových rámcov, čo zabezpečí, že uzol nepreťaží zbernicu opakovaným vysielaním chybových rámcov.

Rámec preťaženia (angl.: Overload Frame) je podobný formátu chybového rámcu. Je vysielaný uzlom v prípade jeho preťaženia, čo zabezpečí väčšie oneskorenie medzi správami. (CORRIGAN, 2002)

1.4.3 Automobilový ethernet

Automobilový ethernet je definovaný ako fyzická sieť využívajúca sieť káblov na prepojenie určitých komponentov v aute. Je navrhnutý tak, aby dokázal splniť všetky požiadavky pre použitie v automobiloch a to vrátane odolnosti voči elektromagnetickému rušeniu požiadaviek na šírku pásma, synchronizáciu a sieťový manažment. Normy IEEE 802.3 a 802.1 sú schopné definovať ethernet vyhovujúci spomenutým požiadavkám a umožňujú použiť sieť ethernet v automobile. (Ixia Technologies, 2014)

Vývoj automobilov je sprevádzaný neustálym pribúdaním nových funkcií, ktoré robia jazdu bezpečnejšiu, komfortnejšiu a ekologickejšiu. Moderné systémy ako je infotainment, multimedialne technológie, zariadenia pripojiteľné na sieť Internet, asistenčné systémy s prvkami autonómnej jazdy, všetky spomenuté systémy potrebujú novú komunikačnú sieť, schopnú pracovať s minimálnou latenciou a dostatočne veľkou šírkou prenášaného pásma.

Paralelne s vývojom automobilov prebiehal aj vývoj ethernetu. Ethernet sa etabloval ako flexibilná a škálovateľná sieťová technológia na poli komunikačných systémov. Hlavnou výhodou ethernetu je jeho kompatibilita s veľkým množstvom fyzických médií, ktoré umožňujú jeho použitie vo vozidlách. Pretože fyzické média sú protokolovo neutrálne, môžu byť rôzne prenosové technológie ľahko adaptovateľné pre

použitie v automobiloch. Z dlhodobého hľadiska je ethernet neodmysliteľnou súčasťou pre budúce platformy vozidiel. (Vector Informatik GmbH, 2018)

1.4.3.1 Fyzická vrstva automobilového ethernetu

Fyzická vrstva ethernetu používa skratku PHY a označuje zariadenie v riadiacej jednotke, ktoré prepája prenosové médium s ethernet radičom (angl.: Ethernet Controller). V automobilových aplikáciách sa používajú tri fyzické verzie ethernetu a to IEEE 100BASE-T1, 100BASE – TX a 1000BASE – T.

- IEEE 100 BASE – T1 (OABR)

OABR (Open Alliance BroadR-Reach) definuje fyzickú podobu prenosovej technológie, ktorá bola vyvinutá spoločnosťou Broadcom a štandardizovaná ako IEEE 100BASE-T1. Prenosové médium je realizované krútenou dvojlinkou prenášajúcou symetrické rozdielové napätie. Pre kódovanie a dekódovanie správ sa používajú tzv. symboly a na ich generovanie sa používajú metódy ako 4B3B, 3B2T a PAM3. Dané metódy sú integrované do riadiacich jednotiek v podobe vyhradených PHY blokov. Symboly sú reprezentované napäťovými úrovňami, ktoré vytvára zdrojové zariadenie. Prijímajúce zariadenie tok symbolov dekóduje, a tak získa pôvodné bity.



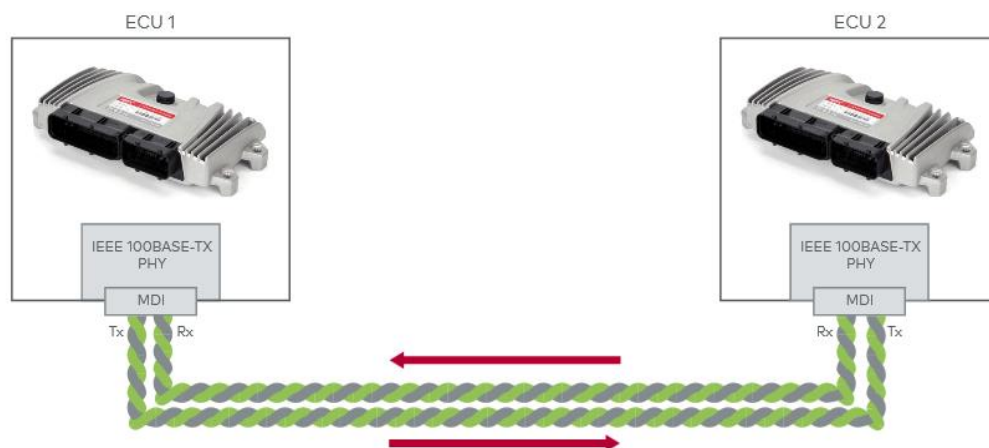
Obr. 1.15 Spojenie fyzickou vrstvou typu IEEE 100 BASE – T1, ZDROJ: Prevzaté z (Vector Informatik GmbH, 2018)

100 BASE – T1 používa topológiu dvojbodového spojenia (angl.: Point to Point), kde vždy len dva uzly sú spojené k jednej linke, vedeniu. V prípade potreby prepojenia viac ako dvoch uzlov sa používa väzobný člen, ktorý je realizovaný prepínačom (angl.: Switch) umožňujúcim vytvoriť viacero fyzický pripojení. Taktiež môže nezávisle posielat' správy z vetvy do vetvy.

Plný duplex umožňuje simultánne vysielanie dvoch uzlov jedným komunikačným kanálom. Zdrojový uzol vysielá vlastné rozdielové napätie. Ak súčasne požaduje priat' rozdielové napätie z iného uzla, tak to získa odčítaním ním vysielaného rozdielového napätia od celkového napätia na prenosovom médiu. Výsledok odčítania korešponduje s rozdielovým napätím druhého uzla. Tento princíp sa používa ako metóda potlačenia ozveny (angl.: Echo Cancellation), ktorú využívajú aj iné ethernet systémy.

Synchronizácia dvojice uzlov slúži na rozpoznanie začiatku nového symbolu, podľa toho sa rozhodne, či uzol pripočíta, alebo odčíta rozdielové napätie. Jeden uzol z dvojice je hlavný (angl.: Master) a druhý je posluhujúci uzol (angl.: Slave). Hlavný uzol generuje spojitý symbolový tok, čím sa synchronizuje s posluhujúcim uzlom, ktorý zosynchronizuje frekvenciu svojich hodín s frekvenciou hodín hlavného uzla. Pozícia uzla je konfigurovaná softvérom mikropočítača. (Vector Informatik GmbH, 2018)

- IEEE 100BASE – TX



Obr. 1.16 Spojenie fyzickou vrstvou typu IEEE 100 BASE – TX, ZDROJ: Prevzaté z (Vector Informatik GmbH, 2018)

Daná verzia ethernetu vyžaduje použitie dvoch komunikačných kanálov, pretože podporuje len prenos dát typu simplex alebo polovičný duplex. Dvojica kanálov umožňuje posielat' dáta obojsmerne, pričom uzol využíva jeden kanál na posielanie dát a druhý na prijímanie dát. Prenosovým médiom je krútená dvojlinka, ktorou sa prenáša symetrické rozdielové napätie. Kódovanie dát je realizované pomocou symbolov s využitím metód NRZI, 4B5B a MLT-3.

100BASE – TX využíva rovnakú topológiu ako 100BASE – T1. (Vector Informatik GmbH, 2018)

- IEEE 1000BASE – T

Jedná sa o verziu ethernetu využívajúcu štyri komunikačné kanály, pričom každý je realizovaný jednou krútenou dvojlinkou. Kanálmi sa prenáša symetrické rozdielové napätie. Kódovanie dát je realizované pomocou symbolov s využitím metód 8B1Q4, Trellis, Viterbi a PAM5.

Rovnako ako 100BASE – T1 aj 1000BASE – T využíva tzv. plný duplex a metódu PAM5. Daná technológia umožňuje uzlom prijímať a vysielat' na štyroch kanáloch súčasne. Taktiež tieto dve verzie zdieľajú princíp synchronizácie, topológiu a metódu pričítania a odčítania hodnoty rozdielového napätia. (Vector Informatik GmbH, 2018)



Obr. 1.17 Spojenie fyzickou vrstvou typu IEEE 1000 BASE – T, ZDROJ: Prevzaté z (Vector Informatik GmbH, 2018)

1.5 Diskusia k teoretickej časti

V tejto časti práce by som chcel poukázať na dôležité témy, ktoré úzko súvisia s témou mojej bakalárskej práce. Vzhľadom na obmedzený rozsah práce sme po dohode so školiteľom vylúčili v teoretickej časti niektoré témy, avšak pre pochopenie problematiky bolo nevyhnutné ich preskúmanie a naštudovanie.

Na základe vyššie spomenutého išlo o vylúčenie tém ako sú princíp práce počítačovej siete, kabeláž a topológiu siete. V nadväznosti na popis fungovania ethernetovej komunikácie na základe vrstiev, by bolo vhodné rovnako popísať typy signálov na prenosovom médiu, ako sú NRZ a tzv. Manchesterské kódovanie, kategórie káblov a ich podrobnejšie popísanie a časovanie ethernetovej komunikácie.

