

Teppo Korhonen

AJONEUVOJEN TIEDONSIIRTOVÄYLÄT

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikka


Syyskuu 2009




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 1.8.2009				
Tekijä(t) Korhonen Teppo Pentti Tapani	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka				
Nimeke Ajoneuvojen tiedonsiirtoväylät					
Tiivistelmä <p>Nykykaikaisten ajoneuvojen elektronisten järjestelmien lisääntymisen ja monipuolistumisen takia myös järjestelmien välinen tiedonsiirto on lisääntynyt ja monipuolistunut. Tiedonsiirtoa varten on kehitetty erilaisia ohjainlaitteiden välisiä tiedonsiirtoväyliä ja niitä löytyy lähes kaikista 2000-luvun autoista. Nykyisin lukuisten multimedialaitteiden yleistyessä vaaditaan yhä nopeampia väyläjärjestelmiä. Myös kustannuksien minimoinnin vuoksi yksinkertaisimmat korinsähköjärjestelmät vaativat omanlaisensa tiedonsiirtoväylät. Autonvalmistajat ovat kehittäneet tiedonsiirtoratkaisuja yhteistyössä eri väylien yhteenliittymissä ja käytetyimmät sovellukset ovat jo standardisoituja tai ne ovat määritelty yhteenliittymien toimesta.</p> <p>Ajoneuvojen verkottuminen sisäisillä väyläratkaisuilla vaatii käyttöalueesta riippuen erilaisia ominaisuuksia, kuten luotettavuus, vikasietoisuus ja hinta. Tässä insinööriydessä tutkin ja selvitän yleisimpien CAN (Controller Area Network) ja LIN (Local Interconnect Network) sekä nopeampien MOST (Media Oriented System Transport) ja FlexRay -järjestelmien toimintaa. Lisäksi käsittelen Bluetooth-yhteyden toimintaa ajoneuvojen langattomana väyläjärjestelmänä. Tutkittavat väyläkohteet on valittu niin, että kaikista käyttökohteista tulee selvitettyä käytetyimmät järjestelmät.</p> <p>Työn tavoitteena on saada selkeä kokonaisuus eri väyläratkaisuista sekä niiden toiminnasta eri käyttöalueissa. Valitsimistani kohteista selvitän niiden ominaisuuksia, fyysistä rakennetta, viestien muodostumista, mitattavuutta ja vianetsintää sekä vertailen näiden väylien toimintatapoja. Työ on toteutettu itsenäisesti aiheen kirjallisuuden, internet-artikkeleiden sekä väyläjärjestelmien kehitysorganisaatioiden internetissä julkaistujen määritysten ja standardien avulla.</p>					
Asiasanat (avainsanat) Tiedonsiirto, väylä, ohjainlaite, protokolla					
Sivumäärä 48 + 6	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Ramu Jussi	Opinnäytetyön toimeksiantaja				

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 1.8.2009
Author(s) Korhonen Teppo Pentti Tapani	Degree programme and option Automotive and transportation engineering	
Name of the bachelor's thesis Vehicles data bus systems		
Abstract <p>Present-day vehicles have more and versatile electronics equipment, which means also that their data transfer requirements have grown. There are different data bus systems for this data transfer. The purpose of my was to study and clarify these bus systems and describe these data buses as clearly as possible and summarize the main points.</p> <p>I studied material from books, internet articles and electronic materials what I got from bus systems users. The data busses that I deal with are the most popular systems, but also I clarify media buses and wireless systems working in vehicle data transfer.</p> <p>This work gives a good a clear picture of buses and their properties. Almost every bus systems has been standardized, but this work can be used easily as research material.</p>		
Subject headings, (keywords) Data transfer, buss, control unit, protocol		
Pages 48 + 6	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Ramu Jussi	Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TIEDONSIIRTOVÄYLÄ	2
2.1	Ajoneuvoväylät	2
2.2	Ajoneuvoväylien pääryhmät	3
2.2.1	Runkorakenteet ja moottorinohjaus	3
2.2.2	Kehittyneet turvajärjestelmät	4
2.2.3	Viihdejärjestelmät	4
2.3	Valokaapeli	5
2.3.1	Kuitutyypit	5
2.3.2	Ominaisuudet ja rakenne	7
2.3.3	Tiedonsiirto valokaapelilla	7
3	CAN-VÄYLÄ	9
3.1	CAN-tiedonsiirto	9
3.1.1	Väylän haltuunotto	11
3.1.2	Fyysinen rakenne	12
3.1.3	Viestikehys	15
3.2	Mitattavuus ja vianhaku	17
4	LIN-VÄYLÄ	18
4.1	LIN-väylän ominaisuudet	18
4.2	Tiedonsiirron idea	20
4.3	Viestin rakenne	22
5	MOST-VÄYLÄ	24
5.1	Yhteistyöorganisaatio	25
5.2	Ominaisuudet	25
5.2.1	Looginen rengas	26
5.2.2	MOST-laitemalli	27
5.3	Tiedonsiirto	29
5.4	Kehitysversiot	30
6	FLEX RAY	30
6.1	FlexRay-ominaisuudet	31
6.2	Topologia ja fyysinen rakenne	32

6.3	Tiedonsiirtäminen.....	34
6.3.1	Kommunikointisykli.....	35
6.3.2	Viestikehyksen muoto.....	36
7	BLUETOOTH.....	38
7.1	Bluetooth-toiminta.....	39
7.1.1	Verkon rakenne.....	40
7.1.2	Tietopaketti.....	41
7.2	Bluetooth-väylä ajoneuvossa.....	42
8	VERKOTTUNUT AJONEUVO.....	42
8.1	Tyypillinen henkilöauto.....	43
8.2	Kuorma-auto.....	43
8.3	Testausliitäntä.....	44
8.4	Järjestelmien vertailu.....	46
9	POHDINTA.....	47
10	LÄHDELUETTELO.....	49
11	LIITELUETTELO.....	52

1 JOHDANTO

Ajoneuvojen elektroniset järjestelmät ovat viimeisen parinkymmenen vuoden aikana kehittyneet ja lisääntyneet hurjaa vauhtia. Nykyisin henkilöauton valmistuskustannuksista jopa neljännes voi koostua elektroniikasta ja arvioiden mukaan selkeästi suurin osa uusista innovaatioista, eli uusista keksinnöistä liittyy juurikin elektronisiin järjestelmiin. Elektronisista järjestelmistä suuren osan kustannuksista tekee niin ikään johtosarjat, sillä niiden valmistusta on hankala ja miltei mahdotonta automatisoida ja näin ollen joudutaan käyttämään kallista käsityötä.

Elektroniikan lisääntyminen on vaatinut autonvalmistajia kehittämään vaihtoehtoisia tiedonsiirtoratkaisuja. Koska yhä useampi ohjainlaite tarvitsee samoja mitattuja suureita ja jokaisen ohjainlaitteen ei ole järkevää mitata sitä itse, sekä johtosarjojen yksinkertaistamisen takia, on ohjainlaitteet kytketty toisiinsa erityyppisillä tiedonsiirtoväylillä. Väylien ansiosta saadaan johtosarjoja yksinkertaistettua ja kustannuksia pienennettyä. Myös yleistyvät multimedialaitteet asettavat paljon haasteita ajoneuvojen vaikeissa olosuhteissa tapahtuvalle tietoliikenteelle.

Tässä insinööriyössä tutkitaan ja käsitellään erilaisten tiedonsiirtoväylien toimintaa sekä lopuksi vertaillaan niiden ominaisuuksia. Tutkittavia järjestelmiä on valittu kaikista erilaisista käyttökohteista ja näin pyritty saamaan kokonaiskuva ajoneuvon sisäisestä tiedonsiirtoliikenteestä. Työn kohteeksi valituista tiedonsiirtojärjestelmistä on pyritty selvittämään fyysisen rakenteen, protokollan ja viestien muodostumisen lisäksi mitattavuuden ja vianetsinnän mahdollisuuksia. Työ on suoritettu itsenäisesti perehtymällä internetistä ja kirjallisuudesta löydettyihin materiaaleihin. Työstä on pyritty tekemään selkeä kuvaus nykyaikaisista väylätekniikoista ja niiden muodostamasta kokonaisuudesta.

Tutkittaviksi kohteiksi valitut CAN- ja LIN-väyläjärjestelmät muodostavat omanlaisensa kokonaisuuden ja niitä käytetään nykyaikaisen ajoneuvon yksinkertaisten sähkö- ja elektroniikkalaitteiden verkottumisessa. Erilaisia viihde- ja mukavuusjärjestelmiä yhdistävä MOST-väylä on käytetyimpiä multimediaiinformaatiota siirtävä järjestelmä. Flex Ray on vielä nykyisin harvinaisempi väyläjärjestelmä, mutta tulevaisuudessa se tulee olemaan yleistyvä kehittyneiden turvajärjestelmien välinen tiedonsiirtomenetelmä.

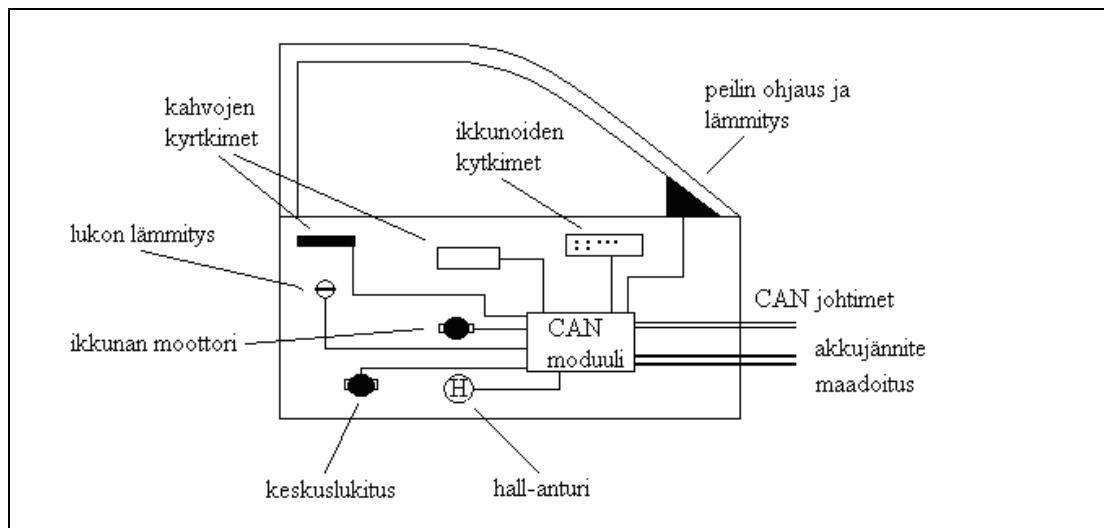
Ajoneuvojen mukavuusjärjestelmien vaatimusten ja odotusten jatkuvan kasvun takia on viime vuosina sovellettu erilaisten langattomien yhteyksien käyttöä myös ajoneuvoissa ja niistä käsittelen radioaaltoihin perustuvaa Bluetooth-järjestelmää. Työssä tutkituissa väyläjärjestelmissä kiinnitetään myös huomiota niiden kehitysaikoihin, sekä niiden kehittäjiin. Näin työhön on pyritty saamaan kokonaisnäkemyksiä ajoneuvojen väyläjärjestelmien monipuolistumisesta ja kehitys suunnasta. Työn loppuun olen tiivistänyt ajoneuvoissa yleistyneen OBD (On-Board-Diagnosis) testausliitännän toimintaa ja sen käyttöä, sekä esittänyt esimerkkien avulla erityyppisten väyläarkkitehtuurien kokonaisuutta.

2 TIEDONSIIRTOVÄYLÄ

Väylällä tarkoitetaan tietokoneen sisäistä tai tietokoneiden välisiä johtimia. Tietokoneiden ulkopuolella käytetään väyliä tietokoneiden, älykkäiden antureiden ja toimilaitteiden keskinäiseen tietojen vaihtoon [1, s.120]. Väylään liitettäviä laitteita kutsutaan usein solmuiksi tai asemiksi. Ne voivat joko lähettää tietoa, ottaa vastaan tietoa tai sekä että. Useimmiten asemat toimivat kummallakin tavalla, ja vähintäänkin ne voivat lähettää pyyntöjä haluamastaan tiedosta. [1, s.125]

2.1 Ajoneuvoväylät

Ajoneuvo käytössä laitteiden väliset johdinsarjat muodostavat suuren kokonaisuuden johon liittyy paljon ongelmia. Perinteisesti yksittäisillä johdoilla tiedonsiirto aiheuttaa todella paksuja johdinsarjoja. Tämän seurauksena tulevat rajoittaviksi tekijöiksi ohjainlaitteiden liittimien määrä, johdinsarjojen kohoava paino sekä paksujen johdinnippujen aiheuttavat jopa kymmenien ampeerien virrat ja siitä johtuvat kovat lämpörasitukset sekä suuret sähkömagneettiset häiriöt. Myös luukkujen ja ovien saranoinnista johtuen läpivientien johtomäärällä on suuri merkitys kestävyteen ja luotettavuuteen. Hyvin varustellun auton johdinsarja voi painaa liittimineen satoja kiloja ja sen pituus voi olla useita kilometrejä. Esimerkiksi oven läpiviennin johdin määrä voi nousta mooneen kymmeneen käytettäessä jokaiselle oven varusteelle omia johtimia. Väyläratkaisulla johdin määrä voi periaatteessa pudota alle viiteen. [1, s.124–126]



KUVA 1 Väyläteknikalla saavutettu pieni johdinmäärä [4].

Ongelmien välttämiseksi on ajoneuvoihin kehitetty erilaisia tiedonsiirtoväyläratkaisuja eri käyttöalueisiin. Keräämällä esimerkiksi kaikki oven sisältämä informaatio ja toimilaitteiden vaatima ohjaus yhteen moduuliin, saadaan älykkäällä väyläteknikalla yksinkertaistettua johdinsarjat ja pienennettyä ovenläpiviennin johdinnippu minimiin, kuva 1. Tällä tavoin paikallisella väyläratkaisulla tarvitaan periaatteessa väyläjohtimien lisäksi vain virransyöttö ja maadoitus. Perinteisellä johdinsarjalla nykyaikaisen ovenläpivienti vaatisi jopa yli 30 johdinta ja näin ollen sen kestävyys olisi miltei mahdoton taata. Toisaalta multimedialaitteista johtuen esimerkiksi kuvan siirtäminen useaan paikkaan on pakottanut siirtymään nopeisiin väyläratkaisuihin, sillä tämä ei onnistuisi ollenkaan ilman digitaalista tiedonsiirtoelektroniikkaa.

2.2 Ajoneuvoväylien pääryhmät

Koska eri käyttökohteesta riippuen erilaiset elektroniset ja mekatroniset järjestelmät vaativat erityyppisiä ominaisuuksia, kuten turvajärjestelmissä luotettavuus ja toisaalta yksinkertaisissa korin sähköjärjestelmissä hinta. Auton sisäiset väyläratkaisut voidaan jakaa kolmeen eri pääryhmään niiden käyttötarkoitusten perusteella [2].

2.2.1 Runkorakenteet ja moottorinohjaus

Runkorakenteisiin ja luetaan korin yksinkertaisista järjestelmistä esimerkiksi ajoneuvon mittaristot, peilit, ovien lukot, turvavyöt sekä passiiviset turvatyyny. Mootto-

rinohjaukseen luetaan itse moottorinohjaus, lukkiutumattomat jarrut, päästöjen valvonta ja voimansiirtolaitteet. Runkorakenteet ja moottorinohjaus ryhmään kuuluvat tässä työssä myöhemmin tarkemmin käsiteltävät CAN- ja LIN-väylät. Eri tahoista riippuen jaetaan tämä ryhmä vielä kahdeksi omaksi ryhmäksi, mutta koska runkorakenteissa ja moottorinohjauksessa käytetyt CAN- ja LIN-väylät yhdistyvät useimpien kokonaisuudeksi on järkevämpää laskea nämä yhdeksi ryhmäksi.

2.2.2 Kehittyneet turvajärjestelmät

Kehittyneillä turvajärjestelmillä tarkoitetaan elektronisesti ohjattuja ja valvottuja jarru- ja, ohjausjärjestelmiä sekä muita kuljettajaa tukevia aktiivisia turvajärjestelmiä. Tässä ryhmässä joistakin tulevaisuuden järjestelmistä käytetään myös nimitystä X-by-wire, X-by-wire tarkoittaa elektronisesti aktiivisesti ohjattua järjestelmää, esimerkiksi täysin elektronista ohjausta (steering by wire), jossa ei tarvita mekaanista yhteyttä ohjauspyörään ja jossa järjestelmä toimii täysin antureiden ja toimilaitteiden avulla. Tämänkaltaisen järjestelmän tavoitteena on pyrkiä kokonaan eroon painavista ja tilaa vievistä hydraulisista ja mekaanisista osista. Tällaiset sovellukset vaativat väylältä ehdotonta luotettavuutta ja determinisyyttä, eli taattua vasteaikaa. Näissä järjestelmissä käytettyä valokaapelilla tai kuparijohtimella toimivaa FlexRay-väyläratkaisua käsitellään myöhemmin.

2.2.3 Viihdejärjestelmät

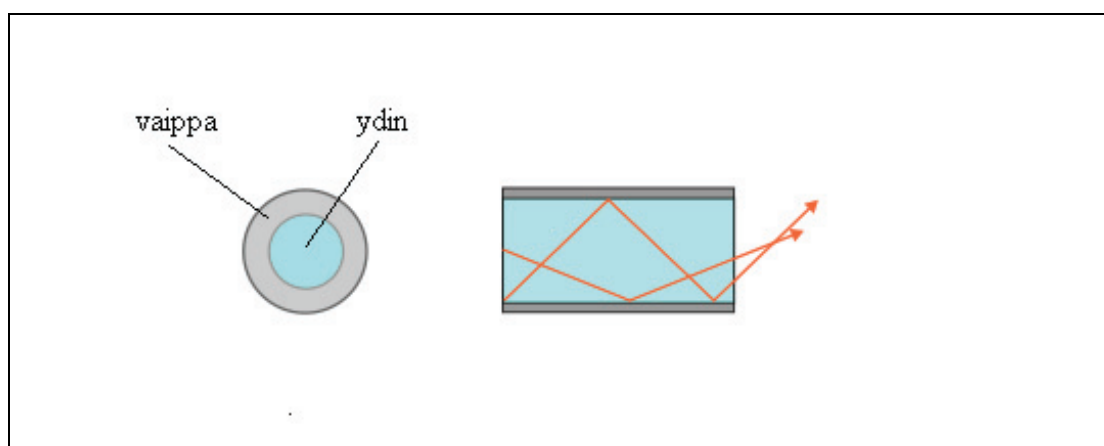
Ajoneuvoissa yleistyvät viihde- ja navigointijärjestelmät edellyttävät tiedonsiirroiltaan nopeampia väyliä eivätkä perinteiset runkorakenteissa käytettyjen väylien nopeudet ja kaistanleveydet riitä täyttämään näitä vaatimuksia. Näihin laitteisiin on kehitetty valokaapelia fyysisenä siirtotapana käytäviä väyläjärjestelmiä. Näistä yleisin ratkaisu on MOST-väylä jota käsitellään myöhemmin tarkemmin. Myös langattomia väyläjärjestelmiä on kehitetty, nämä mahdollistavat esimerkiksi matkapuhelimen liittämisen autossa fyysisesti oleviin laitteisiin. Työssä käsitellään tarkemmin myös langatonta Bluetooth-yhteyttä käyttävää väyläjärjestelmää.

