



# Metsänosturin hälytysjärjestelmän kehittäminen

Olli Soramies

Opinnäytetyö, AMK

Elokuu 2022

Tekniikan ala

Insinööri, (AMK) sähkö- ja automaatiotekniikka

**Soramies Olli**

## **Metsänosturin hälytysjärjestelmän kehittäminen**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Syyskuu 2022, 35 sivua

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö, AMK

Julkaisun kieli: Suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

### **Tiivistelmä**

Toimeksiantajalla oli tarve kehittää hälytysratkaisu puutavara-ajoneuvon hyttiin. Konedirektiivin mukaan rakennetussa nosturipäällisrakenteessa on oltava kuljetustilan indikoiva hälytys tai varoitus. Tämä lisää ympäristön, liikenteen sekä kuljettajan turvallisuutta. Toimeksiantona oli tehdä selvitystyötä tuotteelle, joka antaisi audiovisuaalisen hälytyksen puunkuljetusajoneuvon hyttiin. Tapoja toteuttamiselle on useita. Yksi ratkaisu olisi lisätä erillinen hälytysyksikkö kuljettajan hyttiin. Tutkimuksen edetessä selvisi, että tällaisen laitteen markkinat ovat jo vanhentuneet. Digitaalinen integraatio päällisrakenteen ja ajoneuvon välillä on vahvasti kehittymässä ja ratkaisu hälytyksen toteuttamiseen hytissä löytyy, jos lopputuotetta tarkastellaan laajemmin.

Nyky aikaisten kuorma-autojen sulautetut verkotetut järjestelmät mahdollistavat modulaarisen I/O viestinnän ja vikadiagnosoinnin ECU-yksiköiden ja muiden laitteiden välillä. Eräs verkotettujen järjestelmien väylä-ratkaisuista on CAN (controller area network). Tätä laitteiden verkottamis- ja viestintäteknologiaa voidaan myös hyödyntää kuorma-auton ja sen päällisrakenteen välisessä viestinnässä.

CAN-väylä teknologiaa on ollut käytössä vuosikymmeniä ja kansainväliset insinööriyhteisöt aktiivisesti laajentavat sen kykyä. Vuosien saatossa on CAN-väylän tiedonsiirtonopeus sekä viestintäprotokollat ovat kehittyneet laajasti. Väyläyhteyden täydellinen toteuttaminen vaatii edelleen kuorma-auton ja päällisrakenteen välisen rajapinnan kehittämistä. Tutkimustyö edisti toimeksiantajan tuotekehitystyötä uusien kontaktien muodossa, sekä selkeytti kehityksen suuntaa.

### **Avainsanat (asiasanat)**

tuoteturvallisuus, SAE J1939, CAN-verkot

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Soramies Olli**

### **Development of timber crane alarm system**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, February 2022, 35 Pages.

Engineering and technology. Degree Program in Electrical and Automation Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Background of the subject is the clients need to develop a solution for alarm system in the timber crane truck cabin. The machinery directive demands that there must be an indication of the crane transport status. This adds safety to the environment, traffic, and the crane operator as well. The task was to do research work for a product that would indicate visual and audible alarm function at the timber trucks driving cabin. This could be executed in many ways. One solution is to add an additional audiovisual alerting device to the driver's cabin. In the process was found out that markets for this kind of product are already outdated. Digital integration between the timber truck and its implements is under heavy development and the solution for executing the alert can be found from broader review of the end product.

Modern-day trucks have embedded network systems, which makes modular I/O messaging and error diagnose possible between ECU's and other devices. One of the network techniques is CAN (controller area network). This network and communication technology can also be utilized over the truck and its implements, such as timber cranes.

The CAN-bus technology has been in use for decades and international engineering societies are actively expanding the capabilities of it. Over the years its data transmission rate and message protocols are improved. The complete implementation of the controller area network needs further development of the interface between the timber crane and truck. The research work promoted the client's product development in the form of new contacts and clarified the direction of development.

### **Keywords/tags (subjects)**

product safety, SAE J1939, controller area network

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet.....	3
1.2	Tutkimusasetelma .....	3
1.3	Aiheen rajausta.....	4
1.4	Toimeksiantajan esittely ja nykytilanne .....	5
<b>2</b>	<b>Turvallisuustekijät ja uuden tuotteen merkinnät .....</b>	<b>6</b>
2.1	CE-merkintä.....	6
2.2	RoHS-vaatimustenmukaisuus.....	7
<b>3</b>	<b>CAN väylätekniikka .....</b>	<b>8</b>
3.1	Yleiskuvaus .....	8
3.2	Fyysinen rakenne .....	8
3.3	Tiedonsiirto .....	10
3.4	Viestikehyksen rakenne .....	11
3.5	SAE J1939-Standardi.....	12
<b>4</b>	<b>Rajapinnat .....</b>	<b>13</b>
4.1	HMI.....	13
4.2	Ohjelmallinen rajapinta.....	14
4.3	Viestintäraajapinnat.....	14
4.4	Sähköinen rajapinta .....	15
4.5	Hydraulinen rajapinta.....	15
<b>5</b>	<b>Päällisrakentaminen .....</b>	<b>16</b>
5.1	Päällisrakenteen viestiyhteyden mahdollisuudet .....	16
5.2	Yleisimmät alustat .....	18
<b>6</b>	<b>Toteutus .....</b>	<b>19</b>
6.1	Signaaliyhteys.....	19
6.2	Havainnollistaminen.....	24
<b>7</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>29</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>31</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>33</b>
	Liite 1. Scania kuorma-auton CAN-viestiliikenne .....	33
	Liite 2. PGN/SPN signaalilista CodeSYS ohjelmointiympäristössä .....	34
	Liite 3. Hälytysten havainnollistaminen CR1152 näytöllä .....	35

## Kuviot

Kuvio 1 Kesla 22-Sarjan Z nosturi.....	5
Kuvio 2 CAN-väyläkaapelin rakenne .....	9
Kuvio 3 Nopean ja hitaan väylän signaalitason vaihtelu.....	10
Kuvio 4 CAN-viestikehyksen rakenne.....	12
Kuvio 5 IFM-electronics PLC yksikkö .....	14
Kuvio 6 14-napainen VBG-sähköpistokeliitin .....	15
Kuvio 7 Puutavaranosturi kuorma-auton päällisrakenteena.....	17
Kuvio 8 Suora johdotus auton ja ja nosturin I/O pinnien välillä .....	19
Kuvio 9 Ulkoisen CAN-väyläyhteyden muodostaminen .....	20
Kuvio 10 Hajautusyksikkö nosturin päällisrakenteeseen.....	21
Kuvio 11 Informaatio symboli ”Viesti Vastaanotettu” .....	22
Kuvio 12 Varoitussymboleja.....	23
Kuvio 13 Hälytyssymboleja .....	23
Kuvio 14 Kvaser Leaf Light HS v2 M12 .....	24
Kuvio 15 Viestiliikennettä havainnollistava näytön käyttöliittymä .....	25
Kuvio 16 Tukijalat ei kuljetusasennossa.....	25
Kuvio 17 PGN 65265 CCVS1, SPN 70 Parking Brake Switch, state 01 .....	27
Kuvio 18 Codesys-ohjelman login-tilassa voidaan seurata reaaliaikaisesti muuttujien tiloja .....	28
Kuvio 19 Output Window näyttää väylään lähetetyt viestit.....	28

## Taulukot

Taulukko 1 Havainnollistamiseen käytetyt J1939 viestit .....	26
--	----

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Työ pohjautuu toimeksiantajan luonnolliseen tarpeeseen kehittää tuotteitaan turvallisemmiksi ja paremmiksi. Käytettävyyden lisääminen ja asiakaslähtöinen näkökulma auttavat kehittämään tarkoitustaan palvelevia tuotteita. Tavoitteena oli tutkia eri vaihtoehtoja kuorma-auton kuljettajan huomion herättämiseen, jos nosturijoneuvoyhdistelmän leveys tai korkeus ovat kuljetustilanteessa yli sallittujen rajojen. Tällä vältettäisiin ja ennaltaehkäistäisiin tilanteita, joissa voisi aiheutua merkittäviä materiaali tai henkilövahinkoja.

Tuotekehityksen näkökulmasta lisähälytyslaite kuorma-auton hyttiin lisäisi ostajan optioita hankintoihinsa sekä parantaisi turvallisuutta. Viestintäyhteys kuorma-auton hyttiin mahdollistaisi jatkossa muidenkin toimintojen viemisen kuorma-auton hytistä myös nosturin järjestelmään väyläliikennettä hyödyntäen. Kuorma-autojen kehittyminen pyörillä liikkuviksi automaatiojärjestelmiksi on tuonut lisää mahdollisuuksia nosturivalmistajalle.

## 1.2 Tutkimusasetelma

Kehitystyön onnistumiseksi on tutkittava ratkaisuja, joilla hälytykset on aikaisemmin toteutettu, miten ne toteutetaan tällä hetkellä ja mitkä ovat tulevaisuuden näkymät. Liikenne-, työ- ja tuoteturvallisuuden kehityksen myötä on havaittu hälytysten tarpeellisuus. Hälytysten toteuttaminen tuotteessa nykyaikaisella tavalla vaatii ajankohtaista tarkastelua raskaan ajoneuvokaluston teknikasta. Tiedonkeruumenetelminä toimii havainnointi, alan kirjallisuus sekä strukturoimaton haastattelu. Kehitystyön tuloksen odotetaan tuovan toimeksiantajalle lisää hyödynnettävää tietoa tuotekehitykseen. Kehitystutkimus pyrkii kvalitatiiviseen tarkasteluun eri ratkaisuissa. Tutkimuksen tulokset ovat kehittäjän relatiivisen objektiivisen tarkastelun alla ja käytetyt tiedonkeruutavat tuovat neutraalia suhtautumista tietoihin, sillä kehittäjällä ei ole aikaisempaa kokemusta alan toimijoista. (Tilastokeskus, Tiedonkeruumenetelmien valinta, N.d)

### 1.3 Aiheen rajaus

Työssä koostetaan mahdollisia tapoja toteuttaa hälytystoiminto kuormausnosturilla varustetun puunkuljetusajoneuvon hyttiin. Tekniikan jatkuvasti kehittyessä on kuitenkin syytä tarkastella ai-  
hetta laajempaa kokonaisuutena. Siksi työssä on tutkittu myös lopputuotteen rajapintoja ja mi-  
ten väyläteknologiaa hyödynnetään laitteiden välisessä viestinnässä. Työssä sivutaan myös kan-  
sainvälisiä turvallisuuteen ja valmistajan tuotevastuullisuuteen liittyviä aiheita  
elektroniikkatuotteen valmistuksessa. Lisäksi käsitellään päällisrakentamiseen liittyviä näkökohtia,  
sillä lopputuote on mahdollinen vain monen toimijan yhteistyön kautta.