V oblasti automobilových sietí som si prostredníctvom zdrojov (SOMMER, a iní, 2015 s. 13-15) dostal k témam, ako sú samotná automobilová sieť, konkrétne princíp funkcie, požiadavky a realizovanie komunikácie. Rovnako som si naštudoval problematiku v oblasti automobilových sietí a to typy zberníc používaných v automobilovej sieti, avšak v bakalárskej práci som sa zameral na tie, s ktorými budem pracovať v praktickej časti bakalárskej práce. Poslúžil mi na to nasledujúci zdroj : (SOMMER, a iní, 2015 s. 21-32).

2 ANALÝZA IMPLEMENTÁCIE ETHERNETU V AUTOMOBILOVEJ SIETI

2.1 Analýza vývoja automobilového ethernetu

Podľa článku (SCHWARTZBERG, 2019) automobilový ethernet vznikol na základe potreby vytvorenia flexibilnej siete, disponujúcej veľkou šírkou pásma s dostatočnou škálovateľnosťou. Vznikla tak sieť schopná zabezpečiť fungovanie moderného infotainmentu, systémov ADAS, systému autonómneho vozidla, a taktiež umožnila zjednotiť senzory pre viaceré systémy. Automobilový ethernet bol prvýkrát predstavený v roku 2008 a využíval ho systém palubnej diagnostiky.

Ethernet v automobile aj napriek značným výhodám nie je vždy najvhodnejším riešením. Automobilový ethernet musí a bude musieť čeliť, týmto trom kľúčovým výzvam:

- S multigigabitovým prenosom dát vo vozidle sa počíta v blízkom časovom horizonte, avšak z dlhodobého hľadiska sa predpokladá s rýchlosťami presahujúcimi 100 Gbps.
- Elektromagnetická kompatibilita, odolnosť a spoľahlivosť ethernetu v rušivom prostredí automobilu.
- Lacná a ľahká kabeláž kompatibilná s väčšinou zariadení v automobile, ktorá by tvorila optimalizovateľnú a cenovo efektívnu architektúru. (SCHWARTZBERG, 2019)

2.1.1 Generácie automobilového ethernetu

2.1.1.1 1. generácia: IP diagnostika

Celkom prvá aplikácia ethernetu v automobilovom priemysle slúžila na palubnú diagnostiku OBD a na aktualizáciu flash pamäte riadiacich jednotiek. Pre túto aplikáciu bol vybraný Ethernet typu 100Base-TX s káblom kategórie 5 prepájajúcim vozidlo a diagnostický nástroj. Štandardy ISO 13400 a ISO 14229 využívali existujúce

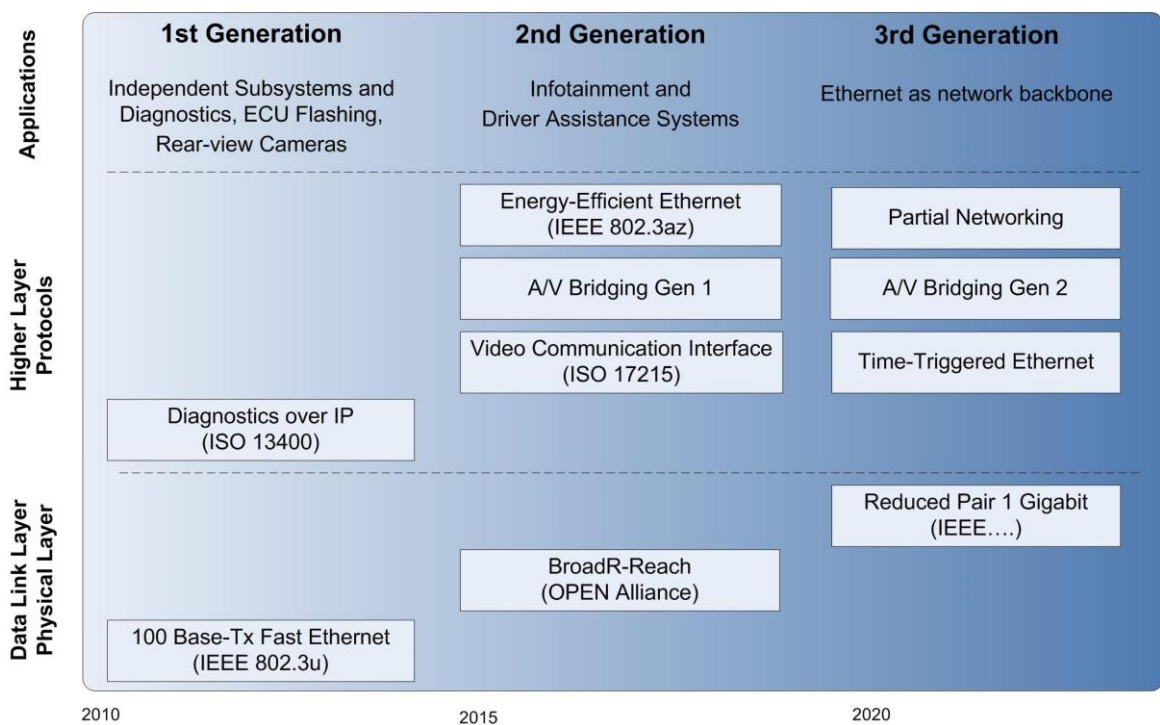
priemyselne štandardy a definovali tak z dlhodobého hľadiska stabilný diagnostický štandard. (HANK, a iní, 2012)

2.1.1.2 2. generácia: Asistenčné systémy

Druhá generácia automobilového ethernetu bola vyvinutá pre aplikácie modernejšieho infotainmentu a asistenčných systémov vodiča. Táto generácia priniesla použitie novej fyzickej vrstvy a nových protokolov, štandardov vyšších vrstiev.

Fyzická vrstva druhej generácie využíva prepojenie káblom s jedným párom vodičov nazývaným aj OPEN prepojenie (angl.: One Pair Ethernet Alliance).

Dnešné automobily sú bežne vybavené kamerovým systémom minimálne s jednou zadnou kamerou, kde je postačujúca technológia LVDS pre prenos video dát. Avšak najmodernejšie asistenčné systémy vodiča sú schopné zobrazit' okolie vozidla, na čo využívajú skupinu kamier a taktiež zlučujú zaznamenané dáta z radaru. Norma ISO 17215 štandardizuje komunikačné protokoly a fyzickú vrstvu pre video komunikačné rozhranie pre kamery.



Obr. 2.1 Plán vývoja ethernetu, generácie vrstvy, ZDROJ: Prevzaté z (HANK, a iní, 2012)

Na prepojenie medzi jednotlivými kamerami a centrálnou riadiacou jednotkou sa využíva tzv. spínaný ethernet. Použitý ethernet je definovaný štandardom IEEE 802.3az, ktorý popisuje činnosť energeticky efektívne pracujúceho ethernetu (angl.: Energy-Efficient Ethernet). Spôsob úspory energie spočíva v nečinnosti siete a jej využívaní len v prípade potreby použitia kamerového systému. Ďalšou výhodou tohto štandardu je funkcia napájania jednotlivých kamier skrz fyzické médiu ethernetu (angl.: Power over Ethernet). To značne redukuje kabeľáž siete, a tak znižuje náklady.

Automobilový ethernet podporuje moderný, škálovateľný infotainment využívajúci AVB štandard. Prvá generácia audio/video premostenia je schopná realizovať synchronizovaný prenos audio a video dát s garantovaným oneskorením.

Protokoly IEEE 802.1 AS, QAT, QAV a BA popisujú časovanie a synchronizáciu, rezerváciu toku, zasielanie a radenie systémov audio/video premostenia. Protokol transportnej vrstvy je daný štandardom IEEE 1722, ten popisuje časovo závislý tok audio alebo video dát skrz AVB ethernet sieť a interoperabilitu medzi koncovými stanicami. (HANK, a iní, 2012)

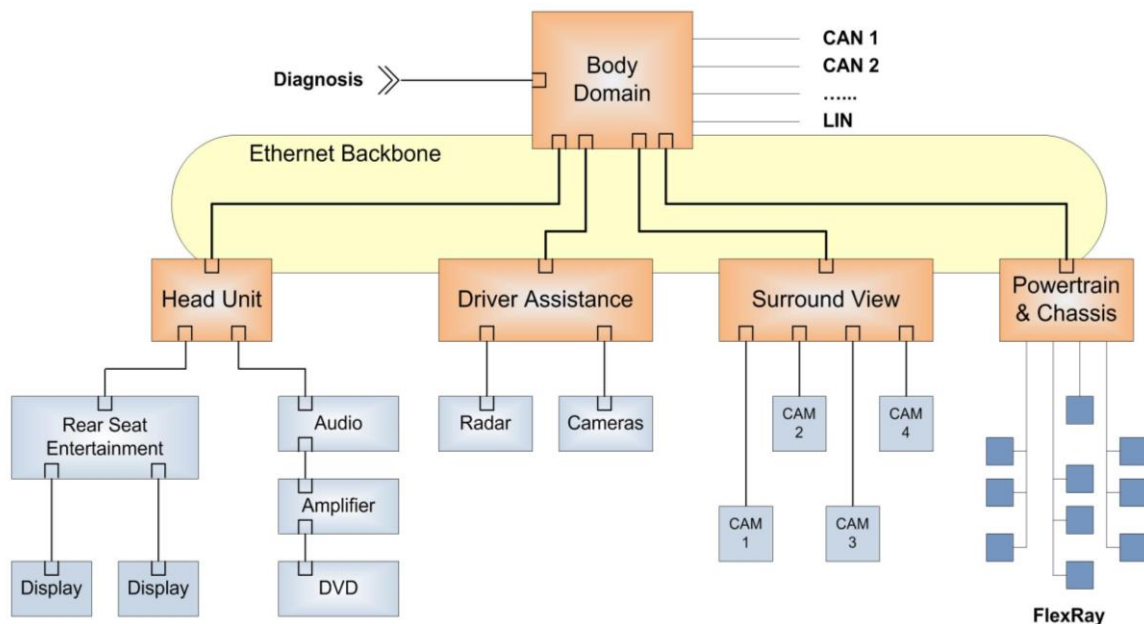
2.1.1.3 3. generácia: *Ethernet ako chrbticová sieť*