2.3 Valokaapeli

Koska ajoneuvoihin halutaan yhä nopeampia ja vaativampia tiedonsiirtoväyliä, on perinteisille kuparikaapeleille kehitetty parempia vaihtoehtoja. Nopeammissa väylissä onkin yleistynyt valokaapeleiden käyttö. Optisen eli valokuidun periaatteena on, että kuituun lähetetään yleisimmin LED:illä infrapunavaloa, eli punaisen alueen valoa, jonka aallonpituus on 650nm. Optinen signaali vastaanotetaan PIN-valodiodin avulla. Valo lähetetään kuituun sen päästä pienessä kulmassa kuidun suuntaan nähden niin, että tapahtuu valon kokonaisheijastus kuidun seinämistä eteenpäin. Valokuidun ympäröimä osa (vaippa) on optisesti tiheämpää kuin sisäosa (ydin), ja kun sisään tulevan valosäteen tulokulma on suuri vähintään yli 42° , tapahtuu kokonaisheijastus, joten valo pysyy kuidun sisällä kuidun pituudesta riippumatta. [1, s.147]

2.3.1 Kuitutyypit

Olemassa olevia tiedonsiirto kuituja on kahta päätyyppiä, yksimuotokuituja (monomode) ja monimuotokuituja (multimode). Monimuotokuituja on edelleen kahta erilaista, askelkuitua ja asteittaiskuitua. Askelkuidusta käytetään myös nimitystä porraskuitu ja asteittaiskuidusta nimitystä gradienttikuitu. Kuidut ovat jaettu niiden valon taittamisen perusteella. Ajoneuvojen valokaapeleilla toimivat väylä järjestelmät toimivat lähes poikkeuksetta monimuotoisia askelkuituja. [1, s.148; 3, s.181]

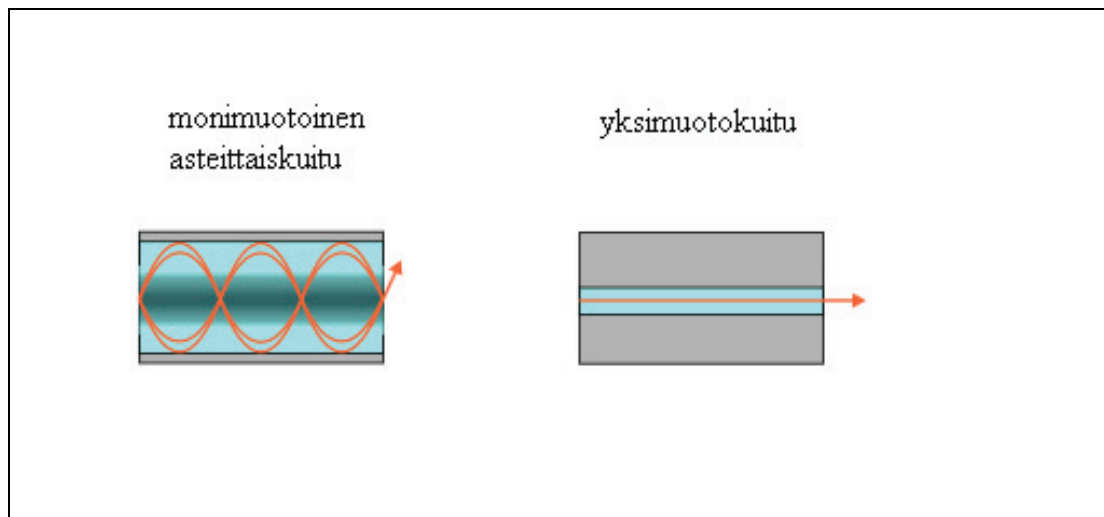


KUVA 11 Monimuotoisen askelkuidun rakenne ja valon kulkeminen [11].

Kuvasta 11 nähdään kuinka monimuotoisessa askelkuidussa valon heijastuminen on suoraan verrannollista tulokulmaan. Valon aallonpituudesta riippuen valo etenee kui-

dussa eri kulmissa heijastellen. Koska eritaajuuksilla valolla on eri matka kuljettavana, levenee pulssi edetessään ja syntyy muotodispersiota, eli kun valopulssin eri etenemiskomponenteilla on eripituinen matka kuljettavanaan, joten pitemmän matkan kulkevat komponentit saapuvat perille myöhemmin. [11]

Valo säteeseen liitetään informaatiota eli jokin informaatio moduloidaan. Valon taajuus on suuri noin 500 THz joten myös liitettävän informaation taajuus voi olla suuri, jopa tuhannes osa valon taajuudesta eli 500 GHz. Tällaiseen modulointiin voidaan siis käyttää hyvin laaja kaistanleveys, kuten esimerkiksi median siirrossa on tarpeen ja toisinaan välttämätöntä. [1, s.147; 119]



KUVA 12 Valon kulkeminen muissa kuitutyypeissä [11].

Asteittaistaittekerrotoimisessa monimuotokuidussa, eli asteittaiskuidussa valonsäteet taittuvat vähitellen kuorta lähestyessä, eikä jyrkästi kuten askelkuidussa (kuva 12). Tämän vuoksi valonnopeus on suurempi laidoilla kuin keskiosassa kuitua ja siksi muodostuu vähemmän muotodispersiota. [11]

Yksimuotokuidussa ytimen halkaisija on taasen niin pieni että valon taittumista ei juuri tapahdu, joten tietyllä aallon pituudella on vain yksi muoto. Vaikka yksimuotokuidussa ei tapahdu ollenkaan muotodispersiota, esiintyy siinä erilaista kromaattista dispersiota. Kromaattinen dispersio on täysin materiaalien ominaisuuksista johtuva eri aallonpituisten valojen nopeus ero. Myös vaimennus yksimuotokuiduilla on huomattavasti pienempi kuin muilla kuitutyypeillä, johtuen että signaalin etenee suoraan. [11]

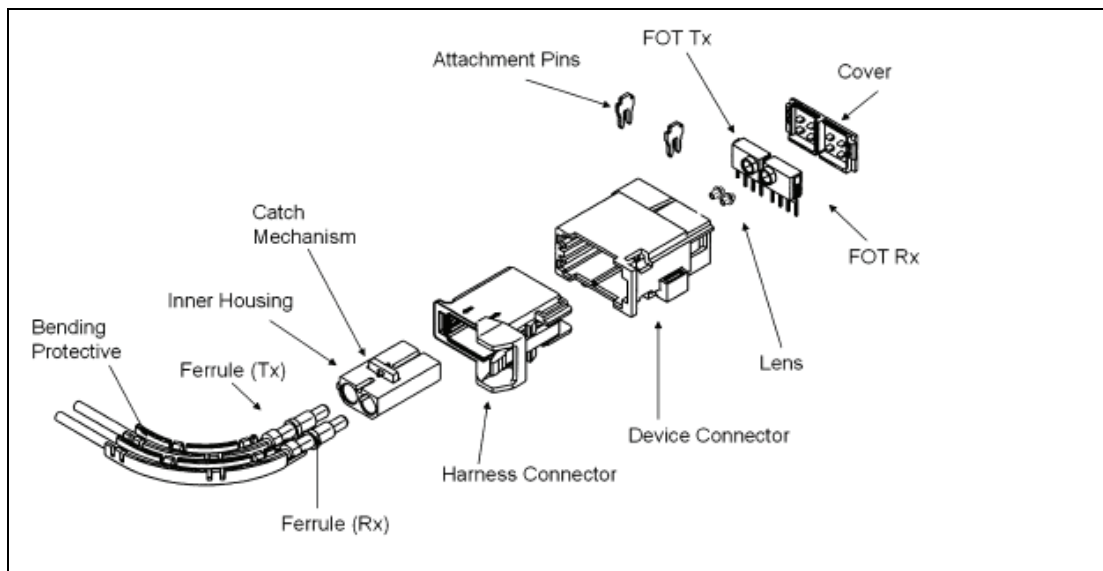
2.3.2 Ominaisuudet ja rakenne

Ajoneuvokäytössä valokuitujen käytöllä saadaan merkittävä etu, koska ne eivät kuparijohtimien tavoin aiheuta ollenkaan sähkömagneettisia häiriöitä ja ne ovat häiriöille täysin immuuneja. Myös valokaapeleiden keveys ja joustavampi reititys mahdollisuus ovat suuri tekijä verrattuna metallisiin. Merkittävin etu on kuitenkin jopa 10 kertaa nopeampi tiedonsiirto mahdollisuus.

Ajoneuvoväylien kuitukaapelin ytimenä käytetään POF muovikuitua (Plastic Optical Fiber). Ytimen halkaisija on 980 μm ja sen eristeenä toimii 20 μm paksu optinen vaippa, jolla on heikko heijastusindeksi. Optisen johtimen kokonaishalkaisija on siis 1 mm, jonka päällä on musta materiaali sekä päällimmäisenä vielä suoja kuori ympäröivää kosteutta, lämpöä ja valoa vastaan. Koko kaapelin halkaisijaksi muodostuu 2,3 mm. Optisella kuidun rikkoutuminen on helposti tarkastettavissa irrottamalla se vastaanottavan ohjainlaitteen päästä ja tarkastamalla tuleeko sinne selkeää valoa. Mahdollisia fyysisiä vikoja ovat katkeamisen lisäksi, liian suuri taivutus, venytys, sulaminen, puristuminen tai lian pääsy kaapeliin. [5, s.62]

2.3.3 Tiedonsiirto valokaapelilla

Siirrettäessä digitaalista tietoa valokaapelilla vaatii se modulaattorin joka pystyy muuttamaan tiedon kaapelissa tarvittavaan valon muotoon. Sekä tiedon vastaan ottavan yksikön puolella tarvitaan oma modulaattori kääntämään tieto takaisin digitaalseksi jatko toimenpiteitä varten.



KUVA 14 Optisen valokaapelin liittäminen modulaattoriin. [12, s.119]

Lähtävän aseman puolella käytetään modulaattorin ohjaamaa LED:iä (Light Emitting Diode). Siitä käytetään nimitystä Tx-FOT (Fiber Optic Transceiver) kuva 14.

LED:in avulla saadaan muutettua sähköenergia valoksi. Toiminta perustuu pn-liitokseen jossa p-aineen puolta nimitetään anodiksi ja n-aineen puolta katodiksi. Valodiodissa seostamalla n-johtava peruskide ohuella p-johtavalla kerroksella saadaan komponentti, joka tuottaa valoa. Kun kynnysjännite ylitetään, tapahtuu pn-rajapinnassa runsaasti elektronien ja aukkojen yhdistymistä ja tämä energia vapautuu valona. Oikealla puolijohde materiaalilla saadaan tuotettua valokaapeleissa käytettyä infrapunavaloa. [1, s.63; 5, s.62]

Vastaavasti vastaanottavan aseman päässä valo muutetaan jälleen digitaaliseksi PIN-valodiodin avulla, josta käytetään puolestaan nimitystä Rx-FOT kuva 14. Valodiodissa toiminta perustuu diodiin jonka koteloon lisätään ikkuna. Ikkunasta ulkoa tuleva valo pääsee rajapinnalle ja näin tietyn tyyppisen diodin johtokyky muuttuu valaistuksen mukaan. Valodiodi saadaan herkistettyä siten että se ei reagoi näkyvälle valolle vaan tässä tapauksessa käytetylle infrapunasäteilylle. [5, s.62; 1, s.64]

Kuvasta 14 nähdään myös valokaapeleissa käytetyn liittimen rakenne, johtimien puolelta (Harness Connector) ja laitteen puolelta (Device Connector). Itse valokaapeli liitetään liittimeen omalla mekanismilla (Catch Mechanism). [12, s.119]

3 CAN-VÄYLÄ

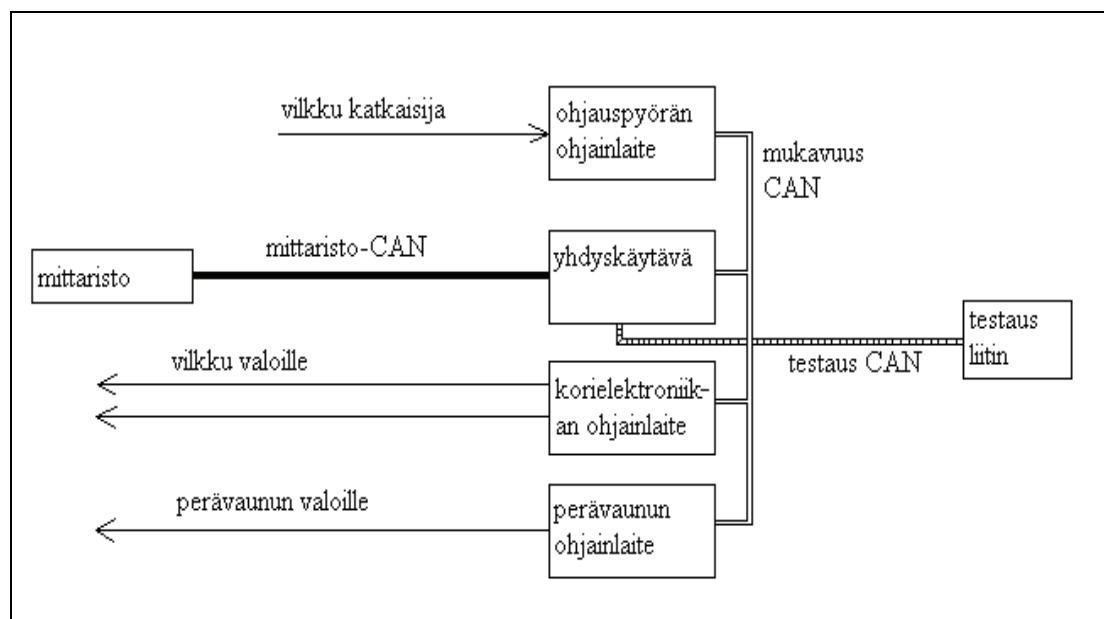
CAN- väylän lyhenteet tulevat englannin kielen sanoista Controlled Area Network. Tekniikan kehitti alun perin 1980-luvulla Robert Bosch GmbH hajautettujen ohjausjärjestelmien reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon, kuten ABS-jarruysikköjen, moottorinohjausyksikön ja vaihteistonohjausyksikön väliseen reaaliaikaiseen kommunikointiin. Tämänkaltaista tiedonsiirtojärjestelmää on ensimmäisenä käytetty BMW:n 850 sarjan henkilöautossa jo 80-luvulla. Mutta järjestelmät yleistyvät monipuolisempina vasta 2000-luvulla, ja nykyisin CAN-väylätekniikkaa käytetään myös toimilaitteiden ohjaukseen ja anturitietojen välittämiseen. Järjestelmästä on lukuisia eri standardeja sekä spesifikaatioita joiden keskinäiset eroavaisuudet eivät ole suuria. Yleisimmät standardit henkilöautoihin ovat kansainvälisen järjestön International Organization Engineering ISO 11898 ja Yhdysvaltalainen Society of Automotive Engineers SAE J 2284 [1, s.130]. ISO 11898 on kaksiosainen, joista osa yksi käsittää siirtoyhteyserroksen ja osa 2 fyysisenkerroksen. CAN-väylän käyttö ei vaadi lisenssiä muuta kuin valmistettaessa CAN-protokollan sisältävän integroidun piirin [4, s.4].

3.1 CAN-tiedonsiirto

Toiminta CAN-väylässä perustuu multimaster-periaatteeseen, suomenkielessä siitä käytetään nimitystä usean isännän väylä. Tällä tarkoitetaan sitä, että jokainen lineaariseen väylään kytketty solmu eli ohjainlaite on samanarvoinen. Rakenteen avulla on järjestelmästä saatu luotettava ja näin ollen yhden ohjainlaitteen rikkoutuminen ei kaada koko järjestelmää. Liikennöinti väylällä tapahtuu tietyn tyyppisillä viestikehyksillä. Jokaisen solmun lähettämä viesti voi olla enintään 8 tavua eli 64 bittiä. Viestin sisältöä käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.2. Väylän viestien osoittaminen viestipohjaista, joten jokainen viesti sisältää kiinteän tunnisteiden (tunniste ID), josta selviää viestin sisältö ja sen prioriteetti, eli kiireellisyys. Näin ollen sanomat lähetetään yleisesti vastaanotettavaksi (broadcasting), jokainen solmu prosessoi vain sellaiset viestit jotka ovat tämän hyväksytyjen tunnisteiden listalla. Jokainen solmu voi siis lähettää väylään viestin ja viestin vastaanottaa vain ne solmut jotka tarvitsevat viestiä. Eri viestien väylään pääsy järjestys määräytyy viestin prioriteetin mukaan joka selviää tunniste ID:stä, mitä matalampi binäärinen tunniste viestillä on, sitä kiireellisempi on sen sisältö. Tilanteessa missä useampi solmu yrittää lähettää viestiä samanaikaisesti järjestelmä vastaa wired-AND sovittelukomennolla ja ratkaisee kiireellisimmälle vies-

tille ensimmäisen vuoron, tällöin muut siirtyvät vastaanottotilaan ja yrittävät uudelleen verkon vapauduttua.

CAN-verkko käyttää hyväksi asynkronista eli tahdistamatonta synkronointimenetelmää, tämä perustuu yksittäisten merkkien tunnistamiseen ja on tästä syystä hidas. Synkroninen eli tahdistettu tiedonsiirtoprotokolla on aika ohjattu joten viestit siirtyvät yksiköille ennalta määrätyssä ajassa, aika ohjatusta protokollasta käytetään nimitystä TTP, Time Triggered Protocol, Myöhemmin käsitellyt MOST ja Flex Ray järjestelmät ovat täysin synkronisia. Myös CAN-väylästä on kehitetty laajennusta aikaohjattuun protokollaan, joka on nimeltään TTCAN (Time Triggered CAN). Se sisältää sekä aika ja tapahtumaohjatun toiminnon ja pystyy vapaasti jakamaan näiden toiminnan ja on yhteensopiva CAN-väylän kanssa. TTCAN on anottu laajenuksena CAN-ISO-standartiin (ISO 11898-4) [3, s.989–992]



KUVA 2 Teoreettinen väyläliikenne, lineaarisessa väylätopologiassa [mukailtu lähde 5, s.25].

Teoreettisessa väyläliikenteessä (kuva 2) vilkun käyttämisessä tarvittu informaatio liikkuu kahden erillisen väyläjärjestelmän kautta, tieto saadaan tarvittaessa myös erilliseen testausväylään. Väyläratkaisulla saadaan huomattavaa etua mahdollisen vian etsinnässä, sillä testaus CAN-väylää lukiessa väyläliikennettä ymmärtävä diagnositestauslaite pystyy kääntämään tiedot haluttuun muotoon. Käytettäessä tämän-

tyyppistä väylätologiaa on mahdollista liittää pienellä lisätyöllä uusia asemia, kuten perävaununohjainlaite (kuva 2).