Työstä on jätetty pois yksityiskohtainen usean ajoneuvoalustan tarkastelu, koska komponenttien  
ja tuotteiden monimuotoisuuden takia aihe olisi laajentunut liikaa. Työssä kuitenkin on esimerk-  
kejä suurimpien alalla toimivien ajoneuvovalmistajien tekniikasta.

## 1.4 Toimeksiantajan esittely ja nykytilanne

Kesla Oyj on johtava nykyaikaisen metsäteknologian osaaja ja materiaalinkäsittelyn asiantuntija. Yritys on valmistanut metsäteollisuuden nostureita jo yli 60 vuotta. Keslan palveluksessa on 250 työntekijää ja yrityksellä on Suomessa tehtaat Joensuussa, Kesälahdella sekä Ilomantsissa. Yrityksen toimialaan kuuluu auto- ja teollisuusnosturit, puunkorjuulaitteet, hakkurit sekä metsätraktori-varusteet. Nosturimalleja eri tarpeisiin on vuosien varrella kertynyt useita. Aikaisemmin Keslan auto- ja teollisuusnostureita tunnettiin nimellä PEKU ja FORESTERI.

Lisääntynyt automaatiotekniikka, sekä sähköhydrauliset ohjauslaitteet tuovat koneiden sähkösuunnitteluun paljon mahdollisuuksia mutta myös haasteita. Kasvanut johtosarjojen määrä vie asennustilaa ja lisää kustannuksia. Ajoneuvoissa on jo pitkään hyödynnetty väyläteknologiaa järjestelmän sisäiseen viestintään ja ohjaukseen. Tarve väyläviestintään päällisrakenteen ja ajoneuvon automaatiojärjestelmän välillä on siis ilmeinen. Maailman markkinoilla on jo olemassa tuotteita ja ratkaisuja väyläliikenteen toteuttamiselle. Tällä saadaan vähennettyä johtojen määrää ja asennuskustannuksia. Lisäksi väyläliikenteen hyödyntäminen koneissa laajentaa vikadiagnoosimahdollisuuksia.



Kuvio 1 Kesla 22-Sarjan Z nosturi



## 2 Turvallisuustekijät ja uuden tuotteen merkinnät

Työn eettisyys, turvallisuus ja yleisten ohjesääntöjen noudattaminen tulee huomioida uutta tuotetta tai palvelua suunniteltaessa. Euroopassa myytävä tuote ja sen turvallisuus on aina jonkin tahon vastuulla. Uuden elektronisen laitteen valmistuksessa ja myynnissä standardeja noudattamalla varmistutaan siitä, että tuote on kansainvälisten turvallisuusvaatimusten ja asetusten mukainen. Jos standardeista poiketaan, on myyjän osoitettava muulla tavalla, että tuote on turvallinen käyttäjälle. Kuluttajaliiton artikkelin mukaan ”Jokaisella on oikeus turvallisiin tuotteisiin ja palveluihin. Tuotteet ja palvelut eivät saa vaarantaa kuluttajan terveyttä eivätkä omaisuutta.” (Kuluttajaliitto. N.d.)

Korvausvastuu vahingoista on ensisijaisesti vahingon aiheuttavan tuotteen valmistajalla tai maahantuojalla. (Tuotevastuulaki 99/1993, 5 §)

Jos tuote aiheuttaisi vahinkoa ajoneuvon järjestelmälle väärinkytkenän seurauksena, uuden ajoneuvon takuu raukeaisi. (Scania Truck Bodybuilder, Connections to the vehicle’s internal network, 2016, 1)

### 2.1 CE-merkintä

CE (Conformité Européenne) on merkintä, jonka valmistaja antaa tuotteelleen osoittaakseen sen täyttävän EU:n direktiivien ja asetusten vaatimukset. CE-merkintä mahdollistaa tuotteen vapaan liikkumisen EU:n alueella. Merkintä tulee olla seuraavissa tuotteissa, jotta sitä voidaan myydä EU:n alueella:

- lelut
- koneet
- hissit
- sähkölaitteet
- henkilösuojaimet
- eräät rakennustuotteet
- kaasulaitteet
- mittauslaitteet

(Tukes N.d.)

2011/65/EU direktiivin viidennentoista artiklan mukaan CE-merkintä on kiinnitettävä valmiiseen sähkö- ja elektroniikkalaitteeseen näkyvästi ja pysyvästi ennen laitteen markkinoille saattamista. (Direktiivi 2011/65/EU)

## 2.2 RoHS-vaatimustenmukaisuus

RoHS (Restriction of Hazardous Substances) on vaarallisten aineiden käyttöä rajoittava direktiivi, joka vaikuttaa elektroniikkalaitteiden valmistukseen. RoHS:ia sovelletaan kaikkiin sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin. Jos laitteella on yksikin käyttötarkoitus, johon se käyttää sähkövirtaa tai sähkömagneettisia kenttiä toimiakseen, määritellään se sähkö- tai elektroniikkalaitteeksi.

Direktiivin liitteessä II luetellaan rajoitettujen aineiden pitoisuusprosentteja:

- Lyijy (0,1 % ppm)
- Elohopea (0,1 % ppm)
- Kadmium (0,01 % ppm)
- Kuudenarvoinen kromi (0,1 % ppm)
- Polybromibifenyylit (PBB) (0,1 % ppm)
- Polybromidifenyyliteetterit (PBDE) (0,1 % ppm)

Vuonna 2008 lisättiin:

- Bis (2-etyyliheksyyli) ftalaatti (0,1 % ppm)
- Butyylibentsyyliftalaatti (0,1 % ppm)
- Dibutyyliftalaatti (0,1 % ppm)
- Di-isobutyyliftalaatti (0,1 % ppm)

Piirikortillisen hälytyslaitteen komponentit ja juotosliitokset eivät siis saa olla esimerkiksi lyijy pitoisia. RoHS-testauksen avulla valmistaja voi ennen tuotteen markkinoille saattamista saada tuotteelleen RoHS-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen.

Direktiivi velvoittaa EU:n jäsenvaltiot takaamaan, että tuotteiden valmistajat pitävät huolta, että sähkö- tai elektroniikkalaitte on suunniteltu ja valmistettu vaatimusten mukaisesti. Tuotteesta on oltava saatavilla tekniset asiakirjat, jotka osoittavat laitteen toiminnan. Lisäksi tuotteeseen on kiinnitettävä tunnustekilpi, jonka avulla valmistaja voi seurata vaatimusten vastaisten tuotteiden palautusta. (Direktiivi 2011/65/EU)

### 3 CAN väylätekniikka

Tässä luvussa selvitetään CAN-viestintäteknologian toimintaperiaatteita ja paneudutaan sen tekniseen kehitykseen ajankohtaisella näkökulmalla. Lisäksi selvitetään raskasajoneuvoteknologiassa käytetyn J1939-standardin mukaista tiedonsiirtotapaa.

#### 3.1 Yleiskuvaus

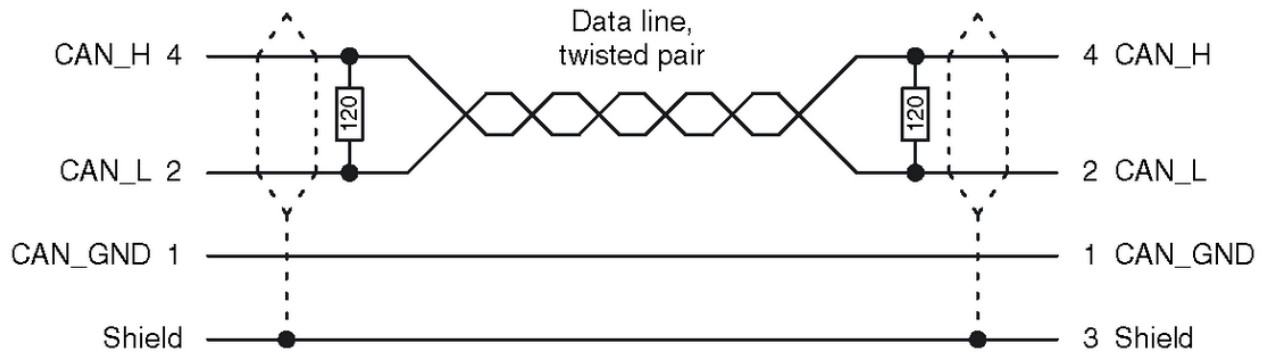
CAN on lyhenne sanoista Controller Area Network. CAN-väylätekniikan on alun perin kehittänyt saksalainen ajoneuvoelektronikan yritys BOSCH vuonna 1983. CAN-väylä voidaan sijoittaa OSI mallin alimmille tasoille. OSI-malli (Open Systems Interconnection Reference Model) on tietoliikennejärjestelmien suunnitteluun käytetty protokollahierarkia. Malli esittää käsitteitä, jotka auttavat ymmärtämään eri tietoliikenneväylien protokollien toimintaa. Alimmat/ensimmäiset kaksi tasoa seitsentasoisessa mallissa ovat fyysinen taso (Physical layer) ja siirtotaso (Datalink layer) CAN-väylä toimii OSI-mallin näillä tasoilla. OSI-malli löytyy myös kansainvälisestä ISO/IEC 7498-1 standardista. (Bosch. 2008. 10)