Prvá a druhá generácia automobilového ethernetu bola implementovaná ako podsieť konkrétnej aplikácie, ako napríklad infotainmentu a asistenčných systémov vodiča. S príchodom tretej generácie automobilového ethernetu vzniká nový typ architektúry automobilovej siete, nazývaný chrbticová sieť, kde sieť ethernet realizuje tzv. chrbticu automobilovej siete (angl.: Ethernet Backbone). Obrázok (Obr. 2.2) zobrazuje typickú chrbticovú sieť v automobile. Dizajn takejto siete prinesie zmenu paradigmy komunikácie medzi riadiacimi jednotkami, ktorá bude musieť podliehať určitému sieťovému manažmentu.

Sieťová komunikácia je organizovaná hierarchicky a prepojenie hlavných doménových radičov je realizované prostredníctvom ethernet chrbtice. Podsiete podliehajúce jednotlivým doménovým radičom môžu tiež využívať ethernetovú komunikáciu s použitím prepínača ako premostenia medzi sieťovými úrovňami.

Táto štruktúra predstavuje všestranné riešenie, kde každý port prepínača môže disponovať prenosovou rýchlosťou 10M bps, 100M bps alebo 1 Gbps bez ovplyvnenia vyšších vrstiev. Súčasná automobilová sieť využíva komplikované, a na sieť závislé brány, naopak chrbticová sieť využíva koncept prenosu smerovania dát na základe adres IP s použitím sieťových zariadení, ako sú smerovače a prepínače. Výhodou tohto konceptu je jeho nezávislosť na stavbe siete, čo umožňuje použiť jednotný systém adresovania pre celú vnútornú automobilovú sieť. Smerovanie dát na základe IP adres taktiež umožňuje vytvoriť pripojenie automobilovej infraštruktúry k sieťi internet.

Budúca charakteristika novej sieťovej architektúry je založená na princípe vytvorenia jednej ethernetovej chrbticovej siete, ktorá sa musí prispôbiť rozdielnym dátovým komunikačným triedam ako sú diagnostika, audio/video komunikácia a spoľahlivý prenos riadiacich dát. Dnešný AVB ethernet a časovo spúšťaný ethernet, tzv. TT ethernet, sú schopné zabezpečiť rozličnú úroveň QoS, t. j. kvality služieb (angl.: Quality of Service) a to s dostatočným výkonom pre prácu v reálnom čase. Vývoj automobilovej siete sa zameriava na vytvorenie spoľahlivej koexistencie rôznych komunikačných tried na rovnakej sieťi. (HANK, a iní, 2012)



Obr. 2.2 Ethernetová chrbtica v doménovej architektúre, ZDROJ: Prevzaté z (HANK, a iní, 2012)

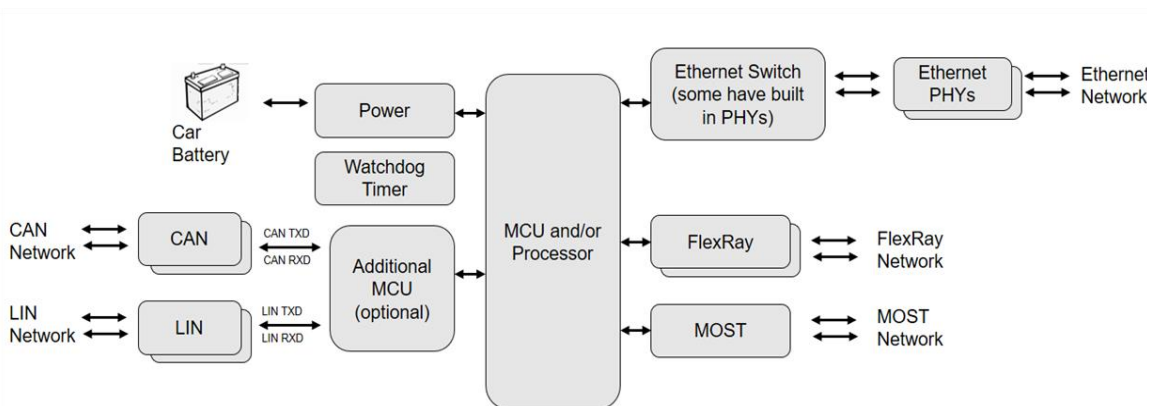
2.2 Zmeny automobilovej siete a jej súčastí integrovaním siete Ethernet

2.2.1 Automobilová brána

Nové funkcie a prítomnosť ethernetu v aute spôsobila, že automobilová brána musela prejsť istým vývojom. Staršie automobilové brány používajú jednoduchý mikroprocesor (MCU), avšak nové brány musia byť vybavené procesormi a občas aj pomocným mikroprocesorom. Rozdiel medzi procesorom a mikroprocesorom spočíva v umiestnení pamäte. Kým procesor má pamäť externú, tak mikroprocesor má všetky potrebné časti integrované do jedného čipu.

Dôvodom nahradenia mikroprocesora procesorom je potreba zvýšiť výpočtový výkon, ktorý je potrebný na zabezpečenie prekladu správy dát medzi odlišnými komunikačnými doménami. Ethernet je výrazne rýchlejší ako zbernice CAN alebo LIN. Brána musí disponovať veľkým výpočtovým výkonom, kvôli schopnosti pracovať s rýchlosťami 100 Mbps až 1 Gbps, pričom väčšina brán má 10 až 12 ethernet portov a viac ako 8 CAN portov.

Procesor častokrát kooperuje s pomocným mikroprocesorom, ktorý spracúva komunikáciu na pomalších portoch CAN alebo LIN. Dáta z nich mikroprocesor posielajú do hlavného procesora, ktorého výpočtový výkon je využívaný na preklad dát a tak sú pakety poslané z jednej domény k iným doménam.



Obr. 2.3 Bloková schéma automobilovej brány, ZDROJ: Prevzaté z (LOTHAMER, 2017)

Použitie procesora má značné množstvo výhod, jednou z nich je priama podpora rôznych systémov. Mnohé procesory majú integrovanú ethernet komunikáciu aj so softvérovou podporou. Procesory vybavené väčšou pamäťou, podporujú dobre známe operačné systémy ako napríklad Linux, vďaka čomu majú širšiu uplatniteľnosť a zároveň čas potrebný pre vývoj je kratší. Riadiace jednotky vybavené viacjadrovým procesorom majú integrovanú duálnu funkcionálnu, keď sú schopné vykonávať úlohy určené pre riadiacu jednotku, ako aj pre bránu. Dané úlohy sú prerozdelené medzi jadrá procesora, čím sú aj menej zaťažované. To umožní znížiť frekvenciu hodinového signálu, pričom sa zachová schopnosť práce v reálnom čase. (LOTHAMER, 2017)

2.2.2 Automobilová sieť

Podľa (TEKTRONIX, 2020) pre zabezpečenie bezpečnej a spoľahlivej činnosti vozidla musí komunikačná sieť automobilu spĺňať požiadavky na dostatočnú prenosovú rýchlosť, minimálnu latenciu, vysokú spoľahlivosť prenosu a taktiež sa kladie veľký dôraz na tzv. QoS. Pre splnenie daných požiadaviek musela automobilová sieť pre implementáciu ethernetu, prejsť určitou transformáciou podliehajúcou štandardom definujúcich činnosť ethernetu v automobile. (TEKTRONIX, 2020) uvádza štandardy, ktoré definujú jednotlivé formy automobilového ethernetu.

Štandardy uvedené v (TEKTRONIX, 2020) sú: IEEE 802.3cg, 10BASE-T1, 10 Mbps; IEEE 802.3bw, 100BASE-T1, 100 Mbps; IEEE 802.3bp, 1000BASE-T1, 1 Gbps; and IEEE 802.3ch, 10GBASE-T1, 2.5/5/10 Gbps.