Enimmäismäärä CAN-väylään liitetystä solmuista voi olla jopa yli 200 joten enimmäismäärä ei henkilöautoissa ole vielä rajoittava tekijä. Enimmäismäärän rajoittaa moduuleissa sijaitsevat lähetin-vastaanottimet. Maksimiin 200 solmua päästään käyttämällä erilliskomponentteja ja valmiilla IC-piirillä (Integrated Circuit) eli valmiilla mikropiirillä solmut rajoittuvat 110:een. Koska 110 aseman väylä on vielä riittävän laaja ja valmiilla IC-piirillä valmistettu lähetin-vastaanotin on huomattavasti edullisempi, on tämä vaihtoehto myös käytetyin. Väylän suurin pituus rajoittuu puolestaan sen nopeuden mukaan seuraavasti:

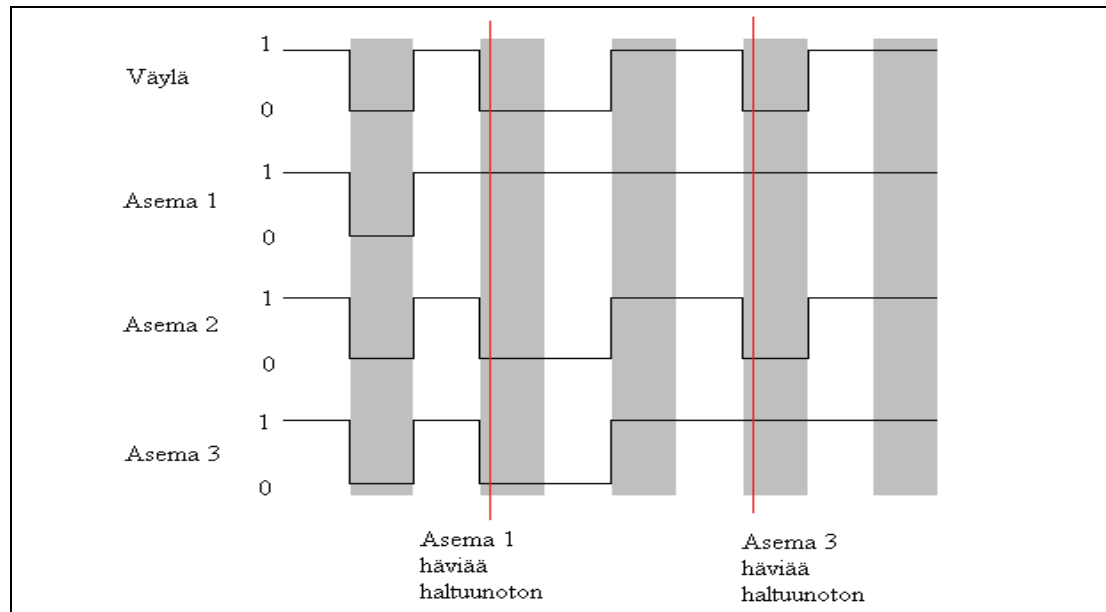
- Väylän pituus 40 metriä nopeudella 1 Mbit/s
- Väylän pituus 1 000 metriä nopeudella 50 Kbit/s

Rajoittava tekijä johtuu väylän kilpavarusteperiaatteesta ja kehyksen sisäisestä kuitausbitistä. Eli koska väylä liikenne ei ole aikasidonnaista täytyy pituutta rajoittaa suhteessa väyläliikenteen nopeuteen. Yllä mainitut nopeus ja pituus suhteet ovat määriteltä standartissa, mutta näiden välille on annettu myös suositus nopeus/pituus suhteita. Yleensä henkilöautoissa käytetään useampaa CAN-väylää joista hitain CAN Low speed 125 Kbit/s riittää esimerkiksi penkkien ja ikkunoiden ohjaukseen, suositus pituus tällöin 500 metriä. nopeampi CAN High speed 1 Mbit/s esimerkiksi moottorin ja jarrujenhallintaan. High ja Low speed standartit eroavat nopeuden lisäksi vain jännitetasoista. [4, s.5]

3.1.1 Väylän haltuunotto

Koska CAN- järjestelmän ideana on, että jokaisella väylään liitetystä moduulista on yhtä suuri käyttöoikeus väyläliikenteeseen, on väylälle pääsyn kilpailu periaatteena että tärkein viesti pääsee ensin ja muut yrittävät viestiään myöhemmin uudelleen. Koodattaessa bitit väylälle nollabitti kumoaa ykkösbitin, jolloin väylässä näkyy nollabitti ja ykkösbitin kirjoittanut tietää menettäneensä käyttöoikeutensa. Bittien erottelu perustuu pelkästään niiden kestoajaan, joten kahden perättäisen sama bitin välillä

jännitetaso ei muutu ja jännite väylässä jää siihen mihin se viimeiseksi on asetettu, tästä koodauksesta käytetään nimitystä NRZ eli Non Return Zero. [4, s.5]

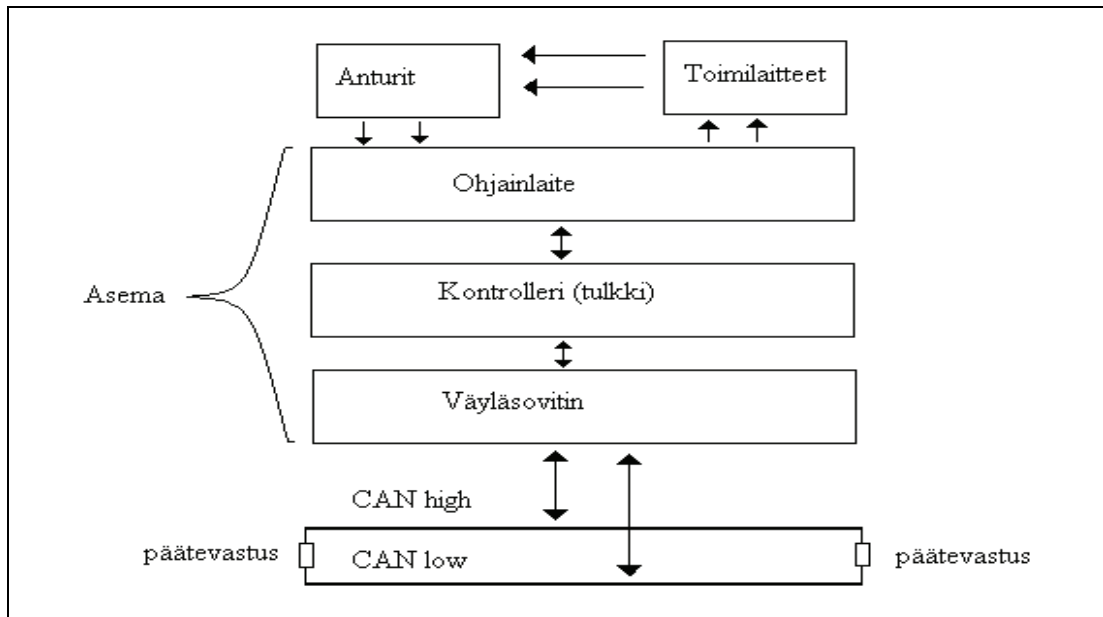


KUVA 3 Väylän haltuunotto biteittäin [mukailtu lähdettä 5, s.35].

Kuvasta 3 selviää kuinka väylän haltuunotto tapahtuu, asemien kilpaillessa biteittain. Ensimmäisenä asema 1 häviää haltuunoton sen lähettäessä 1 bittiä ja asemoiden 2 ja 3 lähettäessä määräävää 0 bittiä. Aseman 3 hävitessä haltuunoton asema 2 lähettää määräävää 0 bittiä ja saa näin viestinsä perille. Väylässä näkyvät bitit ovat samat kuin aseman 3 lähettämät. Haltuunoton menettäneet asemat siirtyvät hävitessään vastaanottilaan.

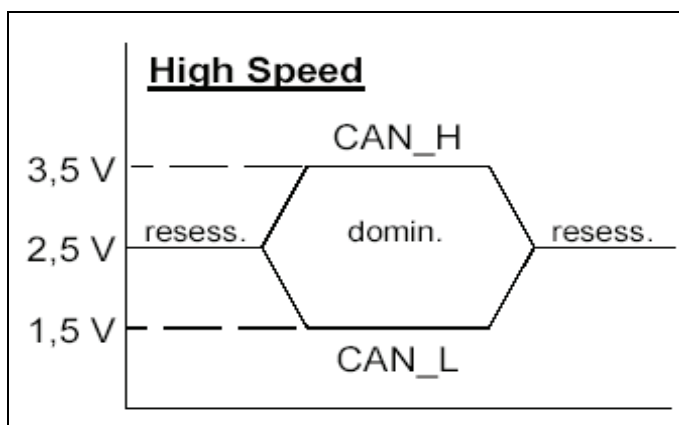
3.1.2 Fyysinen rakenne

CAN-väylän fyysistä rakennetta ei käsitellä kaikissa standardeissa. Alkuperäisessä Bosch'in CAN-spesifikaatiossa ei mainita fyysisestä rakenteesta/kerroksesta mitään. ISO 11898 CAN standardi määrittää vain käytettäväksi parikaapelia sekä jotain vaatimuksia liittimille, mutta ei yksilöi käytettävää liittintyyppiä. Varsinkin nopeammassa High speed väylässä käytetään kuitenkin suojattua toistensa ympärille kiedottua parikaapelia. [1, s.133]



KUVA 4 CAN-väylän rakenneperiaate [mukailtu lähdettä 6, s.181].

Elektroninen asema (kuva 6) koostuu itse ohjainlaitteesta joka ohjaa toimilaitteita ja ottaa vastaan anturitietoja, sekä väyläsovittimesta ja näiden välisestä kontrollerista eli tulkista. Itse väylä koostuu kahdesta toistensa ympäri kierretystä suojatusta kupari-kaapelista, joiden päässä on 120 ohmin päätevastukset. Päätevastukset voivat myös olla integroituna elektroniikkayksiköihin erillisten vastusten sijasta. Tiedonsiirto väylässä perustuu näiden kahden johtimen CAN H ja CAN L väliseen jännite-eroon, näin eduksi saadaan parempi suojaus ulkopuolisilta jännitehäiriöiltä, sillä häiriö heijastuu molempiin johtimiin jännite-eron johtimien välillä kuitenkin muuttumatta.

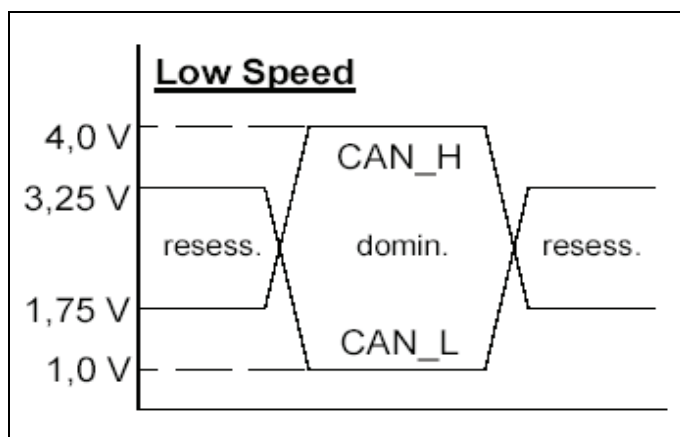


KUVA 5 Nopean CAN-väylä verkon jännitetasot [4, s.10].

CAN High Speed standardin mukaiset johtimien jännitteet (kuva 5) 1 ja 0 bitille ovat:

- 1 bitti, resessiivinen eli väistytävä tila
 - High johdin 2,5v
 - Low johdin 2,5v
- 0 bitti, dominantti eli määräävä tila
 - High johdin 3,5v
 - Low johdin 1,5v

Jännite erot High ja Low johtimien välillä ovat siis 1 bitillä 0v ja 0 bitillä 2v [1, s.133–135]



KUVA 6 Hitaan CAN-väylä verkon jännitetasot [4, s.10].

Hitaamman CAN Low Speed standardin mukaiset johtimien jännitteet (kuva 6) 1 ja 0 bitille ovat:

- 1 bitti, resessiivinen eli väistytävä tila
 - High johdin 1,75v
 - Low johdin 3,25v
- 0 bitti, dominantti eli määräävä tila
 - High johdin 4v
 - Low johdin 1v

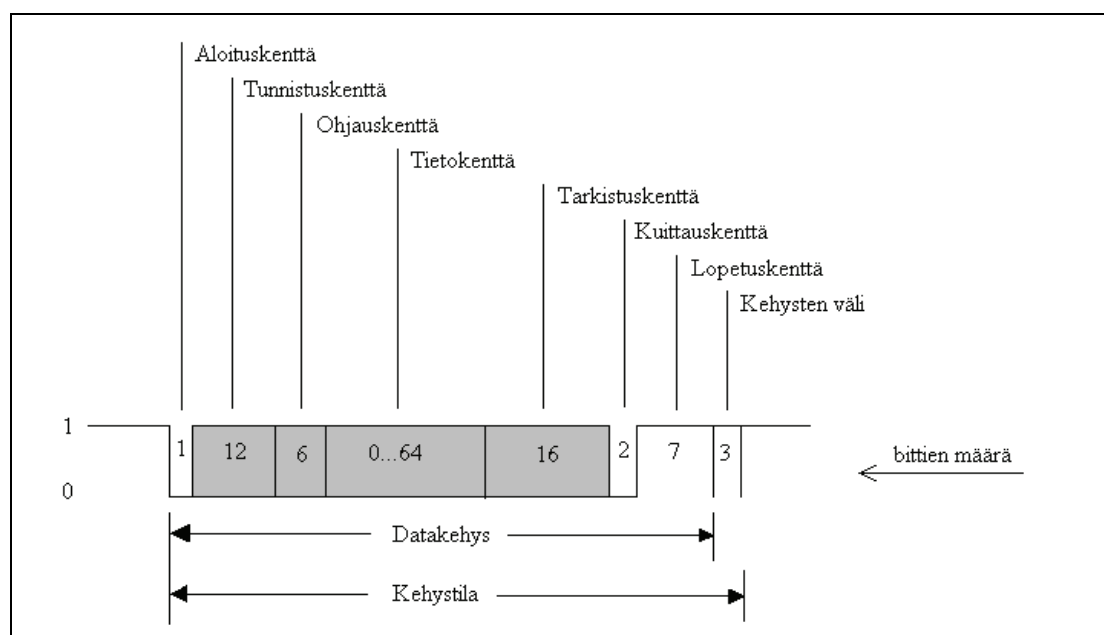
Jännite erot hitaamman nopeuden standartissa ovat siis 1 bitillä 2,5v ja 0 bitillä 3v.

Käytännössä myös hitaammissa verkoissa on käytetty nopeampaan verkkoon standardeoituja jännitetasoja. [1, s.133–135]

3.1.3 Viestikehys

CAN-väylällä liikkuvien viestien muodot perustuvat neljään erityyppiseen viestimuo-
toon eli viestikehykseen. Yleisimmästä viestistä joka sisältää jonkin tiedon, esimer-
kiksi ajonopeuden käytetään nimitystä tietokehys, tällaisen viestikehyksen tuottaa
lähettävä asema ja kaikki tätä tietoa tarvitsevat solmut ottavat kehysten tietoineen
vastaan. Kaikki väylällä olevat asemat voivat lähettää myös pyyntökehysten, jonka
tarkoituksena on kertoa halukkuus jostain tietyistä informaatiosta. Halutun informaati-
on tuottaja vastaa tähän pyyntökehukseen tietokehyksellä. Lisäksi asemat voivat lähet-
tää havaitsemastaan viasta tai virheestä virhekehysten ja muut asemat saavat tiedon
mahdollisesta viasta. Neljäs viestimuo-
to on ylikuormakehys. Tätä käyttäessä asemat
voivat saada aikaan viiveen tieto- tai pyyntökehysten välille. Tämän kehysten lähet-
tävä ohjainlaite kertoo siis että ei sillä hetkellä pysty käsittelemään toista kehystä. [5,
s.36]

CAN-järjestelmä tukee kahdenlaista datakehysformaattia jotka ovat määriteltä CAN
2.0A- ja CAN 2.0B-standardeissa. Nämä kehysmuodot eroavat tunnisteiden pituudella,
normimuotoisella ID on 11 merkkiä ja laajennetussa formaatissa ID on kaksiosainen
11+18 bittiä. Siirtodatakehys voi sisältää normimuodossaan 130 bittiä ja laajennetussa
150 bittiä. Kehykset ovat keskenään yhteensopivia ja niitä voidaankin käyttää samassa
verkossa. [3, s.990; 5, s.35]



KUVA 7 CAN-viestin muoto [mukailtu lähteitä 3, s.991 ja 6, s.185].

Viestin ensimmäinen bitti on kehyksen aloituskenttä, joka ilmoittaa viestin alkamisesta. Aloituskenttä synkronoi kaikki asemat, jonka jälkeen asemat lukevat viestiä bitti kerrallaan, joka tekee CAN-väylän liikenteestä asynkronista eli tahdistamatonta. Aloituskentästä käytetään myös lyhennettä SOF (Start of frame). Aloituskenttä kuvataan hallitsevalla 0 bitillä.

Tunnistuskentästä käytetään myös nimitystä haltuunottokenttä. Normimuodossa tunniste (ID) on 11 bitin mittainen jonka lopussa on ohjaus bitti RTR (Remote transmission request). RTR bitti kertoo onko kyseessä tieto- vai pyyntökehys, niin että hallitseva 0 bitti tarkoittaa tietokehystä ja väistynä 1 bitti kyselykehystä. Tämän jälkeen normimuodossa tulee IDE (Identifier extension bit) joka kertoo onko viesti normimuotoinen vai laajennettumuotoinen, kuvassa 6 tämä bitti on laskettu ohjauskenttään. IDE on normimuodossa väistynä 1 bitti joten tämä varmistaa että laajennettu formaatti on aina etusijalla normimuotoista. Laajennetussa muodossa 11 bitin tunnisteen jälkeen seuraa lisäksi SRR bitti (Substitute remote request) joka korvaa normimuodon RTR bitin. Tätä seuraa IDE bitti, joka on sama kuin normimuotoisessa, mutta se lasketaan kuvassa 6 tunnisteeseen. Sitä seuraa itse 18 bitin mittainen laajennetun formaatin tunniste, jonka jälkeen tulee normimuotoisessakin käytetty RTR bitti.

Ohjauskenttä koostuu normimuotoisena aiemmin mainitusta IDE bitistä, tarpeisiin varatusta väistynä lähetetyistä bitistä sekä neljästä itse ohjausbitistä joka kertoo minkä pituinen itse tietokenttä on, tämä auttaa vastaanottajaa päättelemään onko kaikki tieto saapunut. Laajennetussa formaatissa ohjauskenttä on muuten samanlainen kuin normimuotoisenkin, mutta IDE on laskettu jo tunnisteeseen. Ohjauskentässä on 4 bittisen ohjauksen sekä varatun bitin lisäksi yksi ei käytössä oleva bitti, eli yhteensä kuvassa 7 lasketut 6 bittiä.

Tietokenttä sisältää viestin varsinaisen tiedon joka on 0-8 tavua pitkä, eli maksimissaan 64 bittiä (kuva 6). Se voi sisältää myös useamman tiedon esimerkiksi moottorin pyörintänopeuden ja lämpötilan. Väylälle voidaan myös lähettää tyhjiä tietokenttiä sisältäviä viestejä kyselyissä tai jos tarkoitus on tahdistaa hajautettuja toimintoja.

Tarkistuskenttä CRC field (Cyclic redundancy code) koostuu 15 bitin mittaisesta tarkistusluvusta, joka on laskettu kehyksen alkuosan sisällön perusteella. Laskenta on

aloitettu käynnistysbitistä ja se päättyy tietokentän loppuun, tämän avulla havaitaan onko toiminnan aikana sattunut viestinvälitysvirheitä. Tarkistuskentän viimeinen bitti on väistyvä 1 bitti ja päättää näin tarkistusluvun.

Kuittauskenttään jo viestin saaneet asemat kuittaavat että ovat saaneet viestin ehjänä. Kuittauskentän ensimmäisen bitin lähettäjä lähettää väistyvänä (1 bitti) ja vastaanottaja hallitsevana (0 bitti), mikäli on saanut viestin oikean pituisena. Tämä siis kertoo vain että viesti on otettu vastaan ja on saman tekevää onko sillä merkitystä vastaanottajan toimintaa. Kuittauskentän päättää väistyvä rajoitinbitti.

Viestinlopetuksen ilmaisee lopetuskenttä (End of frame) 7:llä perättäisellä väistyvällä bitillä. Tällä saadaan rikottua bittien täydennysääntö, jossa jokaisessa vietissä on aloituskentän ja tarkistuskentän välillä enintään 5 samaa perättäistä bittiä. Täydennysäännön mukaan aina kun lähetetään viisi perättäistä samaa bittiä lähetin lisää vastakaistilaisen bitin ja vastaanotin poistaa nämä lisäysbitit. Tällä parannetaan johdinvikojen tunnistusta, sillä liian harvat signaalitason muutokset voivat vaikuttaa asemien vaiheistukseen. Mikäli yksikkö havaitsee muotovirheen tai vian se keskeyttää lähetyksen ja lähettää virhekehyyksen, jossa on 6 perättäistä hallitsevaa 0 bittiä. Kun lähettäjä havaitsee että sen viesti on keskeytetty ja lähetetty virhekehys, asema lopettaa lähetyksen ja yrittää myöhemmin uudelleen. Asema tunnistaa vioittumisensa laskemalla kuinka usein se keskeyttää lähettämisen ennen kuin muut lähettävät virhelipun. Tarvittaessa asema kytkeytyy itse pois väylästä, ettei se kuormita ja häiritse muuta liikennettä värillä viesteillä. [1, s.130–131; 3, s.990–991; 4, s.6; 5, s.36–39; 6, s.185]

3.2 Mitattavuus ja vianhaku

Väylällä siis liikkuu paljon eri asemien sanomia ja ne ovat mitattavissa oskilloskoopilla satunnaisenpituisina kanttiaaltoina. Periaatteessa kanttiaalloista pystyy selvittämään tunnistenumeron ja muut viestin kentät, mutta käytännössä korjaamo olosuhteissa ei tähän ryhdytä ja se olisikin hankalaa. Oskilloskoopilla on kuitenkin helposti mitattavissa itse väylä johtimien viat. Tilanteessa missä toinen johtimissa on oikosulussa maadoitukseen tai poikki jatkaa toinen toimintaansa, mutta käyttää vikasietoista hitaampaa 125kbit/s nopeuta. Väyläjohtimien keskinäinen oikosulku luonnollisesti muuttaa molempien johtimien jännitetasot samoiksi, mutta järjestelmä pystyy toimimaan hitaammalla nopeudella. Nämäkin tilanteet saadaan kuitenkin helpointen selvi-

tettyä CAN-väylään kytketyllä diagnostiikkalaitteella tai kyseisen ajoneuvon merkki-kohtaisella testauslaitteella. Näiden avulla järjestelmästä saadaan kartoitettua väyläjärjestelmän signaaliviat sekä lisäksi kysellä solmuilta muita diagnostiikkaan liittyviä tietoja, kuten vikalokit. CAN-väylän avulla tapahtuvaan testaukseen ja vianhakuun on myös oma ISO 15765 standardi. [4, s.4; 5, s.43]

4 LIN-VÄYLÄ

Ajoneuvojen rungonhallintaan liittyy paljon yksinkertaisia järjestelmiä kuten katkaisin tietoja ja erilaisten servomootoreiden ohjausta, joihin CAN-väylä on tarpeettoman kallis ja nopea. Alun perin CAN-väylää täydentäväksi järjestelmäksi kehitettiin LIN-verkko (Local Interconnect Network) eli paikallinen alijärjestelmä. Vuonna 1998 useamman autonvalmistajan yhteenliittymä kehitti LIN-väylän määritelmän ja ensimmäinen sovelluskohde oli vuonna 2001 Mercedes-Benz SL. Yhteenliittymässä suuremmista autonvalmistajista olivat ainakin Mercedes-Benz, Audi, BMW, Daimler-Chrysler, Volkswagen ja Volvo. Elektroniikka puolelta mukana ovat Motorola ja VCT. Varsinaisen järjestelmän kehitystyön teki Ruotsalainen yritys Volcano Communications Technologies ja saikin LIN-väylään liitettävän solmun suhteellisen hinnan puolitettyä verrattuna CAN-väylään. Vuonna 2003 esiteltiin paranneltu 2.0 versio. LIN-väylä on määritelty ISO 9141 standartissa ja se on luovutettu vapaaseen käyttöön ilman lisenssimaksuja. Tämä onkin ollut suuri tekijä järjestelmän yleistymisessä, yksinkertaisena väyläratkaisuna. [1, s.135; 7; 8, s.25]

4.1 LIN-väylän ominaisuudet

LIN-väyläjärjestelmässä kytkimet, anturit ja toimilaitteet hajautetaan yhteisen väyläjohtimen varrelle. Näin esimerkiksi oven johtosarja saadaan yksinkertaistettua, joten johtojen paino ja lukumäärä vähenevät. Modulaarinen eli itsenäinen LIN-järjestelmä onkin tästä syystä helposti laajennettavissa ja järjestelmän toiminnallisuutta on mahdollista jälkepäin muuttaa pelkästään ohjelmoimalla moduuleja uudestaan. LIN-järjestelmää käytetään suuremmissa osin CAN-järjestelmien paikallisena alajärjestelmänä, siten että yhdessä paikassa toimivat tunnistimet ja toimilaitteet ovat yhdistetty LIN-moduuliin joka on yhdistetty CAN-moduuliin, joten tiedonsiirtoa tapahtuu myös eri väylien välillä.