CAN-väylän merkittävä ominaisuus on alati lisääntynyt automaation ja sähköisten instrumenttien määrän hallitseminen ajoneuvoissa ja teollisuudessa. CAN- väylä toimii tiedonvälitysreittinä toimilaitteiden välillä. Väylätopologiassa ei yleensä ole varsinaista päätietokonetta, joka hallinnoisi master – slave yhteyksiä, vaan kaikki laitteet vastaanottavat kaikki viestit. Vastaanottava laite tietää onko viesti osoitettu sille ja toimii sen mukaan. Tällaista kaikille jaettua viestiä kutsutaan broadcastviestiksi eli monilähetysviesteiksi. Menetelmä mahdollistaa modulaarisen kehityksen ja vika-diagnosoinnin laitteissa ja koneissa. (Bosch. 2008. 10)

#### 3.2 Fyysinen rakenne

Väylän fyysinen rakenne on yksinkertaisuudessaan kierretty johdinpari, jonka molemmissa päissä on standardisoitunut yleensä 120Ω terminointivastus. CAN-väylään liitettävissä laitteissa on usein myös sisäänrakennettu terminointivastus, jonka voi kytkeä tarpeen mukaan päälle tai pois. Erilaisia topologioita voidaan toteuttaa, mutta väylän oikeanlainen terminointi tulee varmistaa. Kierretyn parin kaksi johdinta ovat CAN-High ja CAN-Low. Teollisuuden väyläkaapelissa on usein myös maajohdin ja joskus myös jännitteensyöttö. Väyläkaapeli on myös armeerattu elektromagneettisia

häiriöitä vastaan. Armeerauksessa käytetään tyypillisesti galvanoituja teräs-, kupari tai alumiinilankoja. Koteloituja väyläliitäntöjä lyhyillä matkoilla ja ajoneuvojen johtosarjoissa toteutetaan myös lisäsuojamattomalla johdinparilla.



Kuvio 2 CAN-väyläkaapelin rakenne

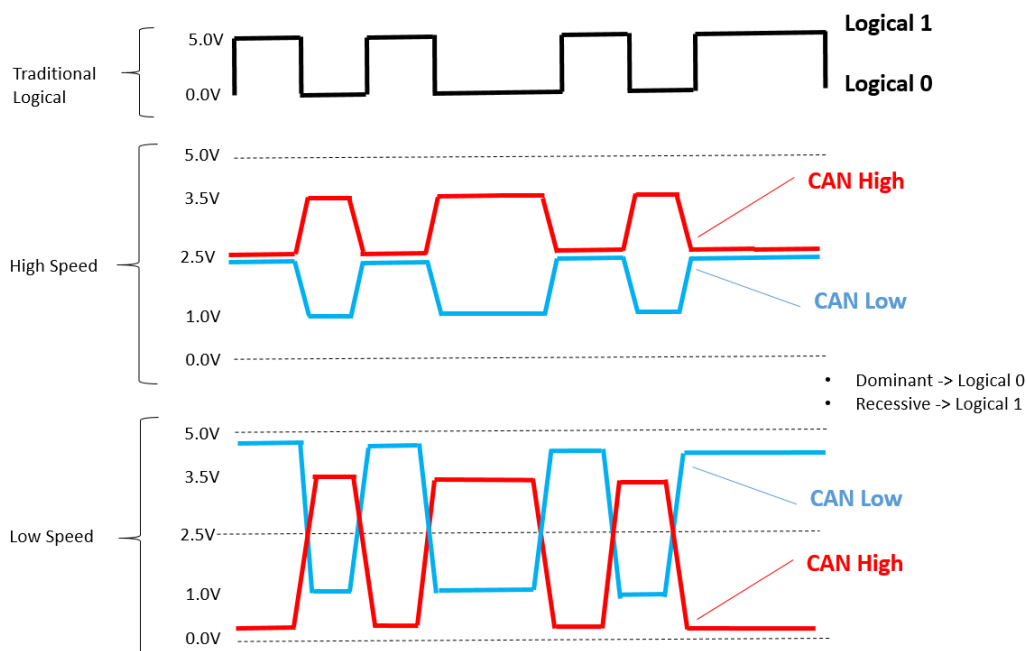
CAN-väylää pidetään erittäin häiriösietoisena. Tämä perustuu kierretyn parin ominaisuuksiin kumota signaalien jännitteeseen vaikuttava yhteismuotoinen häiriösignaali. Signaalien jännite-ero säilyy häiriöstä huolimatta ja siksi viesti pysyy luettavana. Tyypillinen valmistajien ohjeistama kierrosten lukumäärä metriä kohden on 40 kierrosta. CAN-väylän high ja low signaalit ovat toistensa pelikuvia. (ks. kuva 2)

Nykyaikaisissa ajoneuvoissa on sisäänrakennettuna useita väyliä, jotka yhdistävät monet mikrotietokoneet, joita on hajautettu ympäri ajoneuvoa. Näitä mikrotietokoneita kutsutaan yleisnimityksellä ECU (Electronic control unit). ECU-yksiköt ovat määriteltä toimimaan oman ”työalueensa” piirissä ja täten tiedonsiirtoon hyödynnetään toimintoa vastaavaa väylätekniikkaa. Osa ECU:sta hyödyntää nopeaa väylää ja osa hidasta. Hitaita väyliä käytetään esimerkiksi ovien ja ikkunoiden ohjauskomennoille. Nopeita taas moottoriin ja turvapiireihin liittyvissä toiminnoissa ja diagnostiikan keräämisessä. Hajautetut ECU-yksiköt tekevät koko väylän totaalisesta kaatumisesta epätoiminnaisempaa. (Bosch. 2002. 988)

### 3.3 Tiedonsiirto

Väylässä kulkeva viestisignaali voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Yleisesti käytetään termejä nopea CAN-tekniikka (High Speed CAN, ISO 11898-2), sekä hidas CAN-tekniikka (Low Speed CAN, ISO 11898-3). Nopeaa tekniikkaa hyödynnetään lyhyttä vasteaikaa vaativissa sovelluksissa, kuten säätöpiirien viestiliikenteessä. Sen tiedonsiirtonopeus on jopa 1Mbit/s. Hitailla nopeuksilla toteutettu väylä on vikasietoisempi kuin nopealla tekniikalla toteutettu väylä ja tiedonsiirtonopeus on parhaimmillaan 125kbit/s. (Frei. 2015)

Luvun-2010 jälkeen ilmestyneet väyläratkaisut ja CAN-tekniikkaan yhteensopivat laitteet kuten data-loggerit, telemetrialaitteet ja lisä-ECU:t hyödyntävät CAN FD (Controller Area Network Flexible Data-Rate) protokollaa. CAN FD on hieman kehittyneempi CAN-protokolla. Se mahdollistaa muuttuvan tiedonsiirtonopeuden laitteiden välillä ja eri tiedonsiirtonopeuksilla toimivien laitteiden yhteensopivuuden. CAN FD määritellään myös standardissa ISO 11898-1. CAN FD protokolla käyttää laajempaa viestikehystä, kuin klassinen CAN. (ks. 3.4 Viestikehysten rakenne). CAN FD ylittää jopa 2Mbit/s tiedonsiirtonopeuteen. (CIA Newsletter, 2022)



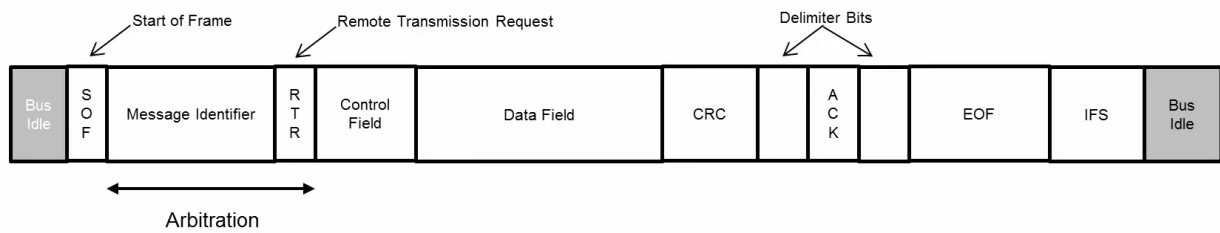
Kuvio 3 Nopean ja hitaan väylän signaalitason vaihtelu

Väylä ei itsessään lähetä, eikä vastaanota viestejä. Väylään kiinnitetty laite tarvitsee väylässä toimiakseen lähetinvastaanottimen (eng. transceiver) sekä kontrollerin (eng. controller) tulkitakseen viestikehystä. Viestikehys muodostuu loogisista kahdennetun binäärisignaalin tuottamista tiloista. Kontrolleri muodostaa tiloista digitaaliviestin. Toisin sanoen bitti voi olla joko resessiivinen (looginen 1) tai dominantti (looginen 0). Mikroprosessori tulkitsee tämän binäärimuotoisen datan. Näiden bittien muodostamaa sarjaa kutsutaan viestikehykseksi. (Frei. 2015)

### 3.4 Viestikehyksen rakenne

Bosch GmbH on spesifioinut kaksi viestikehysmallia CAN 2.0A ja CAN 2.0B vuonna 1991. CAN 2.0 A/B on jo vanhentunut termi. Nykyisin käytetään termejä Standard frame format ja Extended frame format eli perus viestikehys ja laajennettu viestikehys (Cook, J. & Freudenberg J). Tällä viitataan viestikehyksen alussa olevaan identifier osioon, joka on standardipituudeltaan 11 bittiä (Standard Frame/CAN 2.0A) ja laajennetussa versiossa 11 + 18 bittiä eli 29 bittiä (Extended/CAN 2.0B). Viestikehykset ovat muuten varsin samanlaisia. (BOSCH CAN Specification Version 2.0. 1991).