Automobilová sieť je tretím najťažším a najdrahším komponentom automobilu. Preto medzi hlavné benefity automobilového ethernetu patrí redukcia kabeláže, čo súčasne znižuje hmotnosť a cenu automobilovej siete. (Ixia Technologies, 2014)

Adaptácia ethernetu do automobilovej siete umožnila vybaviť vozidlo novými funkciami, ktoré existujúca sieť využívajúca zbernice CAN, LIN a FlexRay nie je schopná súčasne zabezpečiť. Podľa (HANK, a iní, 2013) automobilový ethernet vznikol na základe požiadavky vytvoriť vysokorýchlostnú komunikáciu nevyhnutnú pre funkciu podsystémov ako ADAS, navigačných systémov, multimediálnych systémov a komunikačných systémov ako V2X, IoT.

Architektúra automobilovej siete napriek výhodám siete ethernet používa aj tradičné druhy zberníc, ktoré aj naďalej budú adekvátne pre určité aplikácie, pozri tabuľka (Tab. 2.1). Každý typ zbernice disponuje odlišnými vlastnosťami, ktoré ho predurčujú len pre určité topológie, pozri tabuľku (Tab. 2.2). Podľa (LEVI, 2018) CAN, CAN-FD a LIN budú používané aj v budúcich generáciách automobilových sietí. Ich pevná pozícia v automobilovej sieti je podmienená cenovou výhodnosťou, čo ich predurčuje pre určité aplikácie, kde kľúčovým parametrom sú nízka cena a malá šírka pásma. Sieťová architektúra bude vždy závislá od triedy modelu automobilky, automobil nižšej triedy bude mať vždy inú architektúru ako automobil vyššej triedy. (LEVI, 2018)

(LEVI, 2018) uvádza ako najväčšieho konkurenta pre automobilový Ethernet, komunikáciu typu MOST, ktorá je primárne využívaná pre infotainment a multimediálne systémy. MOST profituje vďaka prenosovej rýchlosti 100 – 150 Mb/s, avšak má nevýhody, ktoré značne limitujú daný typ komunikácie na trhu. Nevýhody komunikácie MOST sú licencovanie vlastníckych práv, obmedzený prístup k hardvéru, kabeláž, ktorá môže byť realizovaná ťažkými koaxiálnymi káblami alebo krehkými optickými vláknami.

Podľa (GRIFFITH, 2019) jedinou prekážkou ethernetu je komunikácia založená na smerovom spojení (angl.: Point-to-point Communication). To znamená, že ethernet potrebuje prepínač na to, keď jeden uzol potrebuje komunikovať s viacerými uzlami. Hlavnými výhodami ethernetových vysieláčov sú malá úroveň rušenia, vysoká odolnosť voči elektromagnetickému rušeniu a schopnosť komunikovať na väčšie vzdialenosti.

Tab. 2.1 Kľúčové vlastnosti a vhodné aplikácie pre LIN, CAN a Ethernet, ZDROJ:

Upravené podľa (LOTHAMER, 2017)

LIN	CAN	Ethernet
Malá šírka prenášaného pásma, jedno vodičové rozhranie	Stredná prenosová rýchlosť, dvojlinka	Vysoká prenosová rýchlosť, dvojlinka
Použitie: prenos menej kritických informácií	Použitie: prenos kritických informácií a bezpečnostné aplikácie	Použitie: Aplikácie vyžadujúce prenos veľkého množstva dát, audio, video

Tab. 2.2 Najvýznamnejšie automobilové zbernice a ich základné parametre, ZDROJ:
Upravené podľa (TEKTRONIX, 2020)

Zbernica	Maximálna prenosová rýchlosť	Používaná topológia
Pomalý CAN	125 kb/s	Zbernica, hviezda alebo ich kombinácia (viacero hviezd prepojených zbernicou)
Vysokorýchlostný CAN	CAN: 1 Mb/s CAN-FD: 5 Mb/s	Zbernica
FlexRay	10 Mb/s	Zbernica, hviezda alebo ich kombinácia (viacero hviezd prepojených zbernicou)
LIN	20 kb/s	Zbernicová topológia s jedným mastrom a maximálne s 15 slave zariadeniami
MOST	25/50/150 Mb/s	Reťazová, prstencová topológia alebo virtuálna hviezda s maximálne 64 zariadeniami
Automobilový Ethernet	100/ 1000 BASE-T1	Zbernica, hviezda, prstenec alebo kombinovaná topológia

2.3 Diskusia k analytickej časti

Vnútoraná sieť automobilu v spojení s ethernetom tvorí veľmi širokú oblasť, preto na základe podnetu môjho školiteľa a po spoločnej dohode sme sa rozhodili vypustiť určité časti analýzy, a to z dôvodu neprekročenia zadaného rozsahu bakalárskej práce. Diskusia k analytickej časti v krátkosti predstavuje výsledky rešerše, ktoré boli vyňaté z analytickej časti.

Vnútoraná sieť automobilu tvorí komplexný komunikačný systém, vďaka ktorému sa stali autá nie len bezpečnejšie, spoľahlivejšie, ale aj zábavnejšie. Hlavné požiadavky, funkcie a stavba siete sú podrobnejšie popísané v knihe od (SOMMER, a iní, 2015 s. 13-15).

Architektúra automobilovej siete (angl.: Electric and Electronic Architecture) v dnešnej podobe sa označuje ako distribuovaná, kde každej riadiacej jednotke prislúcha jedna funkcia alebo systém. Preto nastúp a vývoj novej architektúry je neodvratný, jeho bližší popis je možné nájsť v nasledujúcich zdrojoch: (BURKACKY, a iní, 2019), (LOCK, 2019), (ZINNER, a iní, 2019) a (SHANKAR, 2019).

Pre realizáciu brány zbernica CAN- siet' ethernet sme zvažovali aj nasledovné riešenia:

- Riešenie pomocou rozhrania od spoločnosti Vector predstavuje profesionálne riešenie automobilovej brány, predovšetkým pre testy komunikácie. Ponúka širokú hardvérovú a softvérovú podporu. Hlavnou nevýhodou je dostupnosť a cena. Bližšie informácie o zariadeniach je možné nájsť tu: (Vector Informatik GmbH).
- Brána od spoločnosti ESD electronics je priemyselnou bránou, s veľmi dobrou softvérovou kompatibilitou. Jedná sa o jednoduché riešenie, na ktorom by sa vhodne dal demonštrovať prenos správ. Nevýhodou sú problémy s obstaraním. Bližšie informácie je možné nájsť na: (ESD electronics gmbh).
- Brána od spoločnosti AVNET je primárne priemyselnou bránou a sekundárne využiteľná aj pre automobilové použitie. Vyvinutá pre IoT aplikácie, postavená na platforme Raspberry Pi3. Výhodou je všestrannosť použitia, dobrý výkon, priaznivá cena, na druhej strane môže byť problém s kompatibilitou. Bližšie informácie je možné nájsť na: (An Avnet Company).
- Realizovanie brány prostredníctvom tzv. „shieldov“ od spoločnosti Arduino. Konkrétne sa jedná o Arduino MKR ETH shield, ktorý by predstavoval rozhranie pre ethernetovú komunikáciu. Pre bližšie špecifikácie pozri: (Arduino). Rozhranie pre CAN komunikáciu by bolo riešené pomocou Arduino MKR CAN shield, bližšia špecifikácia: (Arduino). Jedná sa o náročné riešenie, bez záruky správnej funkcie. Výhodou je cenová dostupnosť a skutočnosť, že sa jedná o tzv. open-source platformu.

3 REALIZÁCIA PRENOSU DÁT ZO ZBERNICE CAN NA SIEŤ ETHERNET

3.1 ValueCAN3 a rozhranie API LabView

ValueCAN3 je hardvérové zariadenie vyvinuté spoločnosťou Intrepid Control Systems, Inc.. Zariadenie predstavuje komunikačné rozhranie medzi zbernicou CAN a softvérovým prostredím v počítači. Komunikácia medzi zariadením ValueCAN3 a počítačom je sprostredkovaná prostredníctvom USB rozhrania. Zariadenie ValueCAN3 je vybavené deväť pinovým vidlicovým D-SUB konektorom, ktorý obsahuje fyzický výstup pre dva komunikačné kanály realizujúce komunikáciu podliehajúcu norme ISO 11898-2, vysokorýchlostný CAN. Pre zoznámenie sa s označením jednotlivých pinov pozri tabuľku (Tab. 3.1). Komunikačné rozhranie pre CAN je schopné prijímať i odosielať správy na zbernicu CAN.

Tab. 3.1 Funkcionalita pinov zariadenia ValueCAN3, ZDROJ: Upravené podľa (Elektronická príloha č. 1)

PIN	Popis	PIN	Popis
1	Spúšťací pin	6	GND
2	CAN 1 Low	7	CAN 1 High
3	GND	8	CAN 2 High
4	CAN 2 Low	9	V+
5	GND (Shield)	-	-

Softvérová podpora pre hardvér ValueCAN3 je naozaj pestrá. Hlavným riadiacim programom pre ValueCAN3 je originálny program Vehilce Spy 3.Ink, kde je možné realizovať kompletnú konfiguráciu zariadenia. ValueCAN3 je možné riadiť tiež prostredníctvom rozhrania pre programovanie aplikácií, ktoré sa skrátene označuje API. Spoločnosť Intrepid Control Systems, Inc. ponúka na svojich webových stránkach aplikačné programovacie rozhrania, tzv. neoVI API, pozri (Intrepid Control Systems, Inc. , 2019). Tie umožňujú realizovať jednoduché spojenie hardvéru a riadiaceho

softvéru. Každá API obsahuje DLL knižnicu nazvanú iscneo40.dll, tá simultánne podporuje viacero zariadení pre jeden API program.