Yleisimpiä LIN-sovelluskohteita henkilöautoissa [9]:

- Korin ulkopuolella
 - Sadetunnistin
 - Valotunnistin
 - Valojen ohjaus
- Ovet
 - Peilien moottorit ja katkaisimet
 - Ikkunoiden moottorit, katkaisimet ja asennontunnistimet
 - Penkkien asentotunnistimet
- Ilmastointi
 - Servomoottorien ohjaus ja asennontunnistus
 - Ohjauspaneelin katkaisimet
 - Lämpötilatunnistimet
- Ohjaamo
 - Vakionopeus-säädin
 - Lasinpyyhkijöiden ohjaus ja katkaisimet
 - Vilkkujen ja valojen katkaisimet
 - Radio, varkaudenesto, autotallin ovenaukaisu ja puhelin
- Istuimet
 - Istuinten säätömoottorit ja asennon tunnistimet
 - Ohjauspaneeli
 - Istuinten lämmitysten ohjaus ja lämpötilojen tunnistus
- Moottori
 - Tunnistimet ja nesteiden pinnankorkeusanturit
 - Pienet ohjausmoottorit ja magneettiventtiilit

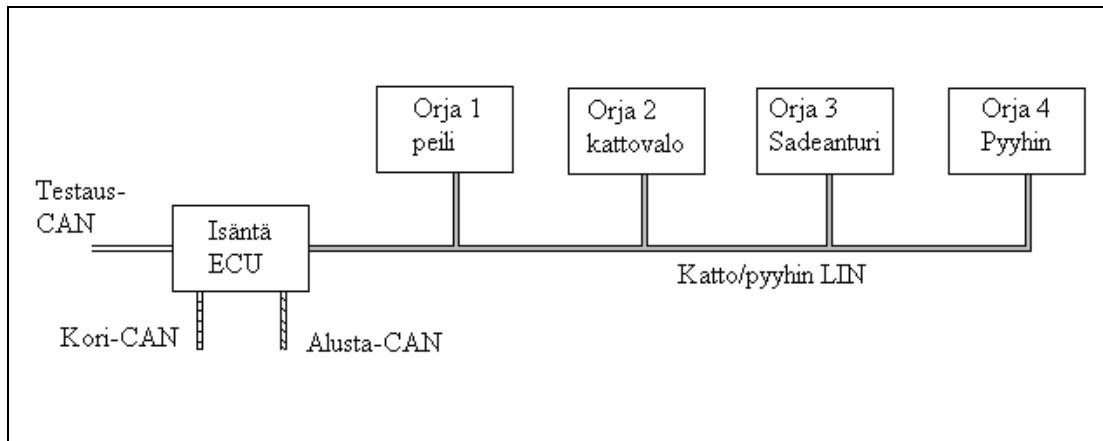
LIN-väylä on yhden isännän (master) ja usean orjan (slave) konsepti. Orjia voi yhdellä isännällä olla enimmillään 16 ja maksimi pituus on 40 metriä. Solmujen enimmäismäärän rajoittaa käytännössä käytettävissä olevien tunnisteiden määrä. Standartin mukaan fyysinen toteutus on edullinen käyttäen yksittäistä suojaamatonta kuparijohtoa. Päätevastukset autonrunkoa vasten ovat isännällä 1 k ohmia ja orjalla 30 k ohmia. Tiedonsiirtonopeus enimmillään 19,2 Kbit/s. Suurin tiedonsiirtonopeus rajoittuu

kompromissina orjien tahdistamiseen tarvittavan väylän nousevan jännitteen jyrkkyyden sekä edullisesti rakennettavien moduulien takia (laskevan jännitteen jyrkkyys).
[10]

4.2 Tiedonsiirron idea

Yhden isännän väyläkonseptista johtuen kaikki liikennöinti tapahtuu isännän aloitteesta, joten väylälle voidaan taata worst-case-läpäisy aika. Tietoliikenne perustuu edulliseen merkkipohjaiseen UART-sarjaliikenneprotokollaan (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), jota käytetään yleisesti esimerkiksi PC:n RS232 sarjaportissa. Väylä liikenne synkronoituu viestin alussa lähetettävän synkronoitumis tavun avulla isännän mukaan, joten orjilla ei tarvita kallista kidettä tai keraamista värähtelijää tahdistavana kellona. Liikennöinti väylällä tapahtuu isännän aloittaessa kyselyn, johon orjat voivat tarvittaessa vastata. Liikennöinti myös hierarkiassa ylempiin järjestelmiin tapahtuu isäntäsolmun kautta. [1, s.135–136; 9, s.10]

LIN-väylän kokoonpanoa hallinnoidaan LIN-määrittelyihin sisältyvällä erityisellä kuvauskielellä. Hallinnointi perustuu ldf-kuvaustiedostoihin, joihin voidaan luoda automaattisesti C-koodi kokoelmia ja otsikkotiedostoja. Ldf-tiedostot ovat siis apuvälineitä LIN-väylän määrittämisessä, ajoneuvon ja väylämoduulien valmistajien välillä. Ldf-tiedostossa on ajoitustaulukko jonka perusteella järjestelmä määrittää viesteille aikataulut. Isäntämoduuli käy siis tilanteesta riippuen kokoajan läpi haluttua aikataulua, jossa kysellään tiettyjä tietoja. Säännöllisesti tarvittava tieto kysellään useammin.
[5, s.47–48]



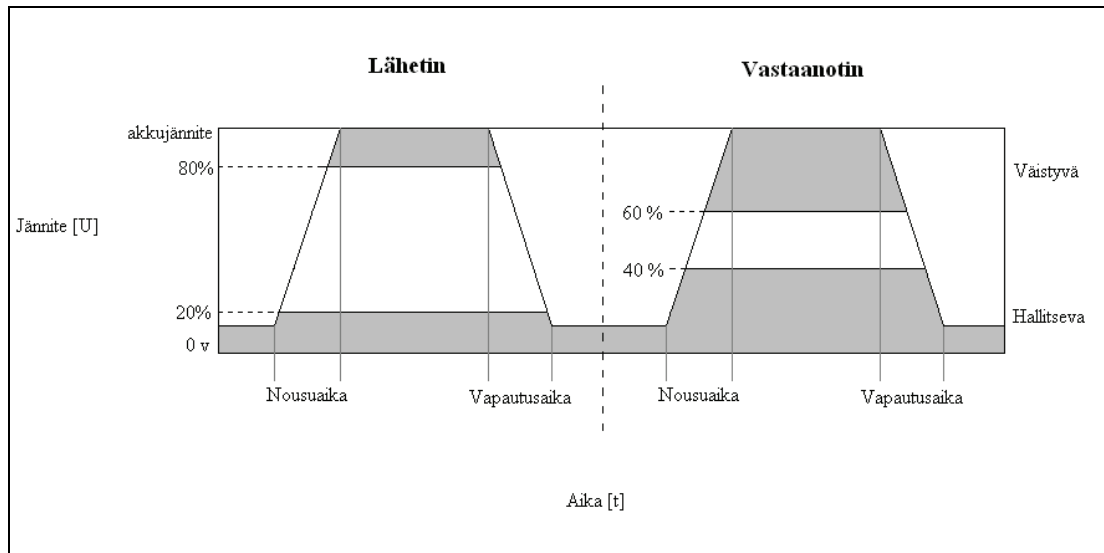
KUVA 8 Esimerkki CAN- ja LIN-väylän muodostamasta kokonaisuudesta. [muokailtu lähdettä 5, s.44]

Kuvasta 8 selviää kuinka tietoliikenne tapahtuu LIN-väylässä, sekä sen yläpuolella oleviin väyliin isännän tahdistamana ja ohjaamana. Orjat ainoastaan vastaavat isännän pyytämiin viesteihin ja toimivat isännän käskyjen mukaan. Viestien vaihto voi tapahtua isännän ja yhden aseman välillä (point-to-point), isännän ja useamman orjan välillä (multicast) tai isännän ja kaikkien orjien välillä (broadcast). Tämän takia ei orjina toimivista moduuleista tarvitse tehdä niin älykkäitä kuin isäntä moduulista joka edesauttaa orjina toimivien moduulien kustannustehokasta valmistamista. LIN-väylä ei isäntä/orja asetelmasta johtuen tarvitse myöskään erillistä väylän haltuunottomenetelmää ja törmäystenhallintaan kuten CAN-väylän kilpailu tilanteessa.

Väylällä voi olla kaksi loogista jännite tilaa:

- Hallitseva tila esittää loogista arvoa 0 ja on jännitteensä 0 volttia.
- Väistyvä tila esittää loogista arvoa 1 ja on jännitteensä akkujännite.

Varmistamalla väylän jännitetilat yksiselitteisiksi on jännitetasoille määritetty toleranssit. Vastaanottavalla asemalla toleranssit ovat hieman suuremmat kuin lähettävällä asemalla ja näin järjestelmälle on saatu luotettavuutta, ajoneuvoissa esiintyvää sähkömagneettista häiriötä vastaan. [5, s.45]

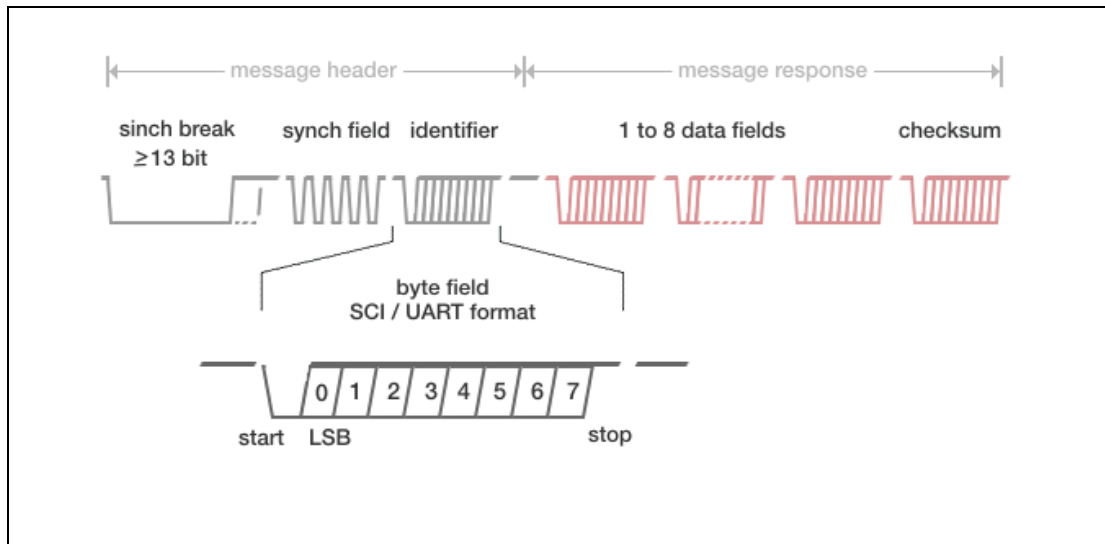


KUVA 9 Lähettimen ja vastaanottimen toleranssit. [mukailtu lähde 1, s.136]

Lähtävän ja vastaanottavan aseman hallitsevan ja väistävän bitin toleranssit näkyvät kuvasta 9. Jännitteen nousun jyrkkyys on LIN- väylän määritelmän mukaan $1-3 \text{ V}/\mu\text{s}$.

4.3 Viestin rakenne

Liikennöinti väylällä tapahtuu sarjamuotoisella viestin rakenteella. Koska viestien vaihto tapahtuu aina isännän (master) aloitteesta sen lähettämällä kyselyllä, voi jokainen väylällä oleva solmu herättää väylän. Herätys tapahtuu asettamalla väylä nolla tilaan $0,25 \dots 5 \text{ ms}$ pituiseksi ajaksi. Solmujen tulee tunnistaa herätys 100 ms ajan kuluessa, ja isäntä solmun tulee lähettää kehyksen tunnistin ja kysyy näin herättäneeltä asemalta sen haluaman viestin. Mikäli isäntänä toimiva asema ei 150 ms kuluessa lähetä tunnistinta voi herätyksen tehnyt asema uusia epäonnistuneen yrityksen kaksi kertaa ja kolmen epäonnistuneen kerran jälkeen on solmun odotettava vähintään $1,5 \text{ s}$. Orja solmut menevät aina automaattisesti lepotilaan jos liikennettä ei tapahdu 4 s kunnin sisällä. [1, s.136–137]



KUVA 10 LIN- väylän viestikehyksen rakenne. [10]

LIN-väylällä käytettävä viestikehys koostuu otsikosta (message header) ja vastauksesta (message response) sekä näiden välisestä vastaus ajasta (kuva 10).

Viestikehyksen otsikko alkaa tahdistamalla viestiä vaihtavat moduulit. Viestin alussa on synkronointitauko (synch break) joka muodostuu vähintään 13 perättäisestä hallitsevasta ja yhdestä väistyvästä bitistä.

Synkronointitaukoa seuraa isännän lähettämä tahdistuskenttä (synch field) joka on bitti jono 0101010101. Originaalissa toimivat moduulit tahdistavat tämän avulla oman kellonsa isännän kelloon. Isännän kellossa poikkeamaa sallitaan vain 0,5 % mutta orjalla jopa 15 % edellyttäen että ero pienenee tahdistustoimenpiteen avulla viestin loppuun mennessä maksimiin 2 %.

Otsikon kolmas tavu on tunniste (identifier). Viestin tunniste kertoo itse viestin sisällön ja tämän perusteella kukin väylän asemista päättää ottaako se viestin vastaan, käsittelee sitä edelleen tai hylkää koko viestin. Menettelyä kutsutaan hyväksyntäsuodatuksiksi. Itse tunnisteiden määrittelee 6 tunnisteiden kahdeksasta bitistä ja bitit 6 ja 7 toimivat pariteettitarkistuksena. Pariteettitarkistus perustuu siihen että edellytetään bitti joukolta parillinen tai pariton määrä 1 bittejä.

Yhdistelmä mahdollistaa 64 eri tunnistetta (ID). Tunniste ID merkitykset ovat seuraavia:

- ID = 0 ... 59: signaalien välitys
- ID = 60: isäntä pyytää tehtäviä tai testejä
- ID = 61: orjan vastaus viestiin ID 60
- ID = 62 ja 63 ovat varattu valmistajakohtaiseen kommunikointiin ja tuleviin protokollan laajenemisiin.

Kun isäntä on lähettänyt viestinotsikon, alkaa itse tiedon siirto jossa orja kirjoittaa mahdollisen vastauksensa tietokenttään (data fields). Yhdessä kehyksessä voi myös olla useampi signaali samalta asemalta. tavuja siirrettäessä vähiten merkittävä bitti lähetetään ensimmäisenä (LSB), tavuja edeltää aloitus (start) ja päättää lopetus (stop) bitti. Lisäksi vastautustieto varmistetaan lopussa tarkistusluvulla (checksum). [5, s.47]

5 MOST-VÄYLÄ

Nykyaikaisessa ajoneuvossa erilaiset multimedialaitteet ovat yleistyneet hurjaa vauhtia, varsinkin edustusluokan autoissa. Perinteisten radiovastaanottimen ja cd-soittimen lisäksi tarvitaan erilaisia informaatio- ja mukavuusjärjestelmiä joissa täytyy käsitellä liikkuvaa kuvaa, tällaisten siirtämiseen eivät perinteiset ajoneuvoväylät sovellu jo pelkästään suurimman mahdollisen siirtonopeuden vuoksi. Nykyaikaisessa edustusautossa on hyvin tavanomaista esimerkiksi DVD ja TV kuvan katselumahdollisuus sekä pääsy internetiin ja puhelinverkkoon ja niin ikään GPS navigointi ja peruutus kamerat. Tällaiset informaatio toiminnot asettavat ajoneuvon verkottumiselle hyvin suuria vaatimuksia, multimedioväylän toimiminen edellyttää suuren tiedonsiirtonopeuden lisäksi laitteiden keskinäisen tiedonsiirron tarkkaa tahdistusta. Myös ajoneuvojen vaikeat olosuhteet ja sähkömagneettiset häiriöt asettavat omanlaisensa vaatimukset. Näitä tarpeita täyttävää ajoneuvo väylää ruvettiin kehittämään 90-luvun lopussa perustetussa yhteistyöorganisaatiossa. 1998 aloittanut MOST (Media Oriented System Transport) organisaatio kehitti valokaapelia käyttävän multimedia väyläjärjestelmän. Nykyisissä versioissa MOST-väylän toiminta on mahdollista myös kuparijoh-
timilla. [9, s.16; 5, s.60]

5.1 Yhteistyöorganisaatio

MOST-väylän yhteistyöorganisaation perustaneita autonvalmistajia olivat BMW, DaimlerChrysler sekä elektroniikkavalmistajista Harman/Becker ja Oasis Silicon Systems. Nykyisin autonvalmistajia on jo 18 ja alihankkijoina 68 yritystä (tilanne vuonna 2009). Nykyisin organisaatioon kuuluu saksalaisten lisäksi myös aasialaisia ja muita eurooppalaisia autonvalmistajia mm. Volvo, Toyota, Honda ja Nissan. MOST-yhteistyöorganisaatio on tuottanut MOST-väylän määrittelyt ja vaatimukset sekä hallinnoi määrittelyjä. Lisäksi organisaatio tuottaa vaatimusten mukaisesti yhteensopivuustestausta akkreditoitujen eli hyväksymiensä testausyritysten avulla. MOST-väylää käytetään lähes ainoastaan ajoneuvojen informaatio järjestelmien yhdistämisessä. Väyläjärjestelmää käyttää usea organisaation autonvalmistaja jo 65 automallissaan. (tilanne vuonna 2009). [13]