Kokonaisuudessaan viestikehys koostuu useasta eri osiosta. Viestikehys alkaa SOF (start of frame) bitillä, joka kertoo, onko kyseessä tavallinen viestikehys vai niin kutsuttu ”remote frame”, joka on klassisen kehysten kaltainen, mutta ei sisällä varsinaista hyötydataosiota. Remote frame luetaan pyyntöviestissä, jolla pyydetään jotakin väylässä olevaa solmua lähettämään. Kun viesti on väylässä, kertoo se aloitusbitin jälkeen, minkä kategorian viestiä se on lähettämässä. Tämä luetaan väylän identifier-osiossa. Identifier-osion jälkeen tulee 6 bitin pituinen kontrollikenttä, joka kertoo hyötydataosuuden pituuden. Koska hyötydataosuus voi sisältää maksimissaan 8 tavua vaihtelee kontrollikentän arvo 000000 ja 000111 välillä. Kontrollikenttää seuraa hyötydataosio, josta luetaan varsinainen viestin sisältö. Dataosion jälkeen viestikehyksessä on virheentunnistusosio CRC-tarkistussuma, josta voidaan algoritmin perusteella laskea, onko viesti lähetetty virheettö. Kehyksen lopussa on ACK (Acknowledge) vahvistuskenttä ja EOF (End Of Frame), jotka ovat aina resessiivisiä. Jos esimerkiksi elektromagneettisen häiriön vaikutuksesta jokin tiloista muuttuu väylässä, tulkitaan senhetkinen väylän viesti virheelliseksi, jolloin väylälaitteet pitävät tauon ja yrittävät lähetystä uudestaan. Kuvassa neljä on esitetty CAN-viestikehyksen rakenne. Viestikehysten väleissä on myös oltava bittejä ja kuviossa on esitetty jatkuvan viestiliikenteen viestivälit IFS (Interframe Space) kentällä. (BOSCH CAN Specification Version 2.0. 1991)



Kuvio 4 CAN-viestikehyksen rakenne

(Wilfred Voss, Controller Area Network – Message Frame Architecture, 2018)

### 3.5 SAE J1939-Standardi

SAE (Society of Automotive Engineers) on yhdysvaltalaislähtöinen kansainvälisesti aktiivinen yhteisö, joka ylläpitää ajoneuvoteknologiaan liittyviä standardeja. Yksi näistä standardeista on J1939, joka on raskaan kaluston väyläteknologian ohjenuora. J1939-väyläprotokolla on CAN-väylän yläpuolella toimiva viestintäkieli. Puhuttaessa J1939 väylästä tarkoitetaan usein yhteensopivuutta eri väylälaitteiden kanssa, jotka keskustelevat J1939 viestikehyksiä hyödyntäen. J1939 standardin mukainen CAN-väylä käyttää laajennettua identifier osiota viestikehyksessä. Identifier osion sisällä on PGN numero (Parameter Group Number), joka toimii yläotsikkona SPN (Suspect Parameter Number) numeroille. SPN numerot ovat J1939-standardin määrittämä listaus yleisistä väylätoiminnoista.

Osa J1939- standardin mukaisista viesteistä ovat SAE:n tarkasti määrittämiä, näistä osa on vapaasti määriteltäviä lisä I/O viestejä. Lisäksi on laite- ja ajoneuvovalmistajien itse määrittämiä viestejä, jotka toimivat samalla periaatteella ja voivat olla implementoituina samaan väyläsovellukseen. (Kvaser, SAE J1939 Introduction, 2022)

## 4 Rajapinnat

Toimiva kokonaisuus vaatii yhteensopivat rajapinnat lopputuotteessa. Nosturin hydraulisenvoiman ja virran syöttö otetaan auton hydraulikkapumpulta ja akustoista. Nosturin liittäminen autoon on siis monen eri tekniikan yhteen sulauttamista. Kokonaisuutta ohjataan ohjausjärjestelmillä ja ohjauspaikkoihin asennetaan näyttöjä, jotka ovat rajapinta ihmisen ja laitteiston välillä. Rajapinnalla (eng interface) tarkoitetaan kahden tai useamman laitteen, ohjelman tai muun näkyvää liitosta, jossa tapahtuu vuorovaikuttamista kuten tiedonsiirtoa. (Oxford University Press, Definition of interface. 2021)

Tässä kappaleessa tarkastellaan ihmisen, puutavaranosturin ja kuorma-auton rajapintoja nosturipainotteisesti.

### 4.1 HMI

HMI (Human Machine Interface) eli ihmisen ja laitteen tai ohjelmiston välinen rajapinta. Digitaalisen viestinnän välineenä HMI muuttaa tiedot ihmiselle luettavaan ja hallittavaan muotoon. HMI:llä tarkoitetaan tässä yhteydessä hyttiin asennettavaa operointipaneelia eli näyttöä. Näyttöön pysytään ohjelmoimaan graafinen käyttöliittymä eli GUI (Grafical user interface). Näyttö nosturin hytissä tuo kuljettajalle informaatiota koneesta ja käyttöliittymän avulla voidaan hallita nosturin toimintoja tai säätää esimerkiksi solenoidiventtiilien virta-arvoja nosturin toiminnan sujuvoittamiseksi. Ajoneuvon ulkoiseen väylään liitettyyn HMI:hin voidaan tuoda myös ajoneuvon tietoja.



## 4.2 Ohjelmallinen rajapinta

Modernit nosturit ja autot ovat omia logiikkajärjestelmiänsä. Nykyaikaisissa ajoneuvoissa on tietokoneita, jotka valvovat ja ohjaavat toimintoja. Sähköohjatuissa nostureissa on yleensä ajoneuvosta erillinen sulautettu järjestelmä, joka ohjaa nosturin toimintoja. Sulautettu PLC-yksikkö ohjelmoidaan kommunikoimaan operointipaneelin kanssa. PLC-moduuliin voidaan liittyä ulkoisesti väylällä, analogisesti I/O johdotuksella tai esimerkiksi Ethernet-yhteydellä. Kuvassa 5 on esimerkki eräästä maatalous- ja konekäytössä olevasta PLC-yksiköstä. IFM-electronics:n PLC yksikkö voidaan ohjelmoida Codesys-ohjelmointiympäristössä.



Kuvio 5 IFM-electronics PLC yksikkö

## 4.3 Viestintärajoitukset

Nosturin ja auton välinen viestintä, eli ohjauksen komennot ja anturitiedot voidaan viedä kahdella eri tavalla järjestelmästä toiseen. Viestit voidaan, joko viedä väylätekniikkaa käyttäen, tai jokaiselle viestisignaaliin voidaan viedä oma johtimensa nosturilta auton logiikkaan tai auton logiikasta nosturille. Tällaisia yksittäisiä merkittäviä tietosignaaleja ovat muun muassa auton moottorin kierrosluku, moottorin lämpötila, öljynpaineet ja ohjauksen komennot, kuten valojen ohjaus päälle/pois tai kierrosluvun säätö. Väylätekniikasta kerrotaan lisää luvussa neljä.

#### 4.4 Sähköinen rajapinta

Nosturin ja auton välinen sähköinen rajapinta muodostuu johtosarjoista, jotka päällisrakentaja asentaa runkoon. Sähkönsyöttö nosturille tuodaan ajoneuvon akustolta yleensä sulakerasian kautta. Virran kytkentä tapahtuu releohjauksella ajoneuvon hytistä. Johtosarjat liitetään toisiinsa pistokkeella. Pistokkeiden mallit vaihtelevat valmistajasta ja asiakkaan toiveista riippuen. Pistokeliitinvaihtoehdot eivät ole standardisoituneita, mutta usein liittimet ovat kuitenkin standardin mukaisia, yleisimpiä liittimiä ovat ISO 12098 standardin mukaiset traileriliittimet tai esimerkiksi VBG liittipistorasia.



Kuvio 6 14-napainen VBG-sähköpistokeliitin

#### 4.5 Hydraulinen rajapinta

Nosturin hydrauliohjauksen syöttö otetaan ajoneuvon hydraulikkapumpulta. Hydraulinen rajapinta nosturin ja ajoneuvon välillä toteutetaan hydraulikkaletkuilla. Riippuen järjestelmästä tarvitaan yksi tai kaksi painelinjaa, paluulinja, sekä signaalilinja. Liityntärajapinnassa käytetään usein pikaliittimiä, jotta nosturin hydraulikkajärjestelmän saa erotettua ajoneuvosta esimerkiksi jätettäessä nosturi tiensivuun kuorman kuljetuksen ajaksi. Tämä myös vähentää yhdistelmän kokonaismassaa.

## 5 Päällisrakentaminen

Ajoneuvon oma väylälaitteisto mahdollistaa hälytystiedon viemisen myös suoraan ajoneuvon näyttölle. Kuitenkin tällainen toimenpide edellyttää ajoneuvokohtaista päällisrakentamistuntemusta. Suurimmat ajoneuvovalmistajat kuten Scania, Volvo, Mercedes ja Man tarjoavat päällisrakentajanportaalissaan tietoa ajoneuvojensa rakenteesta, teknisistä tiedoista, sekä mahdollisista liitännä- ja ohjelmointioptioista.

### 5.1 Päällisrakenteen viestiyhteyden mahdollisuudet

Päällisrakentamisessa on huomioitava valmistajakohtaisia eroavaisuuksia. Johdinsarjojen kulkureitit ja läpivientimahdollisuudet eri ajoneuvoilla eroavat toisistaan, mikä lisää haasteita yhtenäisen universaalien tuotteen suunnitteluun. Jotta voidaan integroida toimintoja ja informaatio-signaaleja kuorma-auton ja nosturin välillä, on ne ensin yhdistettävä, joko langattomasti tai kaapeliyhteydellä. Kaapeliyhteydellä muodostettu signaali on lähes kaikissa tilanteissa häiriösietoisempaa, robustimpaa ja varmempaa kuin telemetrian käyttäminen ohjausjärjestelmien ulkoilmatoteutuksissa. Sovelluksen vasteaika ja viive on kaapeliyhteyksin paljon lyhyempi, kuin langattomassa järjestelmässä. Siksi lähes kaikki päällisrakentamisen viestintätoiminnot toteutetaan kaapeliyhteyksillä. Kaapeliyhteyden eräs heikko kohta on kaapelin kulkureitti kuormatilan alaosassa. Kaapeli voi huonon kiinnityksen johdosta esimerkiksi raahautua tienpintaa vasten tai sen päälle voi pudota kuormaa. Telemetriayhteys ei altistu tällaisille riskeille niin paljon, mutta on muutoin häiriöalttiimpaa ja monimutkaisuutensa takia hintavaa. Huollettavia ja vioille alttiita osia on enemmän.