Pre kompletný popis zariadenia ValueCAN3, pozri (Elektronická príloha č. 1).

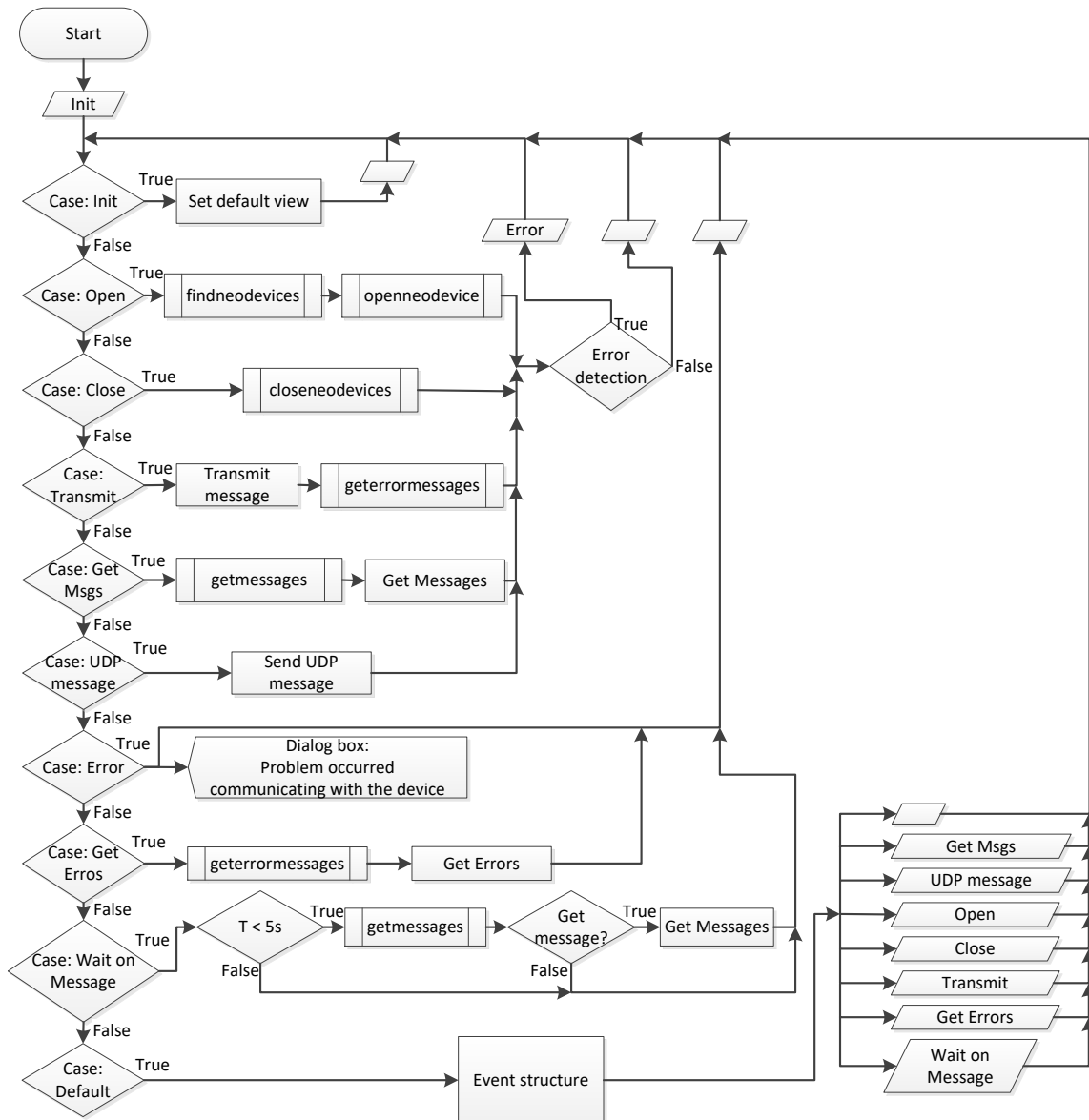
3.1.1 Princíp práce programu NEO VI Example.vi

Program NEO VI Example.vi predstavuje programovacie aplikačné rozhranie určené pre programovacie prostredie LabView. Chod programu a zmena jednotlivých režimov je vykonávaná hlavnou štruktúrou, nazvanou case structure, bežiacou v nekonečnej slučke. Každý prípad štruktúry má svoju špecifickú funkcionálnosť, avšak niektoré prípady realizujú svoju funkciu prostredníctvom určitých podprogramov, ktoré majú taktiež svoju špecifickú funkciu. Spomenuté podprogramy sa označujú ako WIN32 API funkcie, ktorých zoznam a funkciu je možné nájsť v (Elektronická príloha č. 2, s.26).

K spusteniu hlavného cyklu, t. j. štruktúry dochádza simultánne so spustením programu. Výber aktuálneho prípadu je vykonávaný na základe zadaných premenných, ktoré sú dátového typu string. Každý prípad štruktúry navrha jednu z možných premenných, tá určí aký prípad bude vykonaný v nasledujúcom cykle. Ak dôjde k navráteniu prázdnej hodnoty alebo k nej vôbec nepríde, tak sa štruktúra nastaví do stavu nazývaného Default. Daný prípad obsahuje tzv. Event structure, ktorá reaguje na určitú udalosť, ktorá nastala, tou udalosťou môže byť napríklad stlačenie tlačidla.

Po spustení vždy najprv dochádza k priradeniu premennej Init na vstup hlavnej štruktúry, čo vyvolá prípad Init. V danom prípade je nastavený počiatočný vzhľad okna nazývaného Front Panel. Vždy po prípade Init nastáva prípad Default, ktorý čaká na udalosť. Stlačením tlačidla Open First Device, nastane prípad Open, v rámci ktorého sú vykonané dve WIN32 funkcie nazvané findneodevices.vi a openneodevice.vi. Prvá z nich identifikuje o aké zariadenie ide a na ktorom USB porte je lokalizované. Zariadenia sú identifikované programom na základe unikátneho identifikačného čísla. Zoznam čísel je možné nájsť v (Elektronická príloha č. 2, s. 30). Druhá funkcia zahájí komunikáciu s pripojeným zariadením, súčasne navrha premennú nazvanú hObject. Daná premenná je dátového typu integer a identifikuje pripojené zariadenie pre ostatné

WIN32 funkcie, avšak hodnota premennej nie je unikátna pre dané zariadenie, mení sa pri každom pripojení zariadenia. Po správnom pripojení zariadenia je možné spúšťať ostatné funkcie obsiahnuté v programe NEO VI Example.vi. Obrázok (Obr. 3.1) zobrazuje chod hlavnej štruktúry programu.

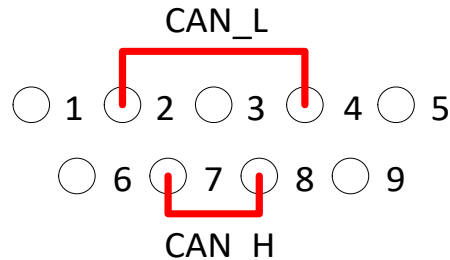


Obr. 3.1 Vývojový diagram hlavnej štruktúry programu NEO VI Example.vi, ZDROJ: Vlastné spracovanie

3.2 Demonštrovanie prenosu dát zo zbernice CAN na sieť Ethernet

Realizácia finálneho návrhu prenosu dát vychádzala z konzultácie s mojim školiteľom bakalárskej práce, kde sme sa dohodli na realizácii prenosu dát prostredníctvom ním poskytnutého hardvéru ValueCAN3 a rozhrania API v programovacom prostredí LabView. Cieľom realizovania prenosu správy bolo poslať dáta z kanálu CAN 1 na kanál CAN 2, čím by sa realizoval tzv. loopback. Správa prijatá na kanál CAN 2, by následne bola odoslaná na sieť Ethernet, tým by sa realizovala demonštrácia prenosu dát medzi zbernicou CAN a sieťou Ethernet.

Mojím prvým krokom bolo vyskúšať a zrealizovať spojenie hardvéru ValueCAN3 s API rozhraním v prostredí LabView. Pre základné oboznámenie sa s prostredím som použil voľne dostupnú používateľskú príručku s názvom: icsneo40 DLL API Example in Labview, pozri (Elektronická príloha č. 3).