5.2 Ominaisuudet

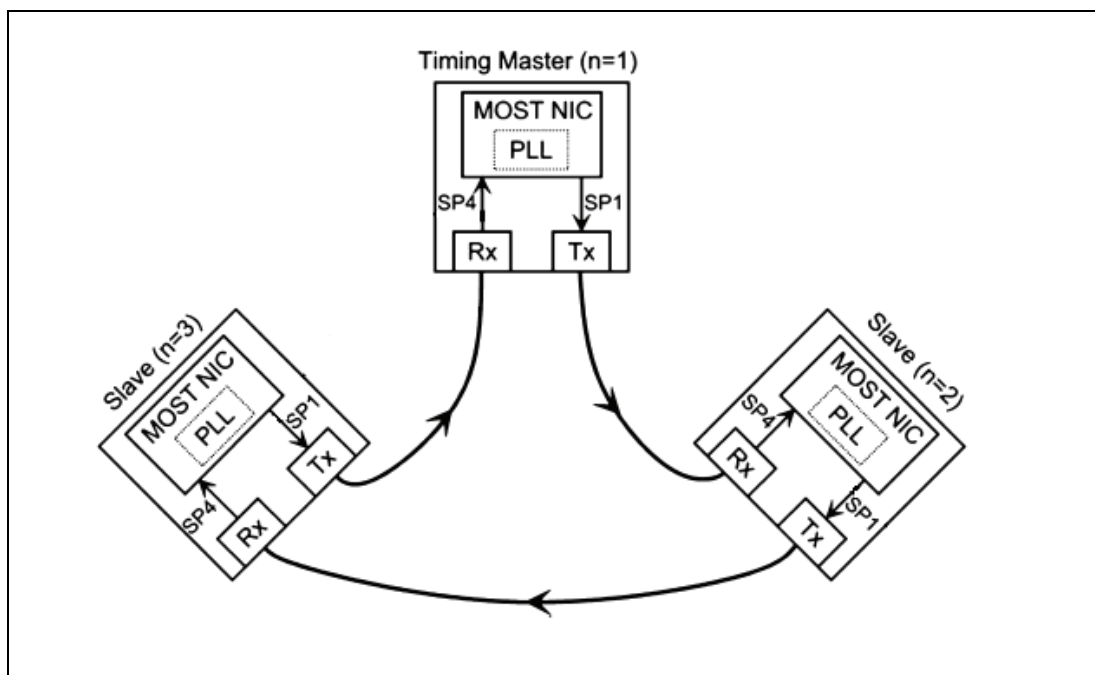
Koska MOST-väylä käyttää siirtovälineenä optista muovikuitua on se täysin riippumaton sähkömagneettisista häiriöistä. Järjestelmällä on mahdollista liittää jopa 64 erillistä laitetta loogiseksi verkoksi. Enimmäismäärän määrittelevät piirisarjan rajoitukset. Piirisarjalla tarkoitetaan joukkoa yksikön mikropiirejä jotka yhdistävät prosessorin muihin yksikön komponentteihin ja huolettivat väyliä toiminnasta. Väylän nykyisin käytetyin versio on nimeltään MOST25-väylä, jossa numerot 25 tulee sen nopeudesta mikä on tarkemmin 24,8 MBit/s. Väylästä on olemassa myös nopeampia versioita joita on jo saatavilla kehitysversiona. Nopeampien versioiden nimitykset ovat MOST50 ja MOST150 ja näiden nopeudet ovat siis 50 ja 150 MBit/s. [2, s.5; 5, s.50]

MOST-väylä tukee tiedonsiirroksaan kolmea eri kanavaa ja niiden attribuutteja, eli rajauksia ja määrittelyksiä. Käytössä olevia kaistanleveyksiä voidaan jakaa tahdistettujen ja tahdistamattomien kanavien kesken täysin vapaasti. Jakoa voidaan myös muuttaa tiettyjen olosuhteiden täytyessä vaikka kesken lähetyksen. [5, s.30]

- Ohjauskanavan kaistanleveys on 705,6 kBit/s. Sitä käytetään ohjaukomentojen, laitteen tilatietojen ja hallinnon kannalta tarpeellisten viestien välittämiseen.
- Multimediataietoa varten on joustava lukumäärä tahdistettuja kanavia, niissä voidaan siirtää sekä ääntä että kuvaa. MOST25 versiossa on enintään 15 stereolaatuista äänikanavaa.
- Tahdistamaton kanava on tietopakettien lähettämistä varten, kaistanleveyttä sillä on enimmillään 12,7 MBit/s. Tämä kanava soveltuu hyvin sellaisen tiedon välittämiseen joka tarvitsee toisinaan suurta nopeutta, mutta ei kiinteää siirtonopeutta. Esimerkiksi ohjelmiston päivitys tai ääniraidan sisältötiedon välitys ovat sellaisia.

5.2.1 Looginen rengas

MOST-järjestelmän topologia perustuu rengasrakenteeseen. Rengasrakenteessa kaikki väylän asemat ovat kytketty edeltäjäänsä ja seuraajaansa renkaassa sisääntulon ja ulosmenon kautta. Kaikki renkaan asemat tahdistuvat yhden ajoitus isännän (Timing Master) tuottaman tietokehyksen avulla. Tämä tekee MOST-väylän protokollasta synkronisen, eli aika ohjatun. Muita loogisen renkaan asemia kutsutaan orjiksi (Slave). Synkronisella protokollalla järjestelmästä saadaan deterministinen, eli viesteille on laskettavissa tarkat vasteajat. Näin väylään voidaan myös liittää edullisia laitteita ilman että laitteissa toteutetaan tiedonpuskurointi. Valokaapelin liittyminen tapahtuu kappaleessa 2.3.3 kuvatulla tavalla. [9, s.16–17]



KUVA 15 MOST-väylän laitteiden muodostama looginen rengas. [12, s.132]

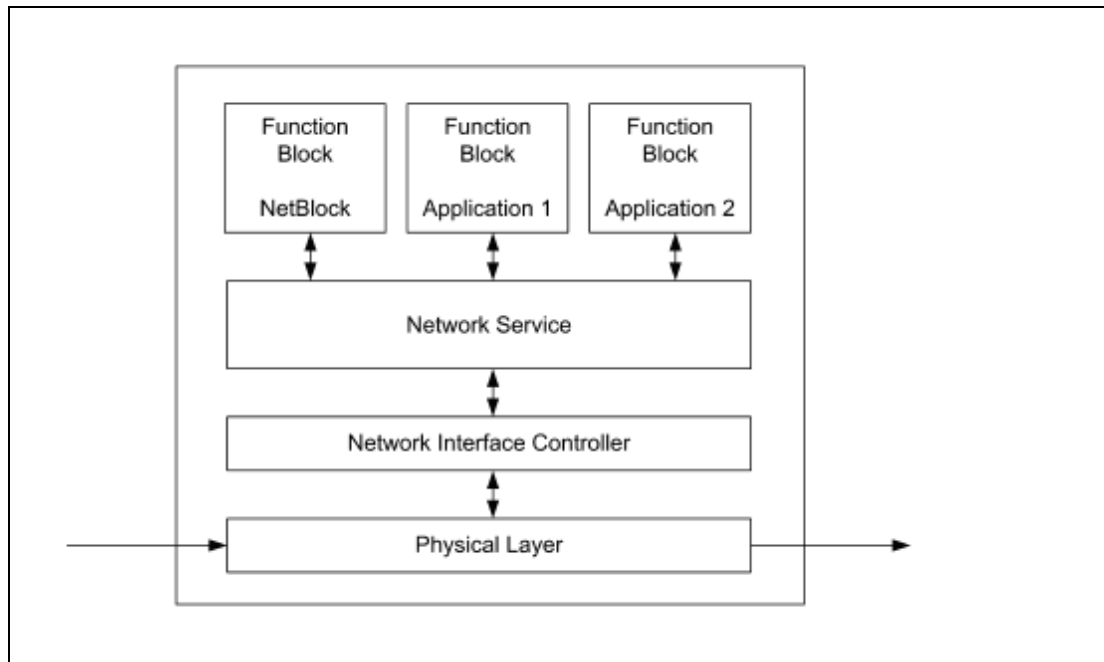
Kuvassa 15 on esitetty MOST-väylän asemien muodostama rengastopologia. MOST-järjestelmä mahdollistaa myös muunlaisia rakenteita, kuten tähtitopologia. Sisäisesti nämä kuitenkin on järjestettävä muodostamaan looginen rengas. Pääohjainlaite on myös kytketty muihin auton väyläjärjestelmiin ja näin saadaan esimerkiksi MOST-järjestelmässä oleva vika siirrettyä CAN-väylään ja tätä kautta kuljettajalle ja mahdollisen diagnosointi väylässä olevaan testauslaitteeseen.

Normaali tilanteessa jokainen renkaaseen kytketty laite ottaa vastaan informaation ja halutessaan käsittelee sitä, jonka jälkeen lähettää modulaattorinsa avulla sen eteenpäin. Mutta tarvittaessa kullakin laitteella on ohitusmahdollisuus, ja näin ollen laite ei puutu mitenkään informaatioon vaan lähettää signaalit suoraan eteenpäin ja on itse näkymätön väylä järjestelmään nähden. Tällainen toiminta on hyvin tarpeellista silloin kun laitteita käynnistetään ja jokin laite käynnistyy muita hitaammin, eli näin se ei estä muiden laitteiden välistä tiedonsiirtoa. [5, s.61]

5.2.2 MOST-laitemalli

MOST-yhteistyöorganisaatio on määritellyt MOST-standartin jossa on laitemallin määrittelyt ja siinä vaadittavat elementit. Tämä mahdollistaa eri elektroniikkavalmis-

tajien valmistaa saman toimintamallin laitteita ja niiden hintoja saadaan laskettua mahdollisimman alas.



KUVA 16 MOST-laitteen malli [12, s.51]

MOST-laite mallin (kuva 16) alimmalla tasolla fyysisessä kerroksessa (Physical Layer) on modulaattori jossa itse väylään pääsy tapahtuu. Nopeimmissa kehitysversioissa on käytettävissä optisen muovikuidun lisäksi myös muita tiedonsiirtovälineitä.

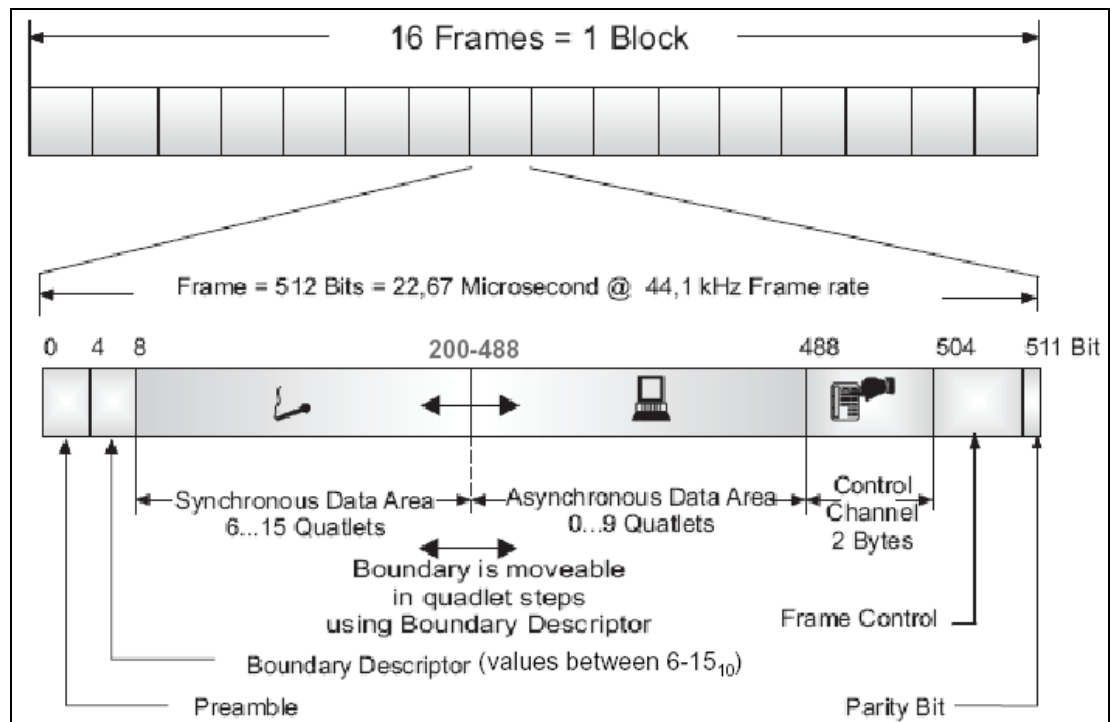
Verkon liitynnänohjain (Network Interface Controller) ohjaa fyysisen kerroksen toimintaa ja on toteutettu elektroniikalla. Tämä siis toteuttaa siirron peruspalvelut. Verkon liitynnänohjaimesta käytetään myös englannin kielen sanoista tulevaa lyhennettä NIC.

Itse sovellukset ja järjestelmän palvelut pääsevät liitynnänohjaimelle verkkopalvelimen (Network Service) eli ohjauskerroksen kautta. Laite toteuttaa sovellukset verkkopalveluiden yläpuolella ja liityntä sovelluksiin tapahtuu toimintalohkoina (Function Block). MOST-järjestelmän toimintojen takia kunkin laitteen tulee toteuttaa ainakin yksi tietty toimintalohko eli verkkolohko (NetBlock). Laitteissa on usein myös useampi sovellus, jota voidaan käyttää muiden laitteiden sovellusten toimintalohkoina.

Yleensä yhdessä laitteessa onkin yhdistetty useampia toimintoja ja ne voidaan näin ollen esittää omina toimintolohkoina. [5, s.62; 12, s.51]

5.3 Tiedonsiirto

Tiedonsiirto MOST-väylässä järjestetään kehysosista (Frames) muodostuvilla paketeilla (Block). Yksi paketti sisältää 16 kehystä jotka ovat kukin 512 bitin kokoisia. Tiedonsiirtopaketit tuottaa ajoitusisäntänä toimiva asema ja lähettää ne eteenpäin renkastopologiaan. Tietokehykset tuotetaan 44,1 kHz taajuudella ja näin päästään haluttuun MOST25-väylän tiedonsiirto nopeuteen. Mutta myös esimerkiksi DVD laitteen kanssa voidaan käyttää 48 kHz taajuutta, koska liikkuva kuva vaatii hetkellisesti nopeampaa yhteyttä. [14, s.16–22]



KUVA 17 MOST-väylän tietokehys. [14, s.22]

Kuvassa 17 esitetty viestikehys on yhteensä 512 bitin kokoinen. Viestikehysten sisältämässä itse viestissä voidaan synkronisen (Synchronous Data Area) ja asynkronisen (Asynchronous Data Area) käyttämä tila jakaa halutusti tarpeen mukaan, yhteensä on käytettävissä 60 tietotavua eli 480 bittiä. Synkronisella alueella lähetetään yleisimmin reaaliaikaista tietoa kuten ääntä ja kuvaa. Asynkronisella eli tahdistamattomalla alueella lähetetään muuta tietoa esimerkiksi kuvia ja navigointi karttoja.

Lähetettäessä samassa kehyksessä sekä synkronista että asynkronista tietoa kerrotaan viestikehyksen alkupäässä hallinnointi alueella (Boundary Descriptor) tarkka kohta asynkronisen tiedon alkamisesta. Tämä kenttä on 4 tietotavun mittainen, ja sen edessä on 4 tavun mittainen tahdistustieto (Preamble) jonka avulla kaikki väylän laitteet tahdistuvat ajoitus isännän kellon mukaan.

Asynkronisen tiedon jälkeen tulee 2 tietotavun eli 16 bitin mittainen ohjaustieto (Control Channel), jolla määritetään solmujen välinen yhteys, eli kuka laite ottaa vastaan mitäkin viestejä. Koko ohjaustieto on jaettu yhteen pakettiin (Block) ja yhteensä ohjaustietoa on siis 32 tietotavun edestä. Lopussa on vielä 7 bitin kokoinen kehysten hallinta ja tila bitit (Frame Control), sekä 1 bitti virhe tarkastelua varten (Parity Bit). [12, s.86–96]

5.4 Kehitysversiot

Tulevaisuudessa MOST-väylän nopeammat kehitysversiot tulevat yleistymään voimakkaasti. Kaksi kertaa nopeampi MOST50 versio käyttää kierrettyä parikaapelia elektronisella fyysisellä kerroksella ja tämä tekee merkittävän edun valokaapeliin verrattaessa hintaa. Jopa kolme kertaa nopeampi MOST150-väylä käyttää taasen alkupe räisen version mukaista valokaapelia. Tämä versio mahdollistaa käytettävän HD (High Definition) videokuvaa ja monikanavaisen surround äänen siirtämistä. Nopein kehitys versio tulee olemaan tulevaisuuden multimedioväylä joka mahdollistaa internet yhteyden jakamisen ajoneuvoissa. [14, s.12]

6 FLEX RAY

FlexRay yhteenliittymä sai alkunsa syyskuussa vuonna 2000, kun BMW ja DaimlerChrysler rupesivat yhteistyössä kehittämään nopeaa, vikasietoista ja aikaohjattua ajoneuvoväylää. Väylä kehitettiin jo aiemmin BMW:n kehittämän Bytefight-tiedonsiirtoratkaisun sekä DaimlerChryslerin prototyypituotteiden pohjalle. Tällöin elektroniikan valmistajista mukana olivat alihankkijoina Philips ja Motorola. Nykyisin FlexRay-väylästä ovat kiinnostuneet yhä useammat autonvalmistajat ja yhteenliitty-

mässä ovatkin jo mukana muun muassa General Motors, Ford, Volkswagen sekä suuren alihankkijana Bosch. [15]

FlexRay-väylän ennustetaan yleistyvän ja tulevan nopeasti käyttöön uusissa ajoneuvoissa. Järjestelmä soveltuu erityisen hyvin turvajärjestelmiin, koska se on aika ohjattu ja luotettava. Myös suuri vapaus eri topologioihin sekä 20-kertainen nopeus verrattuna CAN-väylään ovat merkittäviä etuja. [16]

6.1 FlexRay-ominaisuudet

BMW:n Bytefight väyläjärjestelmä oli alun perin suunniteltu erityisesti passiivisia turvajärjestelmiä, esimerkiksi turvatyynyjä varten. FlexRay-väylää haluttiin taasen käyttää aktiivisten turvajärjestelmien ja voimalinjojen yhteydessä, joissa mekaaniset yhteydet ja hydrauliset järjestelmät pyritään poistamaan kokonaan ja näin pudottaa ajoneuvojen painoa ja hintaa. Näistä järjestelmistä käytetään nimitystä x-by-wire, eli esimerkiksi steering-by-wire ja brake-by-wire eli ohjaus- ja jarrujärjestelmät joissa ei mekaanista yhteyttä tarvita ja ne toimivat pelkästään ohjainlaitteiden, tunnistimien ja säätölaitteiden avulla. FlexRay-järjestelmän avain tekijöitä ovat luetettavuuden kannalta kaksi kanava topologia ja deterministisyyden kannalta järjestelmä on aika sidonnainen, eli jokaisella väylän komponentilla ja tiedolla on oma toistuva aikakehys jolloin väylä on niiden käytettävistä. Tämä mahdollistaa jokaiselle viestille tarkan etukäteen määritetyn ajan. Väylää on myös mahdollista käyttää passiivisen turvallisuuden, mukavuusalueen ja korinelektronikan laitteissa, sillä FlexRay haluaa hyödyntää koko siirtokapasiteettia mahdollisimman hyvin ja siinä on lisänä mahdollisuus lähettää tietoa ilman aikasidonnaisuutta. Näiden lähetysperiaatteiden yhdistämiseksi tiedon lähetetään kaksi osasina sykleinä joissa ensimmäinen osa on staattinen eli aikasidonnainen, tästä käytetään lyhennystä TDMA (Time Division Multiple Access). Jälkimmäinen syklin osa on taasen dynaaminen joka koostuu lyhyistä aikaikkunoista joita tarpeen tullen voidaan käyttää, nimitetään FTDMA (Flexible Time Division Multiple Access). [15; 16]

Ensimmäisen kerran FlexRayta käytettiin tuotantoautossa BMW:n X5 kaupunkimaastoajoneuvossa vuonna 2006. Siinä väyläteknikkaa käytettiin hyväksi iskunvaimentimien optimaaliseen säätämiseen. Väylän avulla ajonvakautusjärjestelmä välittää no-

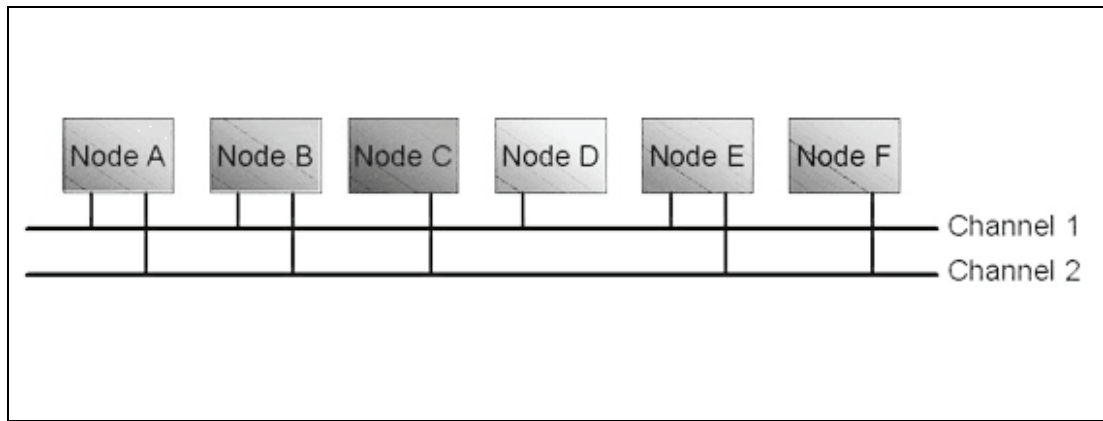
peasti suuren määrän tietoa jatkuvasti muuttuvista ajo- ja tieolosuhteista, joitten avulla kallistuksen vakaajia ja iskunvaimentimia ohjataan optimaalisiksi. [16]