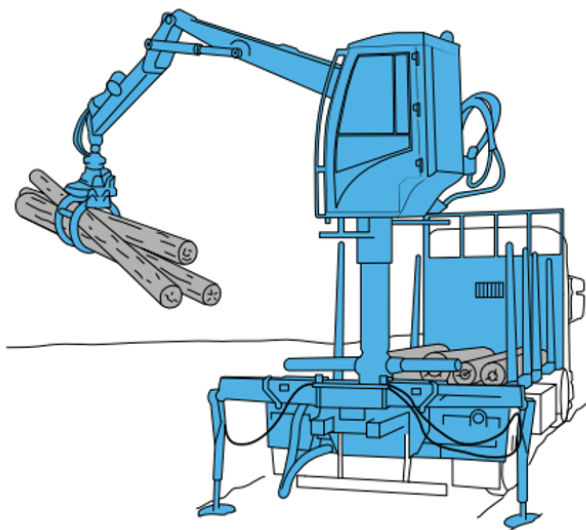
Nosturin kaapeleiden ja liittimien tulisi olla kestäviä, sillä puunkuljetusajoneuvolla on usein monta käyttäjää ja siksi myös monta tapaa pitää huolta sen kestävydestä. (Pikkarainen, 2022)

Päällisrakentajan haastattelun perusteella voidaan todeta, että kilpailu päällisrakenteiden automaatiototeutuksissa on suurta. Tämä näkyy esimerkiksi autovalmistajien ja merkkihuoltamoiden tarjoamissa palveluissa ja tuotteissa. Spesiaalit lisätoiminnot vaativat kalliita ohjelmointiohjelmia, jotka ovat usein vain merkkihuoltamoiden käytössä. Kuorma-autojen, kuten muidenkin ajoneuvojen tieto- ja ohjausjärjestelmät koostuvat yksinkertaisuudessaan johdinsarjaklustereista, väyläjohtimista ja niihin kytketyistä toimilaitteista ja anturoinneista. (ks. CAN väylätekniikka 4).

Kuorma-autovalmistajat tarjoavat tilausoptiona tietojärjestelmiensä liityntärajapinnan, joka sisältää valmistajasta riippuen IO-moduuleja ja CAN-väylän liitännäispinnejä sekä diagnostiikkaväylän liitännäispinnejä. Scanian ohjekirjan mukaan nämä kyseiseen tarkoitukseen suunnitellut rajapinnat ovat ainoita sallittuja liitännämahdollisuuksia. Ajoneuvon muihin väyliin ja sisäisiin signaaleihin kytkeytyminen poistaa ajoneuvon voimassa olevan takuun. Ajoneuvovalmistajat kuitenkin suunnittelevat liittymiseen tarkoitetut rajapinnat siten, että ne palvelisivat asiakkaan tarpeita mahdollisimman hyvin ja monipuolisesti.

Päällisrakentamista toteuttavat yritykset asentavat lisävarusteita ja laitteita ajoneuvoihin. Näitä ovat muun muassa säiliö-, energia-, sora-, tienhoito-, puutavara- ja nosturipäällisrakenteet. Usein sovellukset ovat räätälöityjä ja yksittäisten toimintojen toteutusmahdollisuuksia on runsaasti. Tämän vuoksi ajoneuvon loppukäyttäjän tulee jo tilausvaiheessa tietää ajoneuvon käyttötarkoitus, jotta huoltamo tai konepaja voi valmistella ajoneuvon varustelun tarkoituksen mukaisesti.

Lopputuotteen, esimerkiksi puutavara-auton valmistaminen vaatii siis usean toimijan yhteistyötä ja kaupankäyntiä. Jokaisella toimijalla on prosessissa omat tehtävänsä, joiden lisäksi osapuolet toimivat myös muillakin markkinoilla. On siis otettava huomioon suuren komponenttikirjon, kuten liittimien, väylälaitteiden sekä hydrauliiikan yhteensopivuus.



Kuvio 7 Puutavaranosturi kuorma-auton päällisrakenteena

(Scania Truck Bodybuilder, Timber trucks. 2021. 2)

## 5.2 Yleisimmät alustat

Vuonna 2021 rekisteröitiin Suomessa 3536 kuorma-autoa, joista lähes 70 % oli yli 16 tonnin luokkaan laskettavia kuorma-autoja. Eniten rekisteröitiin Volvon ja Scanian kuorma-autoja. Viimeisen kolmen vuoden tilastoja tarkastelemalla voidaan todeta Scanian olevan suomessa suosituin raskaan kuljetuskaluston valmistaja. Vuosina 2019–2021 rekisteröitiin yli 16 tonnin luokassa 2786 Scanian ajoneuvoa, 2618 Volvon ajoneuvoa ja 1281 Mercedes Benzin ajoneuvoa. (Tilastokeskus, Moottoriajoneuvojen ensirekisteröinnit, 2022)

Suosituimmat valmistajat pohjoismaissa puutavara-ajoneuvokäytössä ovat Scania ja Volvo. Keski-Euroopan maissa suosittuja ovat myös Man ja Daf.

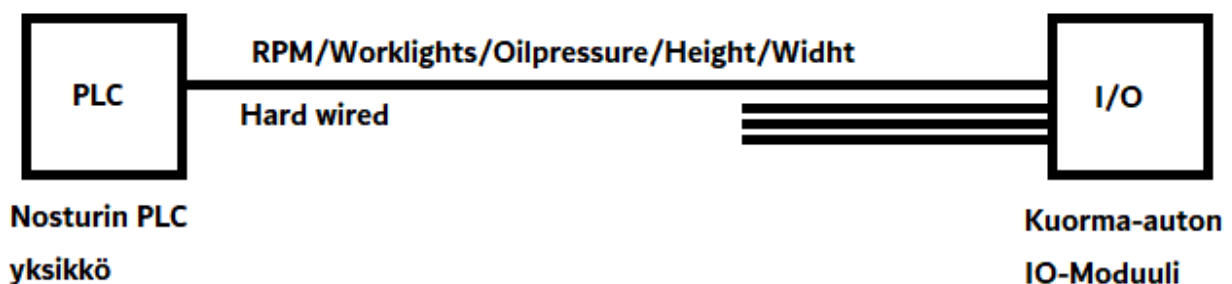
## 6 Toteutus

Tässä luvussa esitellään vaihtoehtoja hälytystoiminnon toteuttamiseen. Hälytystoimintoa on toteutettu aikaisemmin liittämällä erillinen hälytysyksikkö suoraan nosturin PLC yksikköön, tai esimerkiksi poraamalla ajoneuvon kojelautaan reikä merkkivalolle ja viety sen johdotus kuorma-auton I/O moduuliin. Ajoneuvokannan uudistuessa maailmalla, ei enää tällainen toimintamalli ole tyyppillistä. Nykyaikaisissa autoissa viedään hälytykset ajoneuvon logiikkaan ja sieltä tuodaan viesti kojelaudan näytölle.

### 6.1 Signaaliyhteys

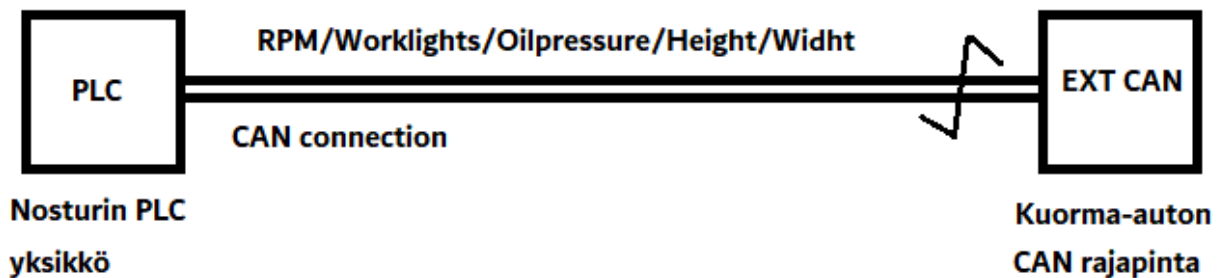
Suora johdotus jokaiselle toiminnolle on toimiva ratkaisu. Esimerkiksi Volvon kuorma-autoissa on valmiiksi määritellyt I/O pinnien toiminnot, joskin erillisiä lisäkytkimiä voidaan määrittää modulaaarisemmin. Scanian logiikkajärjestelmä mahdollistaa I/O pinnien vapaamman määrittämisen ja ne voivat olla joko syöttäviä tai maadoittavia. Tästä käytetään termejä sinking ja sourcing. Näiden konfiguroiminen ja käyttöönotto vaatii merkkikohtaisia ohjelmointityökaluja.

Seuraavista malleista ei selviä, että yhteys toteutetaan useammalla johdinsarjalla. Nosturilta lähtevässä kaapelissa on tarpeen vaatima määrä napoja ja se yhdistetään pistokeliittimellä ajoneuvon kaapeliin, jonka asentaa päällisrakentaja.