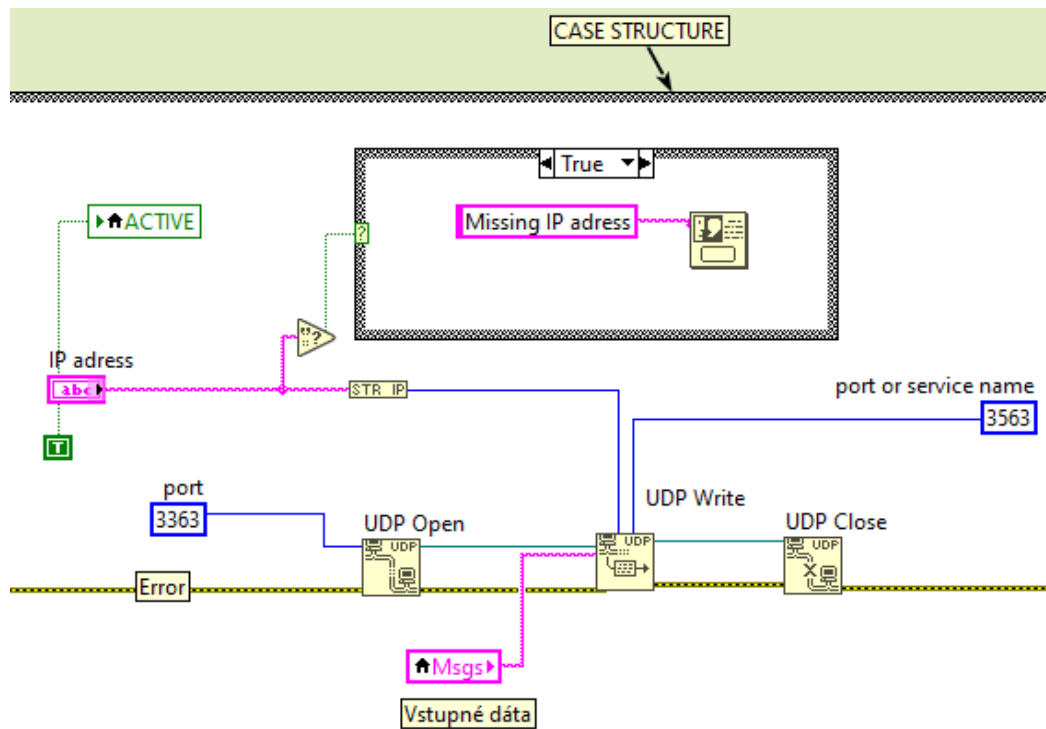


Obr. 3.2 Spojenie dvojice kanálov na koncovke D-SUB, ZDROJ: Vlastné spracovanie

Poslaniu správy z kanálu CAN 1 na kanál CAN 2 predchádzalo vytvorenie fyzickej podoby komunikačnej siete, ktorá je zbernicovej topológie s dvomi uzlami. K samotnému zariadeniu mi bola poskytnutá tzv. spojka, ktorá je z jednej strany ukončená vidlicovým D-SUB konektorom a na opačnej strane zásuvným D-SUB konektorom. Spojka obsahuje 100 ohmové odpory, ktoré slúžia ako ukončovacie. Potom som jednoducho prispájkovaním káblov na potrebné piny, vytvoril vodivé spojenie medzi pinmi 2 a 4 pre CAN_L a pinmi 7 a 8 pre CAN_H, pozri obrázok (Obr. 3.2). Spojením spomenutých pinov som tak vytvoril tzv. loopback zapojenie, pozri

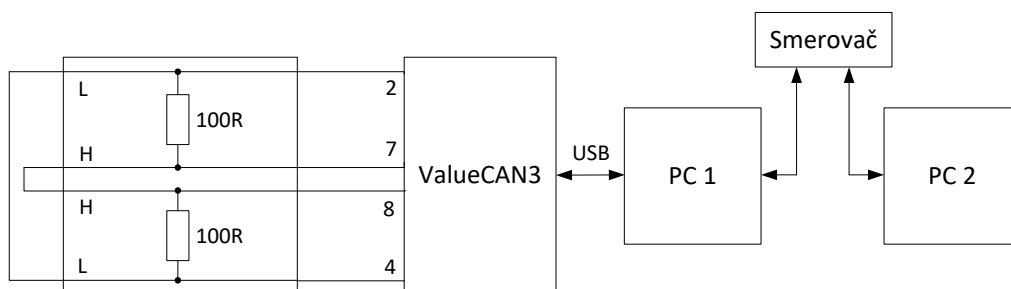
(Príloha č. 1). Po odskúšaní vysielania správy však nedošlo k prijatiu správ. Spojením ValueCAN3 s programom Vehilce Spy 3.Ink, som zistil, že konfigurácia jednotlivých komunikačných sietí je možná len prostredníctvom spomenutého programu. Zariadenie ValueCAN3 podporuje vždy len jednu sieť z celkových dvoch možných sietí, ktoré sa nazývajú HSCAN a MSCAN. Pri analýze programu rozhrania API LabView som spozoroval, že funkciou knižnice icsneo40.dll:icsneoGetMessages je zaznamenávať komunikáciu na zbernici. Každá správa, ktorú spomenutá funkcia zaznamená má pridelený identifikátor siete, tzv. Network ID, ktorý je jedinečný pre každý typ siete. Teda jednotlivé WIN32 API funkcie prispôsobujú ďalšie spracovanie správy na základe identifikátora. Typ siete určený identifikátorom je taktiež možné vidieť aj v okne zobrazujúcom prijaté a odoslané správy. Z daného pozorovania usudzujem, že program je schopný snímať komunikáciu na viacerých sieťach súčasne. Avšak ValueCAN3 podporuje maximálne jednu sieť, preto som nebol schopný vytvoriť loopback. Ten by bolo možné zrealizovať napríklad zariadením neoVI FIRE, ktoré disponuje viacerými súčasne fungujúcimi sieťami, pozri (Intrepid Control Systems, Inc.) V prípade zariadenia ValueCAN3 predpokladám, že správu posiela na oba kanály súčasne, prípadne je na oboch kanáloch schopné aj prijímať správy. Žiaľ, daný predpoklad nebolo možné overiť z dôvodu absencie ďalšieho CAN analyzátora, ktorý je dostupný na univerzite, ktorú som kvôli pandémie COVID-19 nemohol navštíviť.

Modifikovaním kódu rozhrania API Labview som vytvoril realizáciu prenosu dát zo zbernice CAN na sieť Ethernet. Front panel modifikovaného programu je možné vidieť na (Príloha č.2). Proces odoslania UDP správy je možné zahájiť až po stlačení tlačidla Get Messages, ktoré vyvolá funkciu získania správy z aktívnych sietí. Tlačidlom Send UDP message zaháji prenos všetkých hardvérom zaznamenaných správ na určené miesto v sieti. Obsah správy určenej na odoslanie predstavujú dáta v okne nachádzajúcom sa v sekcii Receive Message. Aplikačnú vrstvu prenosu dát tvorí tzv. UDP protokol, ktorým je možné na základe portu alebo názvu služby poslať dáta priamo do určenej aplikácie spustenej na konkrétnom zariadení v sieti. Spomenutým zariadením môže byť počítač, prípadne server. Na obrázku (Obr. 3.3) je možné vidieť tzv. Block diagram s modifikovaným kódom pre odosielanie UDP správ.



Obr. 3.3 Block diagram posielania UDP správ v programe LabView, ZDROJ: Vlastné spracovanie

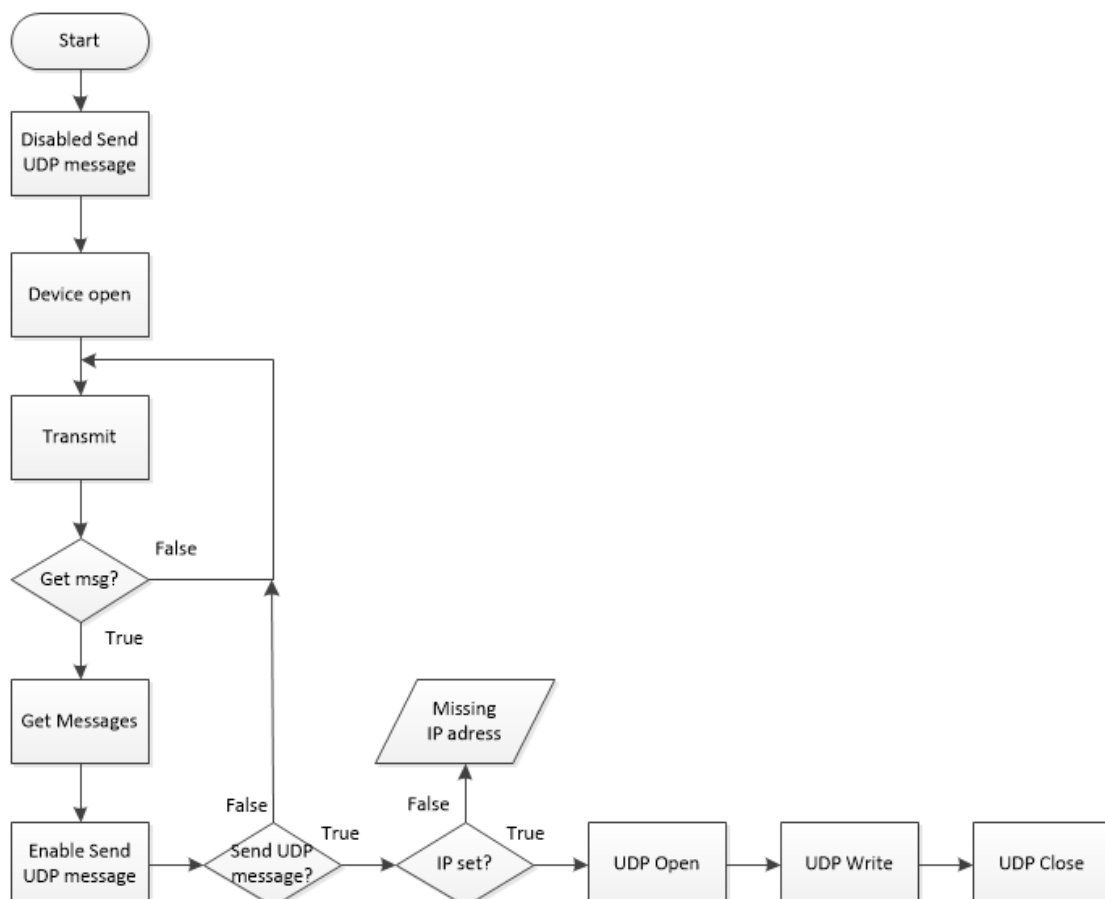
Postup odoslania UDP správy začína najskôr funkciou UDP Open, ktorá aktivuje lokálny port alebo službu. Ďalej dochádza k overeniu prítomnosti IP adresy zariadenia, na ktoré sa má správa odoslať. Funkcia UDP Write posielá správu na vzdialený port zariadenia určeného IP adresou. Poslednou funkciou je UDP Close, ktorá deaktivuje používané porty. Celkový priebeh programu je možné vidieť na obrázku (Obr. 3.5).