FlexRay yhteenliittymä on julkaissut FlexRay määritelmät jossa määritellään tiedonsiirto nopeudeksi enimmillään 10 MBit/s mutta kaksi kanavaisuuden ansiosta myös 20 MBit/s on mahdollinen, jos kummassakin kanavassa lähetetään eri tietoa yhtä aikaa. Itse fyysisenä mediana käytetään optista kaapelia, mutta myös suojattu ja kierretty parikaapeli on mahdollinen ja sitä pyritäänkin kehittämään enempi, halvempien kustannuksien takia. Optisella kaapelilla lyömättömänä etuna on kuitenkin täydellinen piittaamattomuus sähköisistä häiriöistä verrattuna kuparikaapeliin. [2, s.4]

6.2 Topologia ja fyysinen rakenne

FlexRay-väylä on mahdollista rakentaa usealla, jopa seitsemällä erilaisella topologiaalla. Näistä kuitenkin käytetyimmät rakenteet ovat lineaarinen väylä, joka mahdollistaa 4-22 solmun yhdistämisen ja tällöin minkä tahansa solmun suurin välimatka on 24 metriä. Toinen käytetty rakenne on aktiivinen tähtitopologia. Siinä kaikki solmut voivat olla 24 metrin päässä aktiivisena tähtenä toimivasta kytkimestä. Solmujen enimmäismäärää ei tässä rakenteessa ole rajoitettu ja tällä topologiaalla päästään myös suurimpaan 10 MBit/s tiedonsiirto nopeuteen. Aktiivisessa tähtitopologiassa koostuu siis kaikkia solmuja yhdistävästä pisteestä johon solmut ovat yhdistetty omilla väylä johtimilla. Muita mahdollisia topologia rakenteita ovat:

- Suora yhteys kahden solmun välillä, eli pisteestä pisteeseen topologia.
- Passiivinen tähtitopologia, tällöin maksimi solmujen määrä 3-22 ja minkä tahansa solmun maksimi välimatka 24 metriä. Myös tiedonsiirtonopeus tippuu noin 1 Mbit/s suuruusluokkaan.
- Kaskadiverkko, jossa maksimissaan kolme aktiivista tähtiverkkoa yhdistetään.
- Yhdistelmätopologia, missä yhdistetään joukko väylä- ja tähtitopologioita yhdeksi verkoksi.
- Kaksikanavatopologia, joka on mahdollista FlexRay-väylän kahden erillisen kanavan avulla, eli molemmat kanavat voidaan suunnitella omalla topologiaalla. [12, s.350–351, 5, s.85]

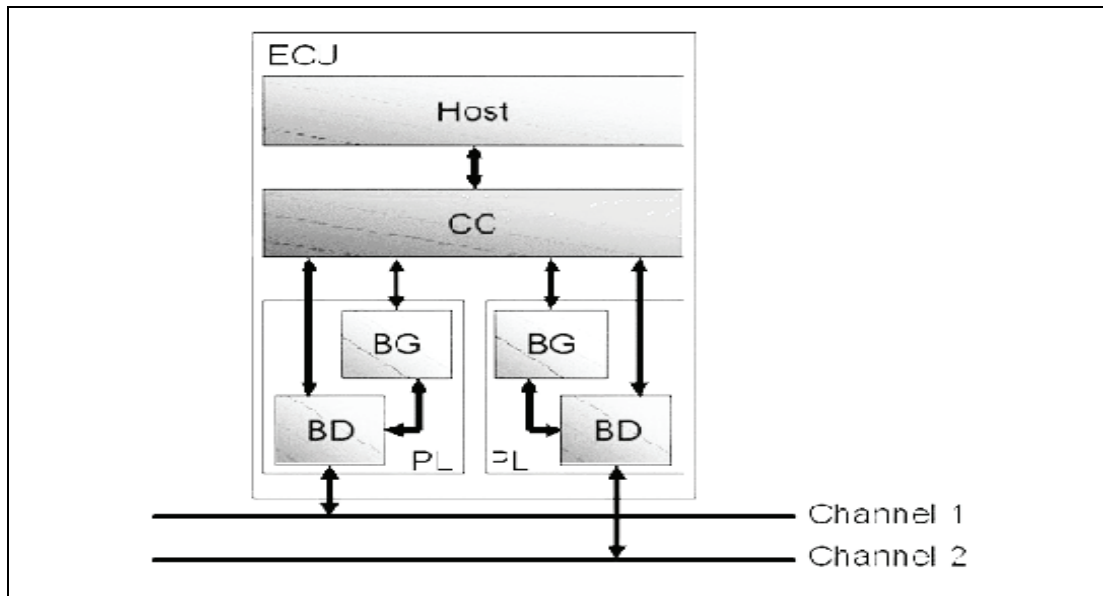


KUVA 18 FlexRay kahden kanavan väylä topologia. [17]

Esimerkkikuvassa 18 on esitetty FlexRay-väylän kahden kanavan lineaarisesta väylästä. Siinä tiedon siirto tapahtuu kahden toisistaan erotetun kanavan avulla joilla molemmilla on 10 Mbit/s suuruinen maksiminopeus. Solmut voidaan myös liittää kanaviin kuvan esittämällä tavalla, jossa kaikkia solmuja ei ole tarpeellista liittää molempiin kanaviin, eli kuvassa 18 solmut (Node) D kommunikoi vain kanavan (Channel) 1 ja solmut C ja F vain kanavan 2 avulla. Solmut A, B ja E voivat taasen lähettää ja vastaanottaa tietoa molempien kanavien kautta. [16]

Kaksikanavaratkaisusta on siis hyötyä luotettavuudessa kun sama tieto lähetetään molempiin kanaviin sekä nopeudessa, jos molemmat kanavat lähettävät eri tietoa eli nopeus kaksinkertaistuu. Kehitysmahdollisuutena kaksi kertaa nopeammalla 20 Mbit/s tiedonsiirrolla olisi myös teoriassa mahdollista lähettää esimerkiksi ääntä tai hyvin pakattua liikkuvaa kuvaa. [5, s.85]

FlexRay-yhteenlittymä määrittelee myös väyläjärjestelmässä käytettävän solmun rakenne mallin, joten niitä valmistavat elektroniikka-alihankkijapartnerit voivat tehdä samaan rakenteeseen perustuvia ohjainyksiköitä ja näin ne ovat keskenään yhteensopivia.



KUVA 19 FlexRay määritelty laitemalli [17]

FlexRay-väylässä käytetty solmu (kuva 19) koostuu itse isäntäprosessorista (Host) joka laskee, muokkaa ja määrittää kaikki tiedot joita välitetään tiedonsiirtokontrollerin CC (Communication Controller) avulla. Tiedonsiirtokontrolleri tehtäviin kuuluu: ajoitus, tahdistus muihin solmuihin, itse bittivirran tuottaminen isäntäprosessorin informaatiosta sekä väylälle pääsyn ohjaus.

Tiedonsiirtokontrolleri on vastaavasti yhdistetty väyläajuriin BD (Bus Driver) ja väylävahtiin BG (Bus Guardian). Väylävahti niin sanotusti vahtii väylälle pääsyä ja isäntäprosessori informoi vahtia siitä mihinkä aikajaksoihin kyseisen solmun tiedonsiirtokontrolleri on tarkoitettu. Väylävahti myös vapauttaa tiedonsiirtokontrollerin tiedonsiirtoon aktivoimalla väyläajurin jonka kautta tapahtuu itse tiedonsiirto ja vastaanotto. Tiedonvastaanotto voi tapahtua minä ajan hetkenä hyvänsä. Molemmat kanavat tarvitsevat siis omat väyläajurit ja vahtit. Tästä syystä käytettäessä rakennetta jossa jokin solmu toimii vain toisessa kanavassa, se on myös halvempi rakentaa, koska ei tarvita kuin yksi ajuri ja yksi vahti. [16]

6.3 Tiedonsiirtäminen

Käytettäessä kierrettyä parikaapelia itse tiedonsiirto tapahtuu CAN-väylästä tutun, NRZ (Non-Return to Zero) menetelmällä, eli kahta perättäistä samaa jännitetilaa ei erotella nollassa putoavalla jännitteellä. Solmun on silti pyrittävä jakamaan lähetetyt väylän tilat bitteihin. Tästä syystä FlexRay lisää jokaisen lähetetyn tavun jälkeen

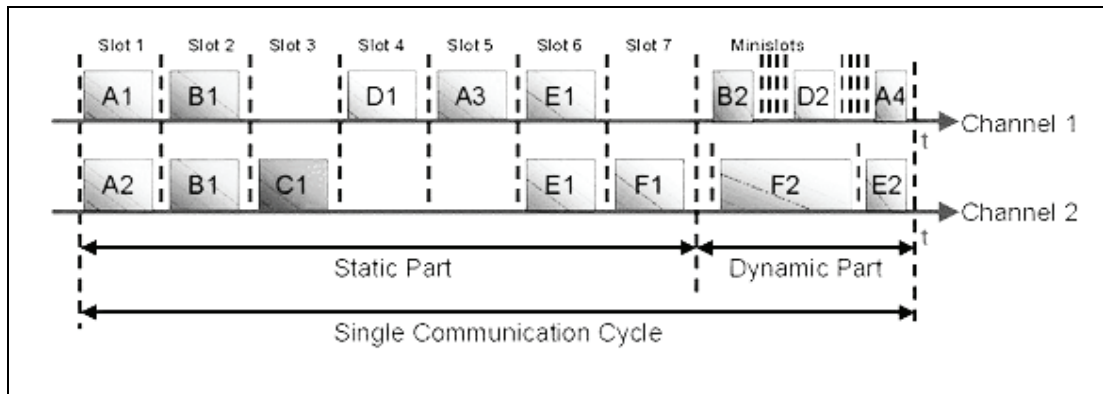
BSS (Byte Start Sequence) jakson, jonka avulla muodostetaan yksittäiset bitit. Molemmilla väylän kanavissa voidaan käyttää neljää eri tilaa ja ne tunnustetaan parikaapeleiden johtimien jännite-erolla (uBus). Johtimista käytetään nimitystä uBP ja uBM. Kukin solmu voi tuottaa väylään haluamansa tilan jos väylävahti tai tietoliikenneohjain ei sitä estä. [5, s.89]

Väylän tilat ja jännitteet:

- Idle LP, molemmissa johtimissa 200 mV jännite, tätä käytetään lähetyksen käynnistymisen tunnistukseen.
- Idle, molemmissa johtimissa 2.5 V jännite (toleranssi 500 mV).
- Data 1 (looginen HIGH-bitti), vähintään yksi solmu tuottaa positiivisen 600 mV jännite-eron.
- Data 0 (looginen LOW-bitti), vähintään yksi solmu tuottaa negatiivisen 600 mV jännite-eron

6.3.1 Kommunikointisykli

Liikenne FlexRay-väylässä tapahtuu kommunikointisykleinä, joka on jaettu staattiseen (Static) ja dynaamiseen (Dynamic) osaan. Staattisessa osassa on kaikilla väylän laitteilla omat tarvittavat kiinteät aikaikkunat joita ne voivat käyttää viestien lähetykseen. Staattisen osan kaikki aika-ikkunat ovat keskenään samankokoisia ja ne voidaan jakaa laitteiden kesken täysin vapaasti niiden tarpeiden mukaan, eli näin jokaisen tarvittavan informaation väylälle pääsy on varmaa. Koska muuten ei päästäisi hyödyntämään koko väylän kapasiteettia, on kommunikointisyklissä dynaaminen loppuosaa. Dynaaminen osa koostuu muuttuva mittaisista aikaikkunoista (minislots). Näitä käytetään vain tarpeen mukaan, eikä niissä lähetetä kriittistä tietoa koska väylälle pääsy ei ole yhtä taattua kuin kiinteissä staattisen osan aikaikkunoissa. [16; 5, s.90–91]

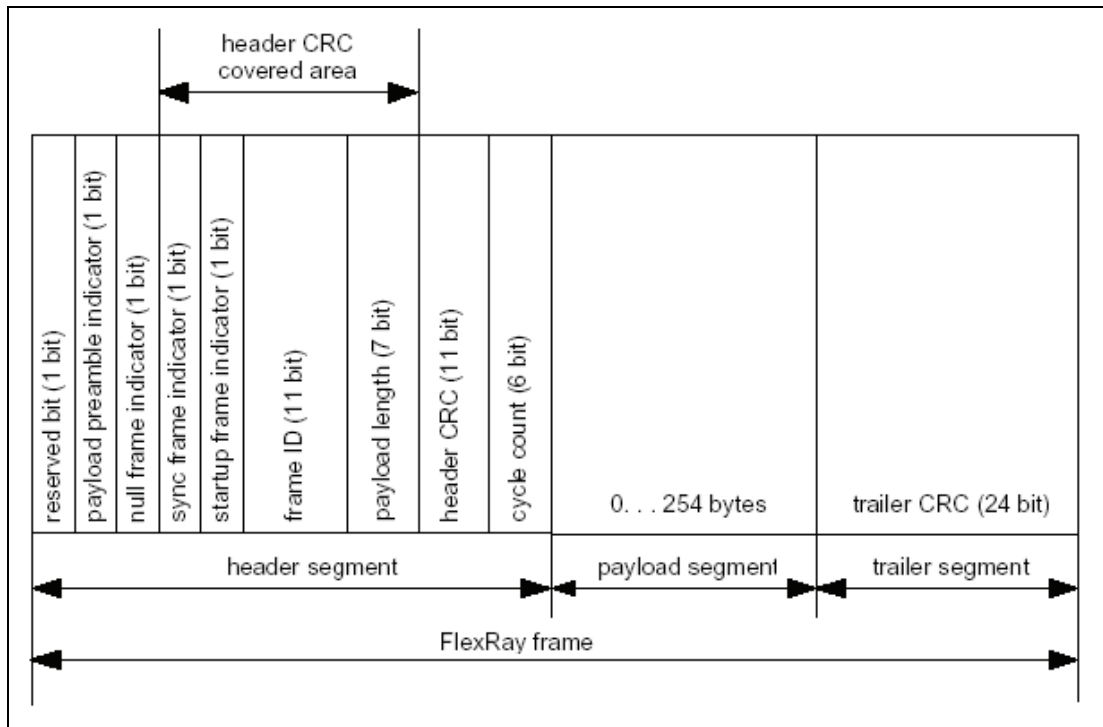


KUVA 20 Flexray tiedonsiirronjaksotus [17]

Kuvasta 20 nähdään kuinka eri väylän asemat jakavat sekä staattisen ja dynaamisen osan aikaikkunat. Asemat voivat käyttää oman aikaikkunansa joko saman tiedon välitykseen, kuten kuvan 20 aikaikkuna (slot) 2 jossa asema B lähettää samaa 1 viestiä. Vaihtoehtoisesti voidaan myös lähettää viesti pelkästään toiseen kanavaan, tai molempiin kanaviin yhtä aikaa eri viestiä ja näin tuplata tiedonsiirtonopeus. Staattisen osan tietyt viestit (synkronointikehyksiä) käytetään myös asemien yhteisen ajan tahdistamiseen, näitä viestejä lähettävät vain kumpaankin kanavaan kytketyt asemat. [17]

6.3.2 Viestikehyksen muoto

Sekä staattisen että dynaamisen osan aikaikkunat täytetään samanmuotoisilla viestikehyksillä. Nämä viestikehykset voidaan jakaa kolmeen osaan.



KUVA 21 FlexRay viestikehyksen muoto [18, s.50]

Viestikehyksen (kuva 21) ensimmäinen osa on otsikko (header segment), joka on kokonaisuudessaan viiden tietotavun, eli 40 bitin kokoinen. Otsikko koostuu seuraavista osista:

- Reserved bit, varattu bitti protokollan tulevia lisäyksiä varten, lähetetään loogisena arvona 0.
- Payload preamble indicator, kuorman johdanto tunniste kertoo käsittääkö itse kuorma hallintavektorin, sen avulla isäntätietokone välittää suoraan tietoa ilman että sitä ohjaimessa käsiteltäisiin.
- Null frame indicator, nolakehystunniste osoittaa kehyksen tyhjäksi.
- Sync frame indicator, kertoo että kyseessä on tahdistus solmun lähettämä tahdistus kehys.
- Startup frame indicator, käynnistyskehystunniste ilmaisee kehyksen olevan kylmäkäynnistyssolmun lähettämä käynnistyskehys.
- Frame ID on varsinainen 11 bitin kokoinen kehyksen tunniste, tämä vastaa sitä aikaikkunan numeroa jossa kehys on lähetetty.
- Payload length, kuorman koko kertoo varsinaisen kuorma osuuden pituuden 7 bitillä.
- Header CRC otsikon tarkistusluku 11 bittiä.

- Cycle count on syklin numero ja kertoo minkä syklin aikana lähetävä asema oli aktiivinen, eli voidaan päätellä minkä asema oli lähettäjänä.

Viestikehyksen toinen osa on itse viestin kuorma (payload segment). Suurin sallittu kuorman pituus on 254 tavua ja ne lähetetään kahden tavun mittaisina sanoina.