Kuvio 8 Suora johdotus auton ja nosturin I/O pinnien välillä

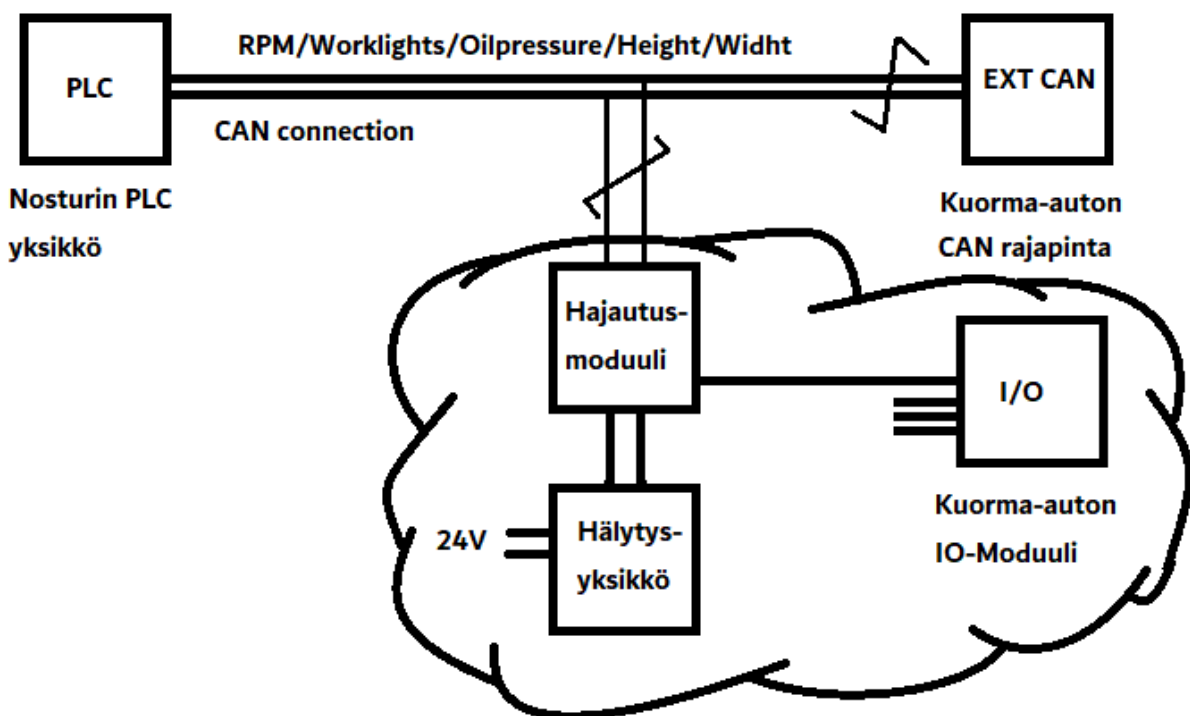
Kuorma-autoissa on ulkoiselle CAN-väyläyhteydelle tarkoitettu liitin tai kytkentäpiste. Se on sijoitettu ajoneuvon hyttiin, usein matkustajan puolelta löytyvän sulakerasian taakse tai sähkökeskuk- sen yhteyteen. Päällisrakentaja kytkee kaapelin toisen pään ajoneuvon kytkentäraja- pintaan ja nos- turin asennuksen yhteydessä liittää nosturilta tulevan kaapelin ajoneuvon kaapelin toiseen päähän. Kuten suoralla I/O johdotuksella, myös CAN-väyläyhteyden voi viedä saman kaapelin si- sällä kahdella johtimella. Väyläyhteyden muodostamiseen liittyy kuitenkin säännöksiä ja huomioi- tavia tekijöitä. Väylän viestiliikenne ei saa olla ylikuormittunut, eikä se saa sekoittaa järjestelmän muita toimilaitteita. J1939-standardin mukaiset viestit ja niiden käyttö vaihtelevat ajoneuvokohtai- sesti.



Kuvio 9 Ulkoisen CAN-väyläyhteyden muodostaminen

Suunnittelun alkuvaiheissa haettiin erilaisia ratkaisuja hälytyslaitteen fyysiselle toteutukselle. Hajautusmoduulin lisääminen ajoneuvon väylään toisi laajennusvaraa tulevaisuudelle. Ajatus hälytysyksiköstä lisämoduulin kanssa kuitenkin hylättiin, kun käsitys ajoneuvoautomaatiosta parani tutkimustyön edetessä.

Tällaiselle hajautukselle ei ole tarvetta nykyisessä tilanteessa. Hajautusyksikkö lisäisi kustannuksia, sekä monimutkaistaisi nosturiasennusprosessia. Tämä ei toisi lisäarvoa ajoneuvon jo pitkälle kehittyneeseen automaatiojärjestelmään. (Autotalo Hartikainen N.d, 2022, Närvä, 2022)



Kuvio 10 Hajautusyksikkö nosturin päällisrakenteeseen



Nykyaikaisissa Scanian kuorma-autoissa hälytykset ja varoitukset ilmaistaan mittariston näytöllä. Mittaristosta käytetään lyhennettä ICL (Instrument cluster). Ajoneuvot voidaan varustella BCI ohjausyksiköllä/viestintäraajapinnalla, joka ohjelmoidaan SPD3 ja BICT ohjelmointityökaluilla. SPD3 eli Scania Programming and Diagnose-ohjelmalla luodaan logiikka päällisrakentajan toiminnoille.

Ilmoitusten vakavuus on Scanian näytöllä ilmennetty hälytysmerkkien väreinä. Ilmoitusten päällekkäisyys ja niihin yhdistetyt äänimerkit myös priorisoidaan vakavuuden perusteella.

	Prioriteetti	
• Valkoinen	3	Informaatioilmoitus
• Keltainen	2	Varoitus
• Punainen	1	Hälytys

Esimerkiksi seuraavat Scanian ilmoitukset voidaan ottaa käyttöön puutavara-ajoneuvon päällisrakenteen viestiliikennettä suunniteltaessa. Asiakas voi tilata kuorma-autovalmistajalta symbolilinssin, joka asennetaan ICL:n tauluun. Symbolilinssiin on valittavissa kahdeksan eri symbolia. Lisäksi jos ajoneuvo on varusteltu BCI-viestintäraajapinnalla, voidaan symbolit viedä suoraan display-viesteinä kuljettajalle. (Scania Truck Bodybuilder, 2020)

### **Ilmoituksista** (prioriteetti 3)

Valkoinen informaatio symboli (ks. kuvio 5) voidaan ottaa käyttöön kuvaamaan kuljettajalle luotua ilmoitusta päällisrakenteen tilasta tai tarvittavista huoltotoimenpiteistä.



Kuvio 11 Informaatio symboli ”Viesti Vastaanotettu”

### Varoituksista (prioriteetti 2)

Varoitussymbolit (ks. kuvio 6) ovat keltaisia ja varoittavat kohonneesta vahingon riskistä; Yleinen päällisrakenteen varoitus, ylikuorma, päällisrakenteen lämpötila ylittänyt raja-arvon. Vika on korjattava mahdollisimman pian.

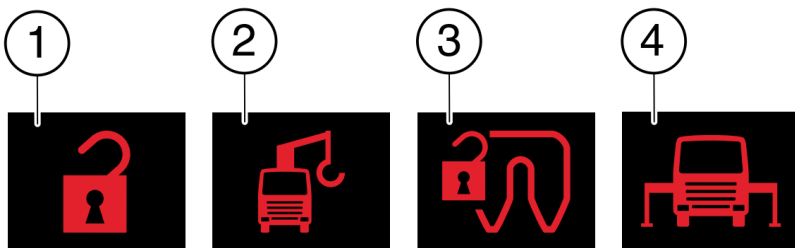


Kuvio 12 Varoitussymboleja

### Hälytyksistä (Prioriteetti 1)

Hälytyssymbolit (ks. kuvio 7) indikoivat suuresta vaarasta henkilöille tai ajoneuvolle;

1. Päällisrakenne lukittu 2. Nosturi ojennettu/ei kuljetus asennossa 3. Vetopöydän lukitus 4. Tukijalat ojennettu/ei kuljetus asennossa. Vika on korjattava välittömästi.



Kuvio 13 Hälytyssymboleja

(Scania Truck Bodybuilder, Indications in the instrument cluster, ICL. 2020. 7)

## 6.2 Havainnollistaminen

Koska käytössä ei ollut kuorma-autojen ohjelmointityökaluja, päätin havainnollistaa J1939-standardin mukaista viestiliikennettä erillisellä ohjelmitavalla HMI-näytöllä. Esityksen tarkoituksena on selventää väyläliikenteen mahdollisuuksia ja modulaarisuutta. IFM-valmistama CR1152 näyttö toimii tässä kuin kuorma-auton kojelaudan näyttönä ja siihen ohjelmoimani logiikka käsittelee J1939-standardin mukaiset viestit ja ohjelma toimii sen mukaan. J1939-standardin mukaiset signaalit on generoitu Kvaser CanKing ohjelmassa ja lähetetty Kvaser Leaf Light v2 laitteella näyttöön sen CAN-väylää pitkin.



Kuvio 14 Kvaser Leaf Light HS v2 M12

Näytön ohjelma on luotu Codesys ohjelmointiympäristössä, jossa voidaan myös tehdä graafinen esitys ohjelman toiminnasta.

Näytön käyttöönotto vaati oikeanlaisen pohjaohjelman tuomisen Codesys-ohjelmointiympäristöön. Ohjelmassa otin käyttöön yhden näytön neljästä CAN-väylästä ja konfiguroin sen toimimaan J1939-väyläliikennettä hyödyntäen. Ohjelma seuraa väylästä kolmen eri viestin tiloja ja käyttää näitä muuttujina. Toimilohko esitystavalla toteutettu logiikka ohjaa näytön hälytysvalot päälle, mikäli käsijarrusignaali on pois päältä ja nosturi tai tukijalat eivät ole kuljetusasennossa. Näytöllä on

audio-hälytyksen symboli kuvaamassa äänihälytystä. Äänihälytyksen kuittauspainike on käyttöliittymän keskellä kosketusnäytöllä. Kuittauspainike deaktivoi äänen määrätyn ajaksi. Ääni kytkeytyy pois ja hälytysvalot palautuvat OK-asentoon, mikäli ajoneuvon päällisrakenne on taas kuljetusasennossa tai käsijarru kytketään takaisin päälle. Käyttöliittymän suunnittelussa on pyritty saamaan ohjelman toimivuus havainnollistettua.



Kuvio 15 Viestiliikennettä havainnollistava näytön käyttöliittymä



Kuvio 16 Tukijalat ei kuljetusasennossa

Toteutin logiikan tulot ensin lisäämällä kosketusnäytölle kytkimiä, joilla voidaan simuloida nosturin antureilta saatavia tiloja sekä ajoneuvon käsijarrusignaalin tilaa. Sen jälkeen loin nämä signaalit väyläviesteillä. Nämä samat J1939-standardin mukaiset viestit voidaan ottaa käyttöön ajoneuvon logiikassa. Valmistajakohtaiset viestit on kuitenkin listattava erikseen ja luotava ajoneuvokohtainen väyläspesifikaatio.

Taulukko 1 Havainnollistamiseen käytetyt J1939 viestit

PGN/SPN		Length (Bit)
<b>65265</b>	Cruise Control/Vehicle speed 1 (CCVS1)	
70	Parking Brake Switch	2
<b>65095</b>	Maintain Power (MP)	
1869	Implement Transport State	2
<b>65241</b>	Custom PGN	
704	Auxiliary I/O #04 (Support Legs Extended)	2

Nosturin tukijalkojen levitykselle ei ole J1939-standardin mukaista viestiä, joten käytin yhtä lisätuloista, jolle ei ole määritetty valmiiksi toimintoa. Toiminnon määrittäminen ja muuttujan nimeäminen tapahtui ohjelmointiympäristön sisällä. Ohjelmointiympäristön sisällä voidaan luoda myös kustomoituja viestejä. Viestien pituus viestikehyksessä on kyseisillä viesteillä vain kaksi bittiä. Kahdella bitillä voidaan lukea neljä eri tilaa. Esimerkiksi Implement Transport State-viestille voisi määrittää binäärisesti:

- 01 – Kuljetusasennossa
- 10 – Ei kuljetusasennossa
- 11 – Häiriö
- 00 – Ei käytössä

Laajempien tietoviestien lähettämiseen tarvitaan enemmän bittejä. Esimerkiksi kierrosluvun lähettämiseen käytetty SPN 190 saa viestikehyksestä 16 bittiä, joilla voidaan muodostaa suuriakin liukulukuja.

Kvaser CanKing ohjelmalla luotu käsijarrun tilasignaali, johon tarvitaan ensimmäisen tavun kolmas bitti päälle. Silloin Byte 0 on tilassa 0000 **0100**, joten Byte 0-kenttä saa arvon 4. Saman viestisignaalin sisällä voisi olla muitakin tietoja, jotka ovat J1939- standardin mukaan saman PGN numeron FEF1x0 (65265) sisällä.

☑ CAN Message 1

CAN Identifier:   FDF

Channel:

DLC:

Message Data

Byte 0	<input type="text" value="4"/>	Byte 4	<input type="text" value="0"/>
Byte 1	<input type="text" value="0"/>	Byte 5	<input type="text" value="0"/>
Byte 2	<input type="text" value="0"/>	Byte 6	<input type="text" value="0"/>
Byte 3	<input type="text" value="0"/>	Byte 7	<input type="text" value="0"/>

Kuvio 17 PGN 65265 CCVS1, SPN 70 Parking Brake Switch, state 01

Ohjelman ollessa ”RUN”-tilassa seurasin PGN-viestien muuttavan toimintojen (SPN) tilaa. Käytin näitä muuttujina ohjelmassa.

```

1 //Custom PGN 65241
2 // //View the value of the SPN when logged in
3 ● Parking_Brake_Switch 0;
4
5 ● Implement_Transport_State_1 0;
6
7 ● Support_Legs_Extended 1;
8
-

```

Kuvio 18 Codesys-ohjelman login-tilassa voidaan seurata reaaliaikaisesti muuttujien tiloja

Kvaser CanKing ohjelmassa on väyläliikennettä seuraava ”Output Window”, josta voidaan tarkastella väylässä liikkuvia viestejä. Output Window tulostaa viestin PG-numeron sekä desimaali- että heksadesimaalimuodossa, sekä näyttää hyötydataosuuden tavujen määrän ja tilan heksadesimaalilukuina. Ikkunasta voidaan lukea myös lähetysaika (Time) ja viestin suunta (Dir).

Output Window

WinNo	P	PGN	SA	DA	Flg	Len	D0	1	2	3	4	5	6	D7	Time	Dir
0		419317504	X		8	0	64	0	0	0	0	0	0	0	4056.608080	T
CAN 1	6	65095	0	all	6	4056.608080										T
CAN 1	6	0FE47	00->*		8	00	40	00	00	00	00	00	00	00	4056.608080	T
0		419361024	X		8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4098.935460	T
CAN 1	6	65265	0	all	6	4098.935460										T
CAN 1	6	0FEF1	00->*		8	04	00	00	00	00	00	00	00	00	4098.935460	T

Kuvio 19 Output Window näyttää väylään lähetetyt viestit

Liitteessä 3 on kuva nosturin kuljetusasennon hälytyksestä. Hälytyksiä ei voitu vielä toteuttaa oikeassa ajoneuvossa, sillä sopivaa testiprojektia ei ollut mahdollista saada aikataulun puitteissa. Havainnollistamisdemo toimi kuitenkin hyvin esittämään ratkaisun todellista toimintalogiikkaa kuorma-autoissa. Vaikka demossa käytettiin vain ohjelmointiympäristön sisältä löytyvää J1939-viestikirjastoa, voidaan todellisuudessa hyödyntää valmistajien valmiiksi määrittämiä viestejä.

## 7 Pohdinta

Toimeksiannon tavoitteena oli kehittää audiovisuaalinen hälytyslaite, joka hälyttää kuljettajan huomion nosturin tukijalkojen ollessa levitettynä tai nosturin ollessa liian korkea. Anturoinnit kyseisille signaaleille ovat jo olemassa, joten tutkimuksen kohteeksi muodostui antureilta saatavien hälytyssignaalien hyödyntäminen ajoneuvon hytissä.

Tutkimuksen edetessä selvisi, että raskas ajoneuvokanta maailmalla on uudehkoa, eikä erilliselle hälytysyksikölle ole paljon kysyntää. Kuorma-autojen modernit automaatiojärjestelmät mahdollistavat modulaarisen toimintojen lisäämisen ja suunnittelun kuljettajan hyttiin. Erillisten lisälaitteiden ja järjestelmien tuominen hyttiin lisää kuljettajan työympäristön sekavuutta ja monimutkaistaa päällisrakentajan asennustyötä. Uuden elektroniikkalaitteen valmistamiseen liittyvät kustannukset, tuotantovalmius, kansainväliset säädökset, testaukset sekä haastateltujen asiantuntijoiden näkökannat vahvistavat, ettei kyseinen ratkaisu ole kannattavaa. Sen sijaan on kätevää ja yksinkertaisempaa viedä hälytys ajoneuvon näytölle.

Nosturin ja ajoneuvon välisen väylärajapinnan jatkojalostus helpottuu lisäämällä lopputuotteen ympärillä toimivien tahojen välistä yhteistyötä. Haasteita sähköisen ohjausjärjestelmän ja väylärajapinnan kehitykselle tuo vakiintuneet näkemykset järjestelmän toimivuudesta ja luotettavuudesta.

Väyläteknikan tuoman modulaarisuuden lisääntyessä on kuitenkin mahdotonta jättää kysytyjen lisätoimintojen ja optioiden tuominen järjestelmään huomiotta. Mahdollisuudet toimintojen toteuttamiselle ovat verkottuneen automaatiotekniikan avulla laajat. Väyläintegraation toteuttaminen mahdollistaa tuotteen nopeamman vikadiagnoosin, joka lisää loppukäyttäjän toimintatehokkuutta huollontarpeen vähentyessä. Lisäksi se parantaa toimeksiantajan kilpailukykyä.

Markkinoilla toimii myös vain ohjausjärjestelmiä valmistavia toimittajia, jotka ovat hyödyntäneet tällaista modulaarista suunnitteluratkaisua.

Toimiva tuotteistaminen vaatii kuitenkin lisäselvitystyötä. Jotta voidaan luoda ajoneuvolle mallikohtainen väyläspesifikaatio, on listattava kaikki tarvittavat toiminnot, joita toimeksiantaja ja asiakkaat näkevät tarpeellisiksi toteuttaa. Toimeksiantajan on kerättävä lisää asiakaskokemuksia ja



kouluttauduttava kuorma-autojen automatiikan parissa. Universaali kaikille alustoille toimiva sovellus on ratkaistava ohjelmallisesti. Tutkimustyön tulos antaa tuotekehitykselle suuntaviivoja, joiden avulla tuotteen kehitys ei jää ajastaan jälkeen. Tulos mahdollistaa myös todellisen kustannus-hyödyn arvioinnin, sillä työmäärä realisoituu, kun tuotekehityksen rajat ymmärretään.

Toimeksiantaja hyötyi tutkimustyön myötä uusista kontakteista ja kertyneestä ajankohtaisesta tiedosta.

Työ antoi lisätietoa teknisistä mahdollisuuksista. Toimeksiantajan on kuitenkin myös pohdittava hintahyötysuhdetta ratkaisun toteuttamisessa. Joskus vähemmän on enemmän ja yksinkertainen ratkaisu voi olla huoltovapaampi ja sitä kautta halvempi. Tuotekehityksen ja kilpailun kannalta on kuitenkin olennaista hallita nykyaikaiset tekniset ratkaisut parhaan mahdollisen palvelun tarjoamiseksi asiakkaalle.

Hälytysjärjestelmän kehitystutkimus aiheena parantaa tuotteen turvallisuutta ja sitä kautta tuotteen eettisyyttä. Tiedonkeruumenetelmien eettisyys ja tiedon oikeellisuus on kehittäjän vastuulla. Haastatellut henkilöt valikoituivat toimeksiantajan yhteistyökumppaneiden tapaamisen yhteydessä kehittäjän verkostoituessa toimintaympäristöönsä. Verkkolähteiden todenmukaisuuteen voinee luottaa, kun aiheesta on kerrottu useissa lähteissä samalla tavalla. Ajoneuvovalmistajien teknisten tietojen todenmukaisuus on kehitystutkimuksen edetessä aina pyritty tarkistamaan ajankohtaiseksi, jotta se on voitu todeta luotettavaksi.

## Lähteet

Robert Bosch GmbH. Ajoneuvon Verkottuminen. 2008. Viitattu 10.05.2022.

Robert Bosch GmbH. Autoteknillinen taskukirja 6. painos. 2002. Viitattu 10.05.2022.

Martin Frei. Verkotettujen järjestelmien vikadiagnoosi 3. laajennettu painos. 2015. Viitattu 10.05.2022.

CAN in Automation e.V. (CIA). CAN Newsletter March. 2022. Verkojulkaisu. Viitattu 1.4.2022. <https://can-newsletter.org/magazine/47-March%202022/>

Cook, J. & Freudenberg J. Controller Area Network (CAN). 2008. Verkojulkaisu. Viitattu 10.05.2022 [https://www.eecs.umich.edu/courses/eecs461/doc/CAN\\_notes.pdf](https://www.eecs.umich.edu/courses/eecs461/doc/CAN_notes.pdf)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2011/65/EU. Tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. 2011. Viitattu 21.7.2022 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1517921526945&uri=CELEX:32011L0065>

Kuluttajaliitto. N.d. Verkojulkaisu. Viitattu 21.7.2022 <https://www.kuluttajaliitto.fi/materiaalit/tuoteturvallisuus/>

Kvaser. SAE J1939 Introduction. 2022. Verkojulkaisu. Viitattu 21.7.2022. <https://www.kvaser.com/about-can/higher-layer-protocols/j1939-introduction/>

Kvaser. N.d. Tuotokuva. Viitattu 8.6.2022 <https://www.kvaser.com/product/kvaser-leaf-light-v2-m12/>

Oxford University Press. Definition of interface. 2021. Verkojulkaisu. Viitattu 21.7.2022. <https://www.lexico.com/definition/interface>

Robert Bosch GmbH. BOSCH CAN Specification Version 2.0 1991. Verkojulkaisu. Viitattu 22.7.2022. <http://esd.cs.ucr.edu/webres/can20.pdf>

Scania Truck Bodybuilder. Indications in the instrument cluster, ICL. 2020. Verkojulkaisu. Viitattu 21.7.2022. <https://til.scania.com/w/029645>

Scania Truck Bodybuilder. Connections to the vehicle's internal network. 2016. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.7.2022. [https://til.scania.com/w/bwm\\_0001061\\_01](https://til.scania.com/w/bwm_0001061_01)

Scania Truck Bodybuilder. Timber trucks. 2021. Verkkojulkaisu. Viitattu 21.7.2022. <https://til.scania.com/w/069473>

Suomen virallinen tilasto. Moottoriajoneuvojen ensirekisteröinnit. 2022. Verkkojulkaisu. Viitattu 24.4.2022. [https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kuorma-autojen\\_vuosittaiset\\_merkkitilastot/yli\\_16\\_tonna](https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kuorma-autojen_vuosittaiset_merkkitilastot/yli_16_tonna)

Tukes. CE-merkintä. N.d. Viitattu 21.7.2022 <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#ca803703>

Tilastokeskus. Tiedonkeruumenetelmien valinta. N.d. Verkkojulkaisu. Viitattu 30.8.2022 [https://www.stat.fi/tup/htpalvelut/haastutk\\_toiminta\\_tiedonkeruu.html](https://www.stat.fi/tup/htpalvelut/haastutk_toiminta_tiedonkeruu.html)

Tuotevastuulaki 99/1993, 5 §. Verkkojulkaisu. Viitattu. 21.7.2022. [https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1990/19900694?search\[type\]=pika&search\[pika\]=tuotevastuulaki](https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1990/19900694?search[type]=pika&search[pika]=tuotevastuulaki)

Valuable Tech Notes. N.d. Väyläkaapelikuvio. Viitattu 8.6.2022 <https://itectec.com/electrical/electronic-can-bus-polarity/>

Wilfred Voss. Controller Area Network (CAN Bus) – Message Frame Architecture. 2018. Verkkojulkaisu. Viitattu 22.7.2022. <https://copperhilltech.com/blog/controller-area-network-can-bus-message-frame-architecture/#:~:text=Each%20CAN%20message%20starts%20with,which%20are%20both%20very%20similar>

Pikkarainen, A. 2022. Työnjohtaja. Konekorjaamo Riikonen Oy. Haastattelu 26.04.2022

N.d. 2022. Mekaanikko. Autotalo Hartikainen. Haastattelu 28.04.2022

Närvä J. Sales Engineer. Alucar Oy, Haastattelu 01.06.2022

# Liitteet

## Liite 1. Scania kuorma-auton CAN-viestiliikenne

Output Window																
WinNo	P	PGN	SA	DA	Flg	Len	D0	1	2	3	4	5	6	D7	Time	Dir
CAN 1	60160	0	255	6		3429.111630	R									
0	418119424	X			8	4	16	84	255	255	255	255	255	255	3429.111630	R
CAN 1	60EB00	00->FF				8	04	10	54	FF	FF	FF	FF	FF	3429.111630	R
CAN 1	60160	41	255	6		3429.314640	R									
0	418119465	X			8	1	20	100	64	31	61	160	65		3429.314640	R
CAN 1	60EB00	29->FF				8	01	14	64	40	1F	3D	A0	41	3429.314640	R
CAN 1	60416	0	255	6		3428.661930	R									
0	418184960	X			8	32	28	0	4	255	227	254	0		3428.661930	R
CAN 1	60EC00	00->FF				8	20	1C	00	04	FF	E3	FE	00	3428.661930	R
CAN 1	60416	41	255	6		3429.164970	R									
0	418185001	X			8	32	21	0	3	255	225	254	0		3429.164970	R
CAN 1	60EC00	29->FF				8	20	15	00	03	FF	E1	FE	00	3429.164970	R
CAN 1	61440	41	all	6		3429.361490	R									
0	418381865	X			8	240	125	255	255	255	255	255	255		3429.361490	R
CAN 1	60F000	29->*				8	F0	7D	FF	FF	FF	FF	FF	FF	3429.361490	R
CAN 1	61441	11	all	6		3429.358500	R									
0	418382091	X			8	192	255	0	255	255	207	255	255		3429.358500	R
CAN 1	60F001	0B->*				8	C0	FF	00	FF	FF	CF	FF	FF	3429.358500	R
CAN 1	61443	0	all	3		3429.360890	R									
0	217056000	X			8	253	0	18	255	255	255	255	255		3429.360890	R
CAN 1	30F003	00->*				8	FD	00	12	FF	FF	FF	FF	FF	3429.360890	R
CAN 1	61444	0	all	3		3429.380260	R									
0	217056256	X			8	240	125	134	136	15	255	255	255		3429.380260	R
CAN 1	30F004	00->*				8	F0	7D	86	88	0F	FF	FF	FF	3429.380260	R
CAN 1	65215	11	all	6		3429.363710	R									
0	419348235	X			8	0	0	125	125	125	125	255	255		3429.363710	R
CAN 1	60FEBF	0B->*				8	00	00	7D	7D	7D	7D	FF	FF	3429.363710	R
CAN 1	65247	0	all	6		3429.211470	R									
0	419364416	X			8	136	255	255	255	255	255	255	255		3429.211470	R
CAN 1	60FEDF	00->*				8	88	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	3429.211470	R
CAN 1	65262	0	all	6		3428.563710	R									
0	419360256	X			8	87	255	255	255	255	255	255	255		3428.563710	R
CAN 1	60FEEF	00->*				8	57	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	3428.563710	R
CAN 1	65263	0	all	6		3429.261900	R									
0	419360512	X			8	255	255	255	63	255	255	255	255		3429.261900	R
CAN 1	60FEEF	00->*				8	FF	FF	FF	3F	FF	FF	FF	FF	3429.261900	R
CAN 1	65265	0	all	6		3429.313450	R									
0	419361024	X			8	255	0	0	12	255	0	31	255		3429.313450	R
CAN 1	60FEF1	00->*				8	FF	00	00	0C	FF	00	1F	FF	3429.313450	R
CAN 1	65266	37	all	6		3429.308580	R									
0	419361317	X			8	61	0	0	0	255	255	255	255		3429.308580	R
CAN 1	60FEF2	25->*				8	3D	00	00	00	FF	FF	FF	FF	3429.308580	R
CAN 1	65270	0	all	6		3429.362090	R									
0	419362304	X			8	255	69	51	255	255	255	255	255		3429.362090	R
CAN 1	60FEF6	00->*				8	FF	45	33	FF	FF	FF	FF	FF	3429.362090	R
CAN 1	65935	37	all	6		3429.208490	R									
0	419430181	X			8	0	4	255	255	255	255	255	255		3429.208490	R
CAN 1	60FFFF	25->*				8	00	04	FF	FF	FF	FF	FF	FF	3429.208490	R
CAN 1	0	0	0	0		3086.245200	R									
0	0					ErrorFrame									3086.245200	R
						Error Frame									3086.245200	R

## Liite 2. PGN/SPN signaalilista CodeSYS ohjelmointiympäristössä

General	Enable	PGN/SPN	Name	Length	Type
TX Signals	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>65265</b>	<b>CCVS1</b>	<b>8 Bytes</b>	<b>Broadcast</b>
Log		69	Two Speed Axle Switch	2 Bits	
J1939 I/O Mapping		70	Parking Brake Switch	2 Bits	
J1939 IEC Objects		1633	Cruise Control Pause Switch	2 Bits	
Status		3807	Park Brake Release Inhibit Request	2 Bits	
Information		84	Wheel-Based Vehicle Speed	16 Bits	
		595	Cruise Control Active	2 Bits	
		596	Cruise Control Enable Switch	2 Bits	
		597	Brake Switch	2 Bits	
		598	Clutch Switch	2 Bits	
		599	Cruise Control Set Switch	2 Bits	
		600	Cruise Control Coast (Decelerate) Switch	2 Bits	
		601	Cruise Control Resume Switch	2 Bits	
		602	Cruise Control Accelerate Switch	2 Bits	
		86	Cruise Control Set Speed	8 Bits	
		976	PTO Governor State	5 Bits	
		527	Cruise Control States	3 Bits	
		968	Engine Idle Increment Switch	2 Bits	
		967	Engine Idle Decrement Switch	2 Bits	
		966	Engine Test Mode Switch	2 Bits	
		1237	Engine Shutdown Override Switch	2 Bits	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>65241</b>	<b>Custom PGN</b>	<b>8 Bytes</b>	<b>Broadcast</b>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>65095</b>	<b>MP</b>	<b>8 Bytes</b>	<b>Broadcast</b>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>65359</b>	<b>PropB_4F</b>	<b>1785 Bytes</b>	<b>Broadcast</b>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>61444</b>	<b>EEC1</b>	<b>8 Bytes</b>	<b>Broadcast</b>
		899	Engine Torque Mode	4 Bits	
		4154	Actual Engine - Percent Torque High Resolution	4 Bits	
		512	Driver's Demand Engine - Percent Torque	8 Bits	
		513	Actual Engine - Percent Torque	8 Bits	
		190	Engine Speed	16 Bits	
		1483	Source Address of Controlling Device for Engine Control	8 Bits	
		1675	Engine Starter Mode	4 Bits	
		2432	Engine Demand - Percent Torque	8 Bits	

### Liite 3. Hälytysten havainnollistaminen CR1152 näytöllä