Obr. 3.4 Bloková schéma experimentu prenosu dát zo zbernice CAN na sieť Ethernet, ZDROJ: Vlastné spracovanie

V prípade môjho experimentu som realizoval posielanie dát zaznamenaných zariadením ValueCAN3 cez sieť do cieľového počítača. Obrázok (Obr. 3.4) znázorňuje blokovú schému prenosu dát medzi použitými zariadeniami. Sieťovú komunikáciu som sledoval na oboch počítačoch pomocou programu Wireshark. Správu odoslanú z počítača je možné vidieť v prílohe (Príloha č. 3) alebo v prílohe (Príloha č. 2) v sekcii Receive message. Správu prijatú druhým počítačom je možné vidieť v prílohe (Príloha č. 4).

Modifikovaný program NEO VI Example.vi sa nachádza v elektronickej prílohe (Elektronická príloha č. 4). Obsahuje mnou písané komentáre a modifikáciu na posielanie UDP správ.



Obr. 3.5 Vývojový diagram programu odosielania UDP správy, ZDROJ: Vlastné spracovanie

ZÁVER

Hlavným cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť komunikačnú bránu medzi zbernicou CAN a sieťou Ethernet. Bakalárska práca je obsahovo pozostáva z troch hlavných kapitol. Kapitoly sú obsahovo prispôsobené tak, aby spĺňali hlavný i všetky vytýčené čiastkové ciele.

Prvá kapitola je obsahovo zameraná na splnenie čiastkového cieľa č. 1 vymedzenie základných pojmov v predmetnej oblasti.

Druhá kapitola je koncipovaná do dvoch podkapitol a obsahuje analýzu zameranú na problematiku automobilového ethernetu a témy s ním úzko spojené. Prvá podkapitola obsahuje kompletnú analýzu vývoja a perspektívy vývoja siete Ethernet v automobile, čím spĺňa čiastkový cieľ č. 4 Analýza perspektívy vývoja Ethernetu v automobile. Posledná podkapitola sa zaoberá naplnením čiastkových cieľov č. 2 Opis aktuálneho stavu problematiky komunikačných sietí v automobiloch a č. 3 Vymedzenie vzťahu Ethernetu a ostatné automobilové siete.

Tretia kapitola spĺňa čiastkový cieľ č. 5 Demonštrovanie prenosu údajov v rámci sietí Ethernet – CAN na vybranom zariadení. Kapitola sa skladá z dvoch podkapitol, v prvej z nich je predstavený použitý hardvér a softvér. Taktiež je tu možné nájsť popis činnosti programu v programovacom prostredí LabView, ktorý je doplnený o vývojový diagram. Druhá podkapitola predstavuje výsledky experimentu zameraného na demonštrovanie prenosu dát medzi zbernicou CAN a sieťou Ethernet.

Elektronické prílohy zahrnuté v mojej bakalárskej práci sú k dispozícii na priložených DVD diskoch a nachádzajú sa na linku Google Drive: <https://drive.google.com/drive/folders/1DuXRRkJd6Ij64qRBcrsluzwEeqgNgN2h>

Mám za to, že som hlavný cieľ, ako aj všetky čiastkové ciele v rámci mojej bakalárskej práce splnil.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

An Avnet Company. AVTSE-RPI-IIOTG - Development Kit, SmartEdge Industrial IoT Gateway, Raspberry Pi 3 Based, 64-Bit, ARM A53, 8GB eMMC. *sk.farnell.com*. [Online] An Avnet Company. <https://sk.farnell.com/avnet/avtse-rpi-iiotg/iot-gateway-kit-arm-cortex-a53/dp/3105658>.

Arduino . *www.tme.eu*. [Online] TME SLOVAKIA S.R.O. <https://www.tme.eu/Document/bd06b8d7a409c9de1c08c17cfb3e9466/DistributorsBrochure.pdf>.

BURKACKY, O., DEICHMANN, J. a STEIN, J. P. 2019. Mapping the automotive software-and-electronics landscape through 2030. *www.mckinsey.com*. [Online] Júl 2019. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/mapping-the-automotive-software-and-electronics-landscape-through-2030>.

CORRIGAN, S. 2002. [Online] August 2002. <http://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf>.

DOSTÁLEK, L. a KABELOVÁ, A. 2002. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. Praha : Computer Press, 2002. ISBN.

ESD electronics gmbh. EtherCAN/2. *esd.eu*. [Online] ESD electronics gmbh. https://esd.eu/en/products/ethercan2?pk_campaign=Google%20Ad%20EtherCAN2.

GRIFFITH, J. 2019. Networking in Automotive Body Control Modules. *www.electronicdesign.com*. [Online] Endeavor Business Media, LLC, 11. November 2019. <https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21807686/networking-in-automotive-body-control-modules>.

HANK, P., a iní. 2013. IEEE Xplore digital library. *Automotive Ethernet: In-vehicle networking and smart mobility*. [Online] 6. Máj 2013. [Dátum: 22. Február 2020.] <https://ieeexplore.ieee.org/document/6513795>.

HANK, P., SUERMANN, T. a MÜLLER, S. 2012. iTers News. *Automotive Ethernet, a holistic approach for a next-generation in-vehicle networking standard*. [Online] iTers News, 9. August 2012. <http://itersnews.com/?p=10541>.

HORÁK, J. a KERŠLÁGER, M. 2006. *Počítačové sítě pro začínající správce*. Brno : Computer Press, a.s., 2006.

Intrepid Control Systems, Inc. . 2019. Intrepidcs API Documentation . *cdn.intrepidcs.net*. [Online] 6. Február 2019.
<https://cdn.intrepidcs.net/support/neoVIDLL/neoVIDLLhelpdoc.html>.

Intrepid Control Systems, Inc. Intrepid Store. *store.intrepidcs.com*. [Online]
<https://store.intrepidcs.com/neoVI-FIRE-p/neovi-fire.htm>.

Ixia Technologies. 2014. Ixia. *www.ixiacom.com*. [Online] Máj 2014.
https://support.ixiacom.com/sites/default/files/resources/whitepaper/ixia-automotive-ethernet-primer-whitepaper_1.pdf.

LEVI, Z. 2018. Automotive Ethernet: The Future of In-Car Networking? *www.electronicdesign.com*. [Online] Endeavor Business Media, LLC, 4. Apríl 2018.
<https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21806349/automotive-ethernet-the-future-of-incar-networking>.

LOCK, A. 2019. Trends of Future E/E-Architectures. *www.gsaglobal.org*. [Online] 2019. <https://www.gsaglobal.org/wp-content/uploads/2019/05/Trends-of-Future-EE-Architectures.pdf>.

LOTHAMER, H. 2017. Automotive gateways: the bridge between communication domains. *e2e.ti.com*. [Online] Texas Instruments Incorporated, 17. September 2017.
https://e2e.ti.com/blogs_/b/behind_the_wheel/archive/2017/09/20/automotive-gateways-the-bridge-between-communication-domains.

NOVÁK, J. *Ethernet ve vozidlech*. Praha : České vysoké učení technické v Praze; Fakulta elektrotechnická; Katedra měření.

ODOM, W. 2005. *Počítačové sítě bez předchozích znalostí*. Brno : CP Books, a.s., 2005.

REIF, K. 2015. *Automotive Mechatronics*. s.l. : Springer Vieweg, 2015.

SHANKAR, A. 2019. Future Automotive E/E Architecture . *site.ieee.org*. [Online] Júl 2019. <http://site.ieee.org/indiacouncil/files/2019/10/p68-p73.pdf>.

SCHWARTZBERG, D. . 2019. ElectronicDesign. *The Challenges—and Future Opportunities—of Automotive Ethernet*. [Online] Endeavor Business Media, LLC, 12. Jún 2019. <https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21808119/the-challengesand-future-opportunitiesof-automotive-ethernet>.