Loppuosa (trailer segment) on viimeinen kenttä, missä lähetetään 24 bitin mittainen tarkistusluku (trailer CRC). [5, s.94–95; 18, s.48–52]

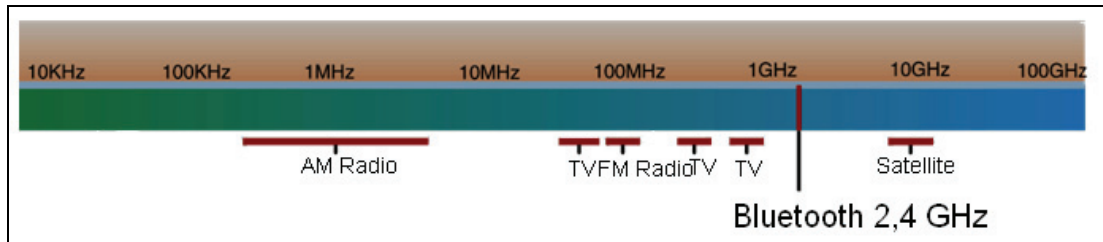
7 BLUETOOTH

Bluetooth SIG (Special Interest Group) eli Bluetooth-kehitysryhmä perustettiin vuonna 1998, ryhmässä aloitettiin kehittämään kansainvälisesti yhtenäistä ja toimivaa langatonta yhteyttä, jossa kaikkien valmistavat sovellukset voisivat kommunikoida keskenään. Tavoitteena oli kehittää häiriötön, edullinen, energiataloudellinen yhteys, jolla on mahdollista siirtää multimediatietoa. Langatonta yhteyttä kehitettiin ruotsalaisen matkapuhelin valmistaja Ericssonin vuonna 1994 kehittämän Bluetooth radioaalloilla toimivan yhteyden pohjalle. Yhteisön perustaja jäseniä olivat Ericsson, Intel, Lenovo, Microsoft, Motorola, Nokia ja Toshiba. Nykyisin yhteisöön kuuluu myös yli 12 tuhatta eri elektroniikan ja sähkölaitteiden valmistajia (tilanne vuonna 2009). Yhteisön ei siis ole itse tarkoitus valmistaa laitteita vaan määritellä ja standardoida yhteyttä, jotta jäseniksi kuuluvien valmistajien olisi edullista tehdä keskenään toimivia laitteita. Järjestelmän nimi Bluetooth eli sinihammas tulee tanskalaisesta viikinki kuninkaasta joka noin 1000 vuotta sitten yhdisti suuria osia silloista Tanskaa ja Norjaa, järjestelmälle annettiin nimeksi Bluetooth koska se nykyisin yhdistää erilaisia langattomia sovelluksia sekä niiden kehittäjiä. [19]

Bluetooth yhteydestä on olemassa useita eri versioita joista uusin on huhtikuussa 2009 julkaistu Bluetooth v3.0 + HS. Uusimpien versioiden määrytykset ovat kaikkien saatavilla bluetooth ryhmän ylläpitämiltä internetsivuilta ja yhteyden sisältävän laitteen voi rakentaa liittyttyä ryhmän jäseneksi. Uuden version nopeus on 1 MBit/s mutta siinä on mahdollista myös 2 tai jopa 3 MBit/s tiedonsiirto nopeus ja se on yhteensopiva kaikkien aiempien versioiden kanssa. [20, s.37,93]

7.1 Bluetooth-toiminta

Bluetooth tiedonsiirto toimii radioaaltojen välityksellä. Maailman laajuisesti radioaaltojen 2,4 GHz taajuus on vapautettu lisenssistä ja Bluetooth käyttää tätä nimellistaajuutena, joten se on käytettävissä kaikkialla maailmassa. Tästä taajuudesta käytetään nimitystä ISM joka tulee sanoista Industrial Scientific Medicine eli teollinen, tieteellinen ja lääketieteellinen. [19]



KUVA 22 Bluetooth radioaaltojen taajuus [21]

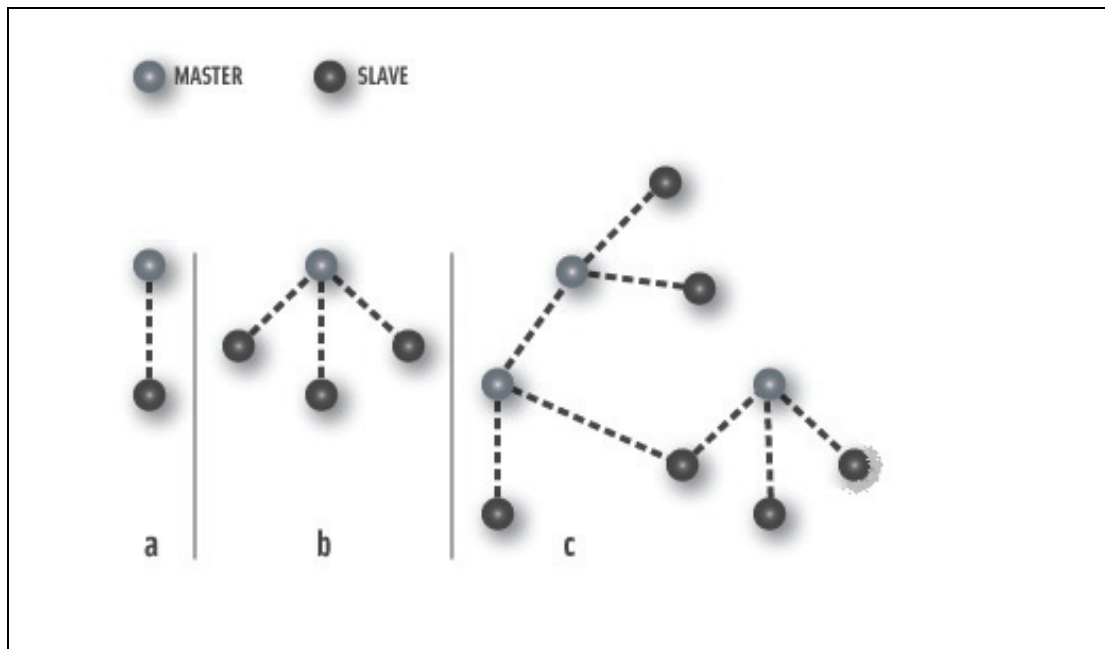
Kuvasta 22 nähdään miten esimerkiksi radion, television ja satelliitti laitteiden toiminta taajuudet poikkeavat vapaasta ISM taajuudesta. Poikkeuksen yleisimmistä laitteista tekevät muun muassa mikroaaltouunit ja autotallin oven kaukosäädin, mitkä voivat toimia samalla taajuus alueella. Näiden aiheuttamasta häiriöstä on kuitenkin päästy eroon jakamalla käytetty taajuus alue 79 eri kanavaan jossa lähettävän ja vastaanottavan laitteen lähetyksen hyppivät 1 MHz taajuuden välein. Kanava vaihdetaan 1600 kertaa sekunnissa eli 625 μ s välein. Tällä tavoin taajuutta vaihtamalla ei Bluetooth yhteys ole herkkä häiriöille eikä se itse aiheuta häiriötä muille laitteille, taajuuden hyppely menetelmällä saadaan tiedon siirrolle myös turvallisuus varmuutta sillä mahdollinen tiedon sieppaaja ei tiedä jatkuvasti muuttuvaa taajuutta eikä muutos aikaa. Taajuus hyppely sisältää 2 MHz alasuojakaistan ja 3,5 MHz yläsuojakaistan. Toimintaa kutsutaan FHSS (Frequency Hopping Spread Specctrum)-menetelmäksi. Käytettäessä 1 MBit/s tiedonsiirtonopeutta molemmat asemat lähettävät vuorotellen 1 Mbit kokoisia tietopaketteja sekunnin välein ja tarvittaessa nopeampaa 2 tai 3 Mbit/s nopeutta voidaan käyttää lähettämällä kahta tai kolmea tietopakettia yhtä aikaa ja näin tiedonsiirtonopeus saadaan moninkertaistettua. [19; 21]

Tiedonsiirron toiminta säteet eri laitteiden välillä riippuu käytettävästä lähetyksen tehosta. Nämä käytetyt tehot on jaettu kolmeen eri teholuokkaan joista valmistaja voi valita tarpeisiinsa sopivan. Teholuokka 1 toteutuu 100 mW lähetyksen teholla ja sillä päästään

100–150 metrin toiminta säteeseen, luokka 2 toteutuu 2,5 mW lähetys teholla ja toiminta säde silloin 10–25 metriä. Ajoneuvoissa käytetään alhaisinta teholuokkaa 3 jossa lähestys tehoa on 1 mW ja toiminta säde 10 metriä, se riittää henkilöajoneuvon sisällä tapahtuvaan informaation vaihtoon. [5, s.52; 21]

7.1.1 Verkon rakenne

Bluetooth verkko rakennetaan aina laitteiden käynnistäessä tietoliikenteen ja se tapahtuu aina tilapäisesti laitteiden toisiaan ennalta tietämättä. Verkon voi pystyttää mikä tahansa laite ja siitä kuka ensimmäisenä lähettää oman laitetunnuksensa ja sisäisen kellonsa ajan tulee verkon isäntä, muista verkkoon liittyvistä asemista tulee verkon orjia. Verkkoa pystyttäessä isäntä orja tekee haun jossa haetaan muita yhteyttä käyttäviä laitteita isännän toiminta säteen ympärillä. Taajuudet jossa lähetys hyppelee, on laskettavissa isännän lähettämän kellon ajan ja tunnisteiden avulla. Tunniste ID on kaikille laitteille yksilöllinen 48 bitin mittainen tunnus. Orjien liittyttyä verkkoon ottavat ne isännältä tietoa vastaan tai lähettävät isännälle tai sen kautta muille verkon orjille. [19]



KUVA 23 Bluetooth-laitteiden topologia. [19]

Kuvassa 23 on esitetty mahdolliset Bluetooth verkon topologia muodot. Yksinkertaisimmillaan käytetään piconet topologiaa, jossa yhteys on vain isännällä ja orjalla, muoto a. Yksi isäntänä aloittanut laite voi maksimissaan ottaa 7 aktiivista orjaa, mutta

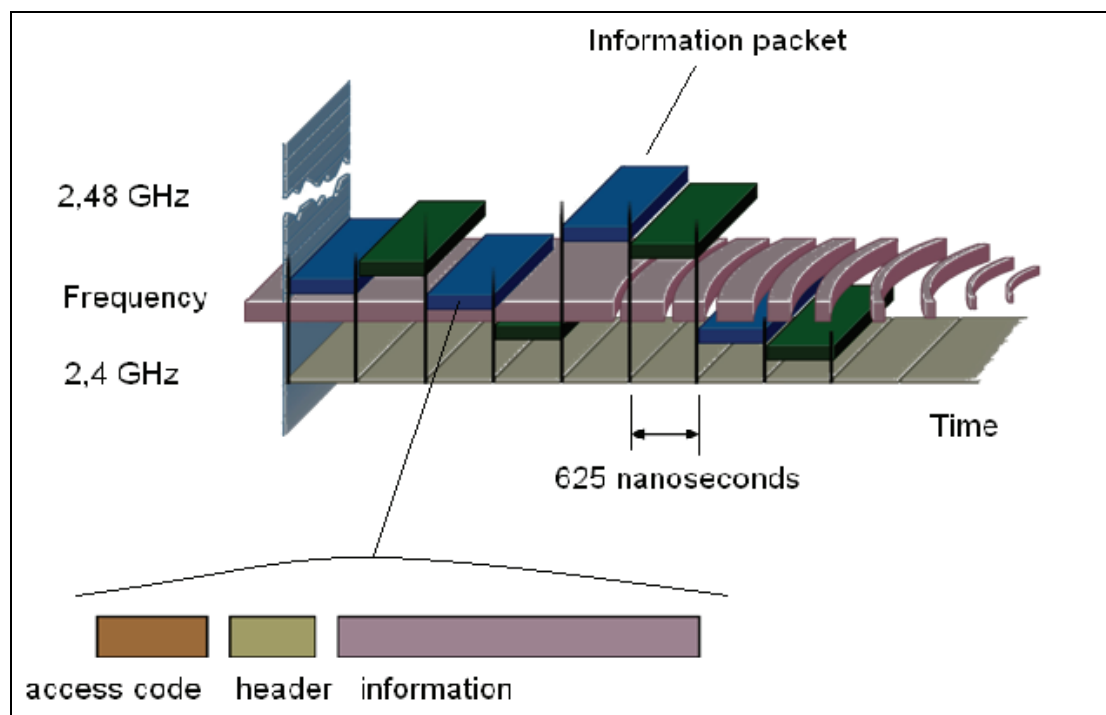
myös suurempia multi-orja verkkoja voidaan rakentaa, ottamalla maksimissaan 256 ei aktiivista laitetta, muoto b. Muodosta c käytetään nimitystä scatternet jossa usea verkko yhdistyy orjien välityksillä ja näin saadaan aikaan todella suuria kokonaisuuksia.

[19]

7.1.2 Tietopaketti

Bluetooth tukee tiedonsiirrossaan sekä synkronista että asynkronista tiedon vaihtoa. Synkronisia eli tahdistettuja kanavia voi bluetooth yhteyttä käyttävien laitteiden välillä kolme yhtä aikaa, näistä kanavista käytetään nimitystä SCH (Synchronous Connection-Oriented Link). Tahdistettuja kanavia käytetään äänikanavina joissa maksimi tiedonsiirto nopeus on 64 kBit/s.

Tiedonsiirron perustana on kuitenkin tahdistamaton ACL (Asynchronous Connectionless Link) yhteys joita kahden laitteen välillä voi olla vain yksi kerrallaan. Tahdistamattomalla alueella tiedon siirtonopeus on 1 MBit/s ja tarvittaessa useaa yhteyden kanavaa käyttämällä jopa 3 MBit/s.



KUVA 24 Tietopaketti ja taajuushyppely. [21]

Tahdistamattoman yhteyden tiedon siirto tapahtuu lähetys taajuutta muuttavassa kanavassa (kuva 24), jossa jokainen tietopaketti (Information packet) lähetetään vuorotellen laitteiden välillä. Yksi tietopaketti on kolmiosainen ja se sisältää: [5, s.55–56]

- Käyttöoikeus koodi (access code), käytetään verkon tunnistukseen, tahdistukseen, laitteiden etsintään ja laitekohtaisiin kutsuihin, pituus on 72 Bit.
- otsikko (header), sisältää osoitteen, paketin tyyppin, kulun ohjauskentän, ja tarkistusluvun yhteensä 54 bitin kokoinen.
- Lähetysten kuorman (information), sisältää itse informaatiota maksimissaan 341 tavua.

7.2 Bluetooth-väylä ajoneuvossa

Bluetooth yhteys on suurimmissa määrin otettu käyttöön matkapuhelimien ja niiden lisälaitteiden käytössä, esimerkiksi erillisen puhelimen kuulokkeen avulla saadaan matkapuhelimeen kädet vapaana toiminto (hands free), eikä erillisiä johtoja tarvita. Koska yhteys kuitenkin nopeuden puolesta soveltuu myös kuva signaalien siirtämiseen, on sitä aloitettu yleistämään myös muissa multimedialaitteissa sekä käyttämään ajoneuvojen sisäisenä väylänä. Ajoneuvokäytössä voidaan esimerkiksi bluetooth väylällä yhdistää: mittaristo, puhelin, mikrofoni, äänentoistolaitteet, navigointilaitte, sekä monitoimiohjauspyörä jolla näitten kaikkien laitteiden toimintaa voidaan ohjata. Tällä tavoin kuljettaja voi pelkän ohjauspyörän avulla käyttää muita laitteita ja seurata tapahtumia ajoneuvon omasta mittaristosta. Väylään on myös mahdollista liittää useita puhelimia, kuulokkeita ja PDA (Personal Digital Assistant)- laitteita, tällä tavoin on mahdollista myös vaikkapa radion kuuntelu takapenkillä omista kuulokeista ja ohjata toimintoja PDA-laitteella. [5, s.50–51; 21]

8 VERKOTTUNUT AJONEUVO

Ajoneuvojen valmistajat halusivat alun perin minimoida erilaisten väyläjärjestelmien käyttöä samassa ajoneuvossa ja saaden näin mahdollisimman yksinkertaisia väylä arkkitehtuureja. Koska varsinkin edustusluokan henkilöauton monipuoliset laitteet ja sovellukset vaativat kuitenkin erilaisia verkottumis tarpeita ja ominaisuuksia tulevat

useat erilaiset väylät säilymään. Eri väylistä nopeimmat ja monipuolisimmat kuten FlexRay-väylä, mahdollistaisi samalla järjestelmällä kaikkien toimintojen yhdistymisen. Mutta koska yksinkertaisimmat ratkaisut kuten LIN- ja CAN-väylä ovat vielä niin paljon edullisimpia, on niitä järkevää käyttää korin, moottorin sekä voimansiirron elektroniikassa. Koska samassa ajoneuvossa joudutaan käyttämään useaa eri väylää, on näiden järjestelmien kyettävä myös keskinäiseen tiedon siirtoon, tämä mahdollistetaan verkkoja yhdistävillä porteilla tai portilla (gateway). [8, s.86]

8.1 Tyypillinen henkilöauto

Tyypillisesti nykyaikainen henkilöauto sisältää useamman eri väyläjärjestelmän, joista muodostetaan kokonaisuus erilaisten keskuselektronikka yksiköiden avulla. Esimerkkinä Volvon katumaasturi XC90:ssä käyttämät väylä järjestelmät, liite 1. Volvo yhdistää kolmen erityyppisten järjestelmien ohjainlaitteita, joita ovat: voimansiirto ja alusta, tieto- ja viihde-elektronikka sekä korielektronikka. Arkkitehtuuri sisältää kaksi CAN-väylää joista toinen punaisella merkitty yhdistää voimansiirron ja alustan ohjainlaitteita, joita ovat esimerkiksi vaihteiston, moottorin, jarrujen ja jousituksen ohjainlaitteet, tämä väylä toimii 500 kBit/s tiedonsiirtonopeudella. Toinen CAN-väylästä on merkitty vihreällä ja se on käytetty korielektronikan kuten ilmastoinnin ja ovien yhdistämiseen, nopeudeksi riittää 125 kBit/s. Korielektronikassa on käytetty alajärjestelmänä myös LIN-väylää joka on merkitty katkoviivalla. Viihdejärjestelmien käyttöön on MOST-väylä ja siinä yhdistyvät esimerkiksi: mediasoittimet, puhelimen ja muldimedian ohjainlaitteet sekä subwoofer. Kaikki eri väyläjärjestelmät yhdistyvät Volvon katumaasturissa käyttämän keskuselektronikkayksikön CEM (Central electronic module) kautta. [22, s.11–14]

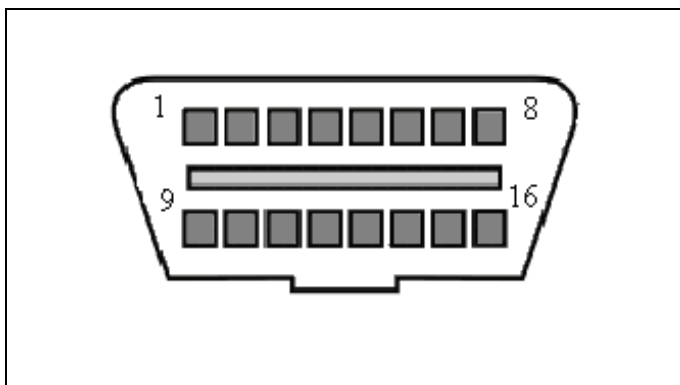
8.2 Kuorma-auto

Myös kuorma-autot ja rekat sisältävät nykyisin monimutkaisia elektronisia järjestelmiä ja niissä käytetään väyläjärjestelmiä enempi johtosarjojen yksinkertaisemmaksi ja edullisimmaksi tekemisen vuoksi kuin johtosarjojen painojen vuoksi. Esimerkkinä Scanian rekoissa käyttämä väyläarkkitehtuuri, liite 2. Scanian väyläarkkitehtuuri koostuu kolmesta CAN-väylästä. Vihreällä merkitty väylä välittää ei-kriittisten laitteiden tiedon vaihdon, joita ovat muun muassa audiojärjestelmät ja ilmastointi. Tästä väylästä on myös yhteys diagnoosi liitântään josta diagnoositestauslaitteella on yhteys

kaikkiin järjestelmiin. Keskimäinen väylä sisältää korinelektroniikan ohjainlaitteita jotka eivät ole suoranaudessa yhteydessä moottorin ja jarrujen toimintaan, merkitty keltaisella. Punaisella merkitty väylä on kaikkia kriittisiä toimintoja varten kuten jarrut, moottori ja jousitus. Väyläjärjestelmät yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi Scanian käyttämä COO (Koordinator system) koordinaattori elektroniikka yksikkö. [22, s.11–14]

8.3 Testausliitäntä

Ajoneuvojen verkottumisen ja väyläjärjestelmien ansiosta voidaan lähes kaikkien ajoneuvon laitteiden diagnostiikka toteuttaa merkkikohtaisella testauslaitteella tai monimerkki korjaamoiden yleistestauslaitteilla yhden pistokkeen kautta. Myös laitteiden ohjelmointi ja päivitys on mahdollista samasta pistokkeesta jotka eivät ilman väylä ratkaisuja olisi mahdollista. Koska eri auton valmistajilla on lukuisia erilaisia elektroniikka järjestelmiä, on järkevää että kaikkien autojen vikadiagnostiikka pystytään soveltamaan samanlaisista pistokkeista. Henkilö- ja hyötyajoneuvojen käyttöön on standardoitu ISO 15031-mukainen diagnoosipistoke joka on otettu laajasti käyttöön ympäri maailmaa. Ensimmäinen tällä standartilla oleva OBD (On-Board-Diagnosis) diagnostiikkapistoke tuli lakisääteiseksi jo vuonna 1994 Yhdysvaltojen Kalifornian osavaltiossa. Tällöin määritettiin että kaikissa uusissa henkilö- ja hyötyajoneuvoissa joiden kokonaispaino on alle 3850 Kg ja joissa on korkeintaan 12 istumapaikkaa, on oltava diagnostiikka joka tunnistaa kaikki pakokaasupäästöihin vaikuttavat viat ja virhetoiminnot. Nämä on voitava lukea OBD II mukaisesta liitännästä. Suomeen OBD testaus tuli pakolliseksi kaikkiin 1.1.2001 jälkeen rekisteröityihin henkilö- ja hyötyajoneuvoihin, OBD testaus toiminnot suoritetaan vuosittaisen katsastustarkastuksen yhteydessä. [3, s.608–609; 23, s.2]



KUVA 25 OBD standardoitu pistoke. [mukailtu lähdetä 5, s.96]

Standartin ISO 15031 mukainen 16 napainen pistoke, löytyy ajoneuvon jalkatilasta, mittaristosta tai keskikonsolista. Pistoke sisältää seuraavat navat ja niiden käyttötarkoituksen: [5, s.96]

- 2 ja 10 navat ovat SAE J1850 standardoidun väylän käytössä, ylempi ja alempi väylä johdin.
- 6 ja 14 navat ovat CAN-väylän Hig ja Low johdin, standardi 15765–4.
- 4 napa ajoneuvon maadoitus, 5 napa signaali maadoitus.
- 16 napa ajoneuvon akkujännite.
- 7 ja 15 navat K-johdin ja L-johdin standardit ISO 91412 ja ISO 14230–4. K-johdin kaksi suuntainen ja L-johdin yksisuuntainen standartoitu tietojen vaihto johdin, maksimi nopeus 5 Bit/s.
- 1, 3, 8, 9, 11, 12 ja 13 navat eivät ole käytössä.

