

Olli-Matti Jormakka

# LANGATON TIEDONKERUU METSÄKONEEN CAN-VÄYLÄSTÄ

Insinööri (AMK),

Tietotekniikka

Kevät 2015



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## TIIVISTELMÄ

**Tekijä(t):** Jormakka Olli-Matti

**Työn nimi:** Langaton tiedonkeruu metsäkoneen CAN-väylästä

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), tietotekniikka

**Asiasanat:** CAN, J1939, Bluetooth, Android

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan langatonta tiedonkeruuta metsäkoneen CAN-väylästä käyttäen SAE J1939-protokollaa ja mobiililaitetta. Lisäksi tutustutaan CAN-väylän toimintaan, hankitaan tietoa SAE J1939 -protokollasta ja tutkitaan SAE J1939 -standardiin liittyviä asioita. Työn tilaaja oli ProfiPro OY.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää keino kerätä tietoa metsäharvesterin CAN-väylästä helposti ja langattomasti. Etenkin vikailmoitusten ja virhekoodien lukemisen mahdollisuus oli yksi päämääristä. Tätä päämäärää varten tutkittiin