SOMMER, CH. a DRESSLER, F. 2015. *Vehicular networking*. s.l. : Cambridge University Press, 2015.

SPURNÁ, I. 2010. *Počítačové sítě, Praktická příručka správce sítě*. s.l. : Computer Media s.r.o, 2010.

TEKTRONIX. 2020. Ensuring the Performance and Conformance of In-Vehicle Networks for New-Generation Automobiles. *www.tek.com*. [Online] 13. Marec 2020. <https://www.tek.com/document/primer/ensuring-performance-and-conformance-vehicle-networks-new-generation-automobiles>.

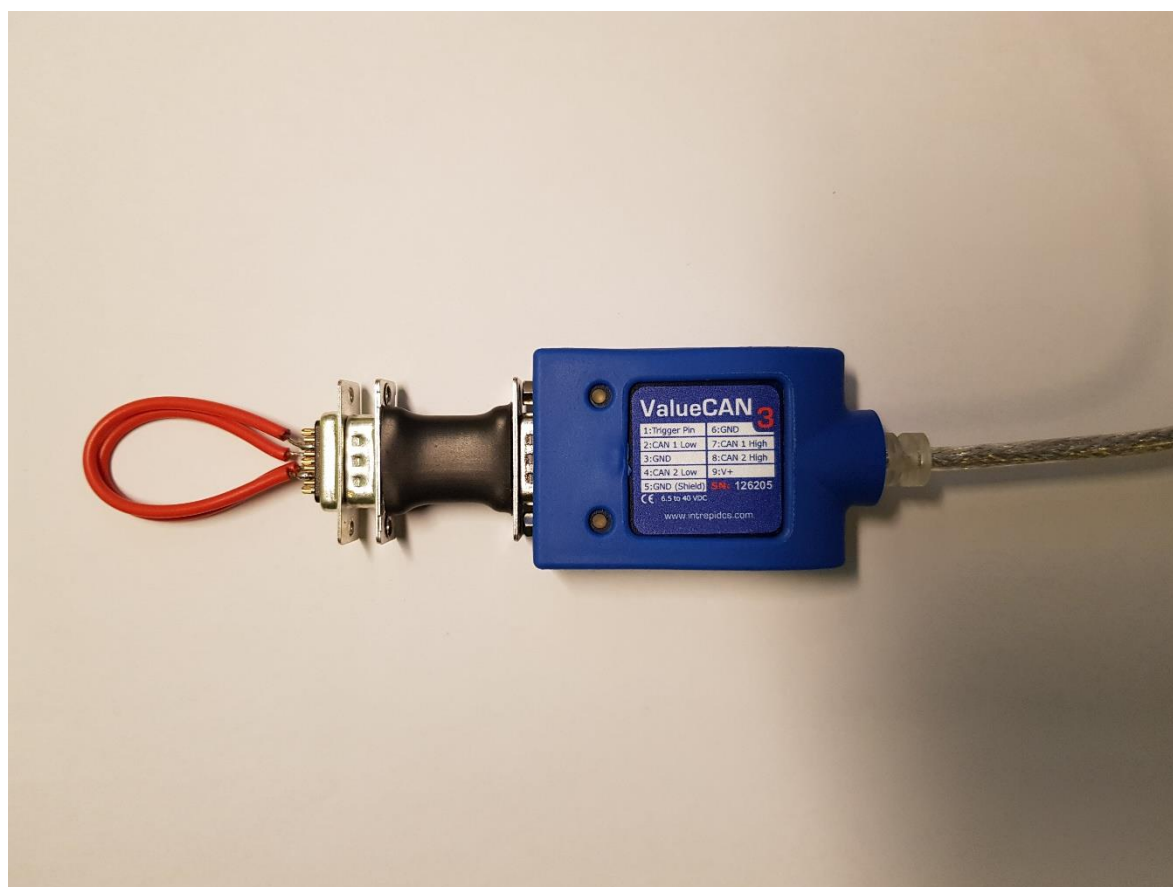
Vector Informatik GmbH. 2018. Vector E-Learning. *elearning.vector.com*. [Online] Vector Informatik GmbH, 23. November 2018. <https://elearning.vector.com/>.

—. VN5610A/VN5640 - Powerful and Multifunctional USB Network Interfaces for Automotive Ethernet and CAN FD. *www.vector.com*. [Online] Vector Informatik GmbH. <https://www.vector.com/sk/en/products/products-a-z/hardware/network-interfaces/vn56xx/>.

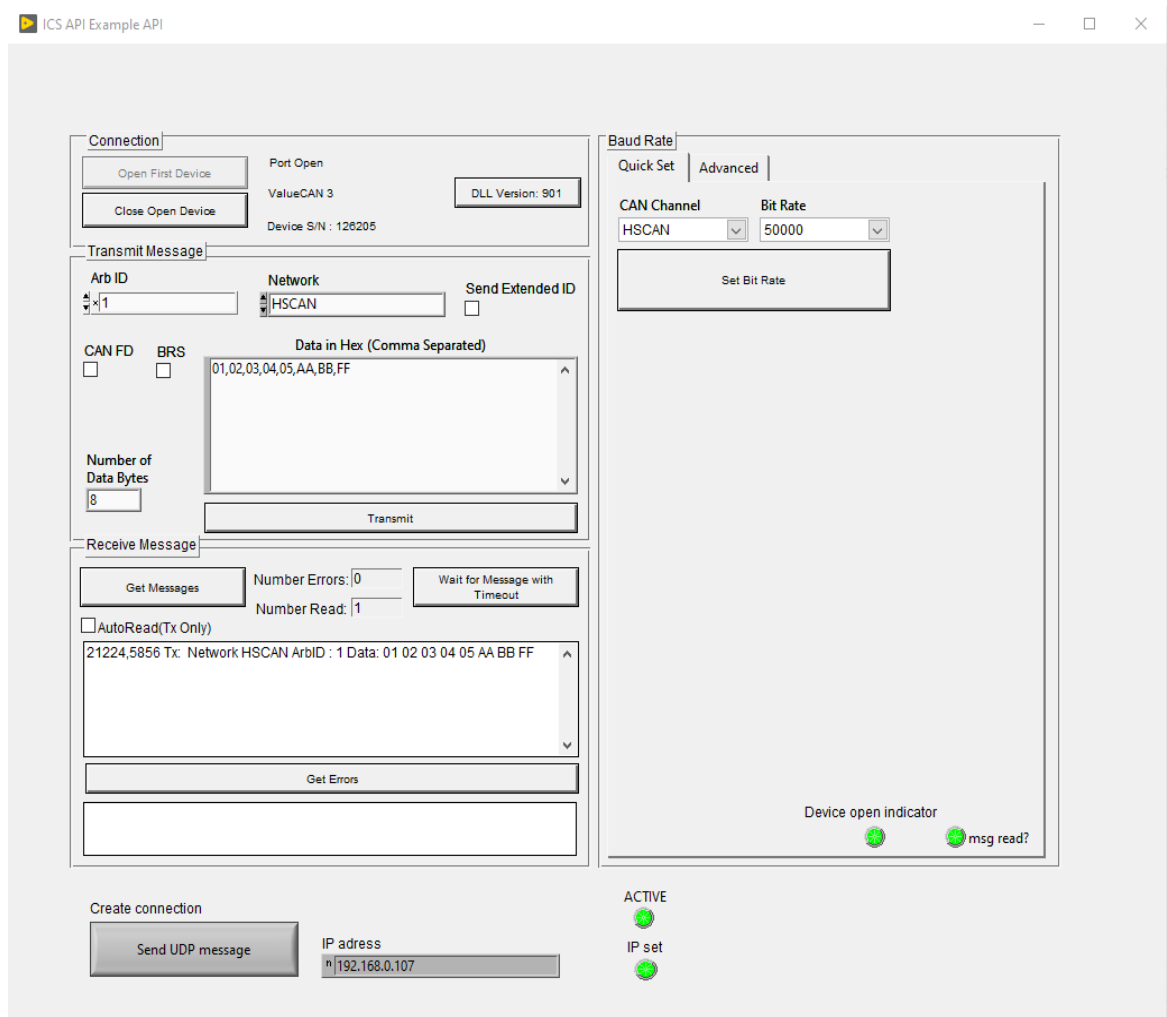
ZHANG, P. 2010. *Advanced Industrial Control Technology*. Oxford : Elsevier Inc., 2010.

ZINNER, H., BRAND, J. a HOPF, D. 2019. Automotive E/E Architecture evolution and the impact on the network. *ieee802.org*. [Online] Marec 2019. <http://ieee802.org/1/files/public/docs2019/dg-zinner-automotive-architecture-evolution-0319-v02.pdf>.

PRÍLOHOVÁ ČASŤ

Príloha č. 1 Fotografia zariadenia ValueCAN3 v loopback zapojení

Príloha č. 2 Front Panel programovacieho prostredia LabView



Príloha č. 3 Okno programu Wireshark s odoslanou správou na vysielajúcom počítači



Príloha č. 4 Okno programu Wireshark s prijatou správou na prijímajúcom počítači