Vaikka OBD-diagnostiikka suunniteltiin alun perin pakokaasupäästöjen valvontaan ja sitä kautta ilman laadun parantamiseen, on se nykyisin kuitenkin autokorjaamoiden joka päivänen työväline. Ajoneuvojen OBD-diagnostiikkaan suunnitellaan ja kehitetään parhaillaan uutta OBD-3 versiota. Uuden version tavoitteena on huomattavan nopeuden ja tallennuskapasiteetin parantamisen lisäksi periaatteellinen muutos, jossa tiedon kerääminen ja datan edelleen lähettäminen tapahtuisi langattomasti radioteitse. Tällaiseen tiedonkeruuseen kaavillaan järjestelmää missä autot lähettäisivät informaatiota radiolinkin avulla teinvarsille sijoitettuihin tarkkailupisteisiin ja siitä edelleen mahdollisesti korjaamolle tai jopa lainvalvojille. [24, s.54]

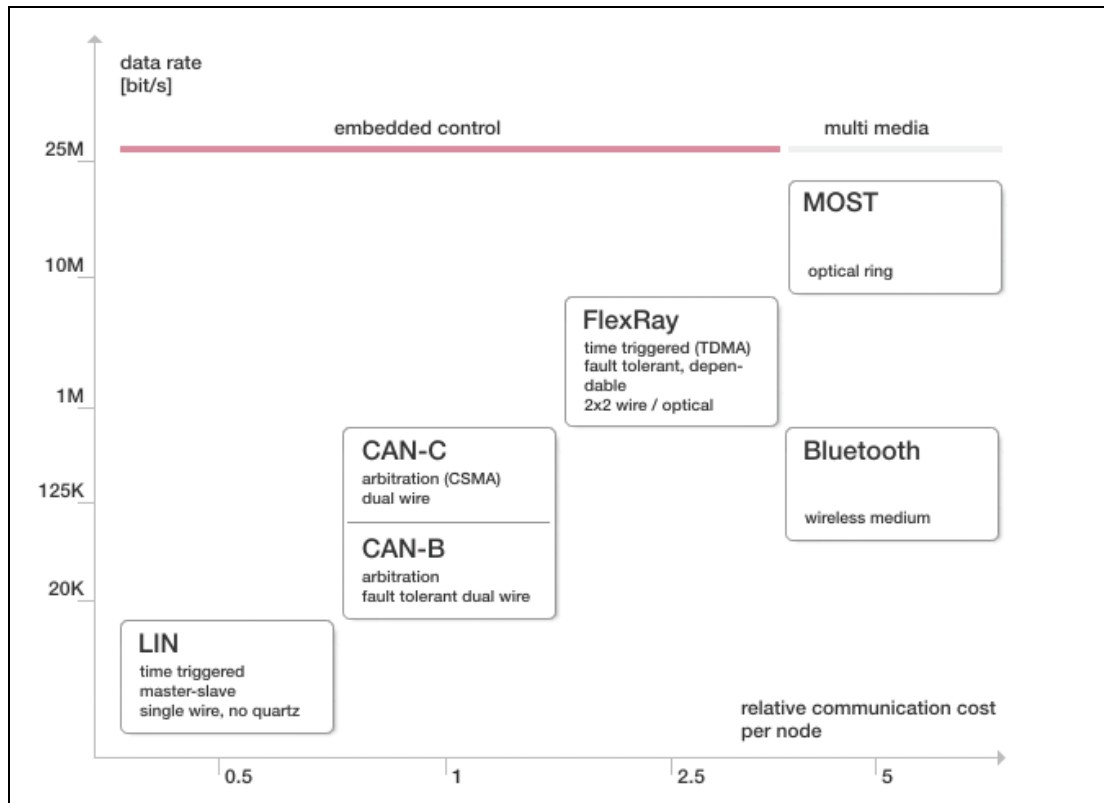
8.4 Järjestelmien vertailu

Koska tässä työssä käsitellyt väylä järjestelmät ovat kaikki suunniteltu alun perin erilaisiin käyttötarkoituksiin, ei niiden ominaisuuksien vertailu keskenään ole järkevää. Seuraavassa on kuitenkin koottu taulukon muotoon tässä työssä tutkittujen väylien toiminnallisia pääpiirteitä (taulukko 1).

TAULUKKO 1 Väyläjärjestelmien pääpiirteet. [1, s.129–140; 3, s.988; 5, s.15]

	CAN	LIN	MOST	FlexRay	Bluetooth
Nopeus	1 MBit/s	20 kBit/s	25 Mbit/s	10 Mbit/s	3 Mbit/s
Toteutus	Kuparijohtimet, kierrettyparikaapeli	Kuparijohdin, yksi johdin	Valokaapeli	Kuparijohtimet kierrettyparikaapeli tai valokaapeli	Langaton, radioaallot
Topologia	Lineaarinen väylä	Lineaarinen väylä	Rengastopologia	Tähtitopologia	Verkkotopologia
Datasiirto	Asynkroninen	Synkroninen	Asynkroninen / synkroninen	Asynkroninen / synkroninen	Asynkroninen / synkroninen
Asemia	110	16	64	22	8

Verrattaessa järjestelmien tiedonsiirto nopeutta voidaan todeta, ettei LIN-väylällä saavuteta yhtä suurta nopeutta kuin muissa väylissä. Ainoastaan MOST-väylällä saadaan sellainen tiedonsiirto nopeus, että esimerkiksi liikkuvan kuvan siirtäminen olisi mahdollista. Tämä siksi että MOST-väylä on suunniteltukin multimediatietoa varten ja LIN-väylä ainoastaan korielektroniikan käyttöön. Fyysisen toteutus tapa on kaikissa hyvin samankaltainen, eli edullinen kierretty tai yksittäinen kuparikaapeli, ainoastaan multimedia verkko MOST käyttää päätoimisesti valokaapelia. Monimutkaiset topologiat ja datasiirron tahdistaminen on välttämätöntä vain väylissä joissa on joko kriittistä tietoa, kuten FlexRayn verkottamat turvajärjestelmät, tai MOST- ja Bluetooth-väylän tarpeet yhdistää hyvin erityyppisiä sovelluksia. CAN- ja LIN-väylän käyttökohteet, eli korinsähköjärjestelmät ja voimalinja ei välttämättä tarvitse tahdistusta ja topologiaan toimii parhaiten lineaarinen väylä. Suurimmasta väylään liitettävästä solmujen eli laitteiden määrästä ei missään järjestelmässä ole vielä merkittävä rajoitus tekijä, sillä kaikkiin on mahdollista saada ajoneuvo käytössä riittävä laite määrä, tai esimerkiksi LIN-väylän tapauksessa väyliä on tarkoituskin käyttää useampi, kuten oma LIN-alajärjestelmä jokaisessa ajoneuvon ovesa.



KUVA 26 Väyläjärjestelmien suhteellinen hinta verrattuna nopeuteen. [10]

Kuvassa 26 on kuvattu tässä insinööriyössä tukittavien väylien nopeus (data rate) sekä suhteellinen hinta, jokaista väylään lisättyä solmua kohti (relative communication cost per node). Kuvasta selviää että hinta on suoraan verrannollinen tiedonsiirtonopeuteen, tämä johtuu suurimmaksi osin nopeimmissa väylissä käytettävien komponenttien arvokkuudesta. Ainoastaan Bluetooth yhteys on FlexRay-väylää kalliimpi ja yhtä kallis kuin MOST-väylä, mutta silti Bluetooth on niitä hitaampi, Bluetoothilla on kuitenkin suurena rakenteellisena erona langattomuus.

9 POHDINTA

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää ajoneuvoissa käytettyjen väyläjärjestelmien toimintaa sekä ajoneuvojen verkottumistarpeita ja muodostaa näistä selkeä kokonaisuus. Työ oli tarkoitus tehdä itsenäisesti kesän 2009 aikana ja kirjallisuus osuus saatiinkin toteutettua aikataulun mukaisesti. Järjestelmiä saatiin tutkittua monesta näkökulmasta ja hyvin laajasti. Tietoa eri järjestelmien toiminnasta oli hyvin saatavilla. Auton valmistajat ovat tehneet yhteistyötä väyläjärjestelmien kehityksissä eri väylien yhteenliittymissä ja näiden yhteenliittymien ja yhteistyö ryhmien internet-

sivustoilla oli saatavilla eri väylien määrittäjiä ja standardeita. Myös autotekniikan suomalainen ja suomenkielelle käännetty kirjallisuus, sekä eri elektroniikka-alan lehtiartikkelit olivat merkittävä apu insinööriyön laitimiselle. Autotekniikan kirjoista on BOSCH julkaissut monia yksityiskohtaisia teoksia, BOSCH on itsekin kehittävä jäsenenä lähes kaikissa väylien yhteenliittymissä sekä valmistaa paljon autotekniikan komponentteja.

Käytössä olevien tiedonsiirtoväylien tarve on lähes välttämätön nykyaikaisessa ajoneuvossa, jossa on vaadittavat aktiiviset ja passiiviset turvajärjestelmät sekä yleistyneet mukavuusvarusteet. Myös yhäti kiristyvät hiilidioksidipäästöjen alentamisen vaatimukset tekevät väyläjärjestelmistä välttämättömiä ajoneuvojen painon pudotuksen sekä päästöjen valvonnan kannalta. Lisättäessä ajoneuvoihin erilaisia multimediasovelluksia vaativat ne omanlaisensa väylät ja niissä suuret tiedonsiirtonopeudet. Tulevaisuudessa varsinkin henkilöautoista halutaan mahdollisimman kevyitä, mutta niiden valmistaminen täytyy olla kuitenkin kustannustehokasta, tästä syystä on tavanomaista, että kaikki elektroniikalla korvattavissa olevat järjestelmät kuten mekaaniset ja hydrauliset ohjaus- ja jarrujärjestelmät toteutettaisiin täysin uudella rakenteella. Näistä tulevaisuuden järjestelmistä käytetään nimitystä X-by-wire, esimerkiksi steering-by-wire eli sähköinen ohjaus. On kuitenkin muistettava että tällaisten järjestelmien käyttöönotto vaatisi järjestelmiä, jotka ovat todella luotettavia ja myös vikasietoisia, sillä niiden rikkoutuessa saatetaan ihmiset hengenvaaraan. Tässä työssä tutkitusta FlexRay-väylästä ennustetaan tulevaisuuden väylää, jolla nämä vaativat toiminnot olisivat mahdollisia.

10 LÄHDELUETTELO

- [1] Autoalan koulutuskeskus Oy. Moottorialan sähköoppi. 8 uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus Oy 2005.
- [2] H.Honkanen. Ajoneuvoväylät. Verkkodokumentti. Kajaanin ammatti korkeakoulu. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 3.6.2009. Saatavilla: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ATO_Ajoneuvov%C3%A4yl%C3%A4t.pdf
- [3] BOSCH. Autoteknillinen taskukirja. 6 painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 2003.
- [4] Jarmo Alanen. CAN ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä. Tampere: VTT Automaatio, koneautomaatio. 2000.
- [5] Robert Bosch GmbH. Ajoneuvojen verkottuminen. Plochingen, Germany: Robert Bosch GmbH. 2007. Suomenkielinen käännös, Helsinki: Autoalan koulutuskeskus Oy 2008.
- [6] Simo Nieminen. Auton sähkölaitteet. Helsinki. WSOY. 2008.
- [7] Krister Wikster. Autoelektronikan väyläratkaisut. Proessori 11/2001.
- [8] Henrik Snellman. Väylävauhti kiihtyy. Proessori 2/2006.
- [9] Ergin Tuganay. Henkilöajoneuvojen sisäinen tiedonsiirto – ajoneuvo väylät eri sovelluskohteissa. Automaation tietotekniikan seminaari. 2003.
- [10] LIN-subbus. Technical overview. Verkkoaineisto. LIN Administrati on. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 25.6.2009. Saatavilla: <http://www.lin-subbus.org>

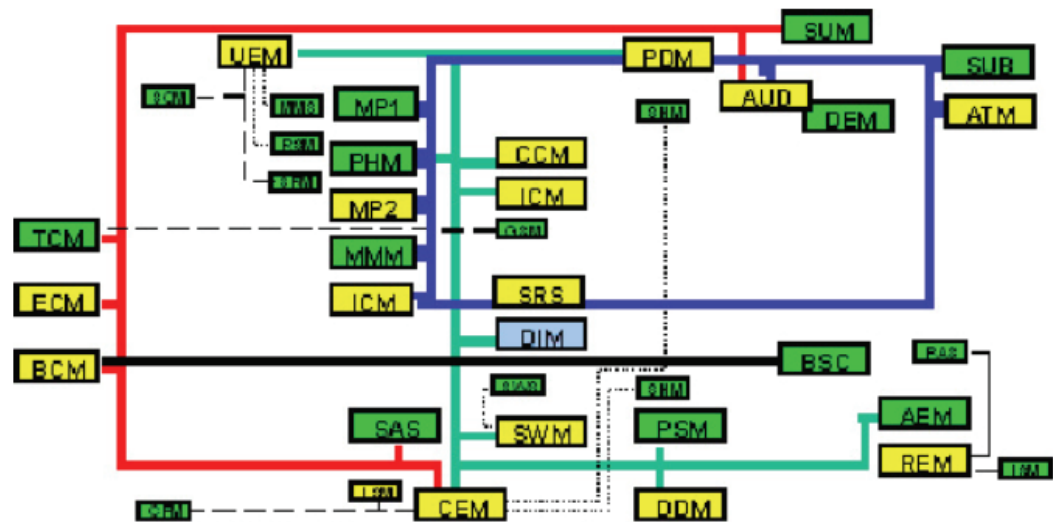
- [11] FNE Finland Oy.. Kuituinfo. Verkkoaineisto. Julkaistu 2006. Viitattu 7.7.2009. Saatavilla: <http://www.kuitu.net>
- [12] Franzis Verlag GmbH. MOST the automotive multimedia network. Verkkodokumentti. MOST cooperation. Julkaistu 2008. Viitattu 15.7.2009. Saatavilla: <http://www.mostcooperation.com/publications/mostbook/index.html>
- [13] MOST cooperation. Members list. Verkkoaineisto. MOST cooperation. Julkaistu 2009. Viitattu 15.7.2009. Saatavilla: <http://www.mostcooperation.com>
- [14] Thomas Strang, Matthias Röckl. Vehicle Networks, Muldimedia Protocols. Verkkodokumentti. Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt. Julkaistu 2008. Viitattu 15.7.2009. Saatavilla: <http://www.sti-innsbruck.at/fileadmin/documents/vn-ws0809/06-VN-MultimediaNetworks.pdf>
- [15] The FlexRay Consortium. About FlexRay background. Verkkoaineisto. The FlexRay Consortium. Julkaistu 2009. Viitattu 21.7.2009. Saatavilla: <http://www.flexray.com>
- [16] Arto Lehtinen. FlexRay-uutta väylätekniikkaa ajoneuvoihin-BMW en simmäinen käyttäjä. Internet tiedote. Diagno Finland Oy. Julkaistu 2008. Viitattu 21.7.2009. Saatavilla: http://www.diagno.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=80&Itemid=27
- [17] TZ Mikroelektronik. FlexRay Introdution. Verkkoaineisto. TZ Mikroelektronik. Julkaisuaika tuntematon. Viitattu 21.7.2009. Saatavilla: http://www.tzm.de/en/FlexRay/FlexRay_Introduction.html

- [18] FlexRay Consortium. FlexRay Requirements Specification Version 2.1. Verkkodokumentti. FlexRay Consortium. Julkaistu 19.12.2005. Viitattu 22.7.2009. Saatavilla:
<http://www.flexray.com/index.php?sid=d0f889d8b751c7f49dd8bca7832d7e60&pid=47&lang=de>
- [19] Bluetooth SIG (Special Interest Group). Overview of operations, About the Bluetooth SIG, History. Verkkoaineisto. Bluetooth SIG. Julkaistu 2009. Viitattu 27.7.2009. Saatavilla: <http://www.bluetooth.com>
- [20] Bluetooth SIG. Bluetooth specification Version 3.0 + HS. Verkkodokumentti. Bluetooth SIG. Julkaistu 21.4.2009. Viitattu 27.7.2009. Saatavilla:
<http://bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Building/Specifications/Default.htm>
- [21] Jukka Tirkkonen. Bluetooth mukavuuselektroniikka. Koulutusmateriaali. VW-auto Oy Koulutuskeskus. 2009.
- [22] Karl Johansson, Martin Törngren, Lars Nielsen. Vehicle applications of controller area network. Verkkodokumentti. Royal Institute of Technology, Stocholm. Julkaistu 6.1.2005. Viitattu 29.7.2009. Saatavilla:
http://www.s3.kth.se/~kallejppaperscan_necs_handbook05.pdf
- [23] Ajoneuvohallintokeskus. Ajoneuvolaki 93 ja 99. Verkkodokumentti. Ajoneuvohallintokeskus. Julkaistu 4.2.2004. Viitattu 30.7.2009. Saatavilla: <http://www.ake.fi/pdf/19-208-2004.pdf>
- [24] Thomas Scherer. Tuleva OBD-3 kommunikoi langattomasti. Prosessori 10/2007.

11 LIITELUETTELO

Liite 1 Volvo XC90 –väyläarkkitehtuuri

Liite 2 Scania-kuorma-auton väyläarkkitehtuuri



Powertrain and chassis

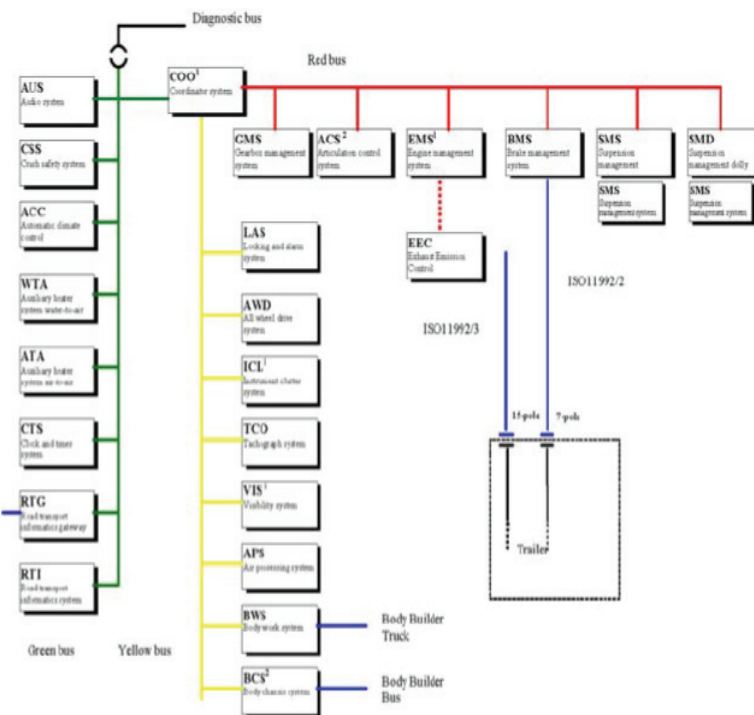
TCM	Transmission control module
ECM	Engine control module
BCM	Brake control module
BSC	Body sensor cluster
SAS	Steering angle sensor
SUM	Suspension module
AUD	Audio module

Infotainment/Telematics

MP1,2	Media players 1 and 2
PHM	Phone module
MMM	Multimedia module
SUB	Subwoofer
ATM	Antenna tuner module

Body electronics

CEM	Central electronic module
SWM	Steering wheel module
DDM	Driver door module
REM	Rear electronic module
SWM	Steering wheel module
DDM	Driver door module
PDM	Passenger door module
REM	Rear electronic module
CCM	Climate control module
ICM	Infotainment control
UEM	Upper electronic module
DIM	Driver information module
AEM	Auxiliary electronic



Green bus

AUS	Audio system
CSS	Crash safety system
ACC	Automatic climate control
WTA	Auxiliary heater water-to-air
ATA	Auxiliary heater air-to-air
CTS	Clock and timer system
RTG	Road transport info gateway
RTI	Road transport info system

Yellow bus

LAS	Locking and alarm system
AWD	All wheel drive system
ICL	Instrument cluster system
TCO	Tachograph system
VIS	Visibility system
APS	Air processing system
BWS	Body work system
BCS	Body chassis system

Red bus

GMS	Gearbox management system
ACS	Articulation control system
EMS	Engine management system
EEC	Exhaust emission control
BMS	Brake management system
SMS	Suspension management system
SMD	Suspension management dolly
COO	Coordinator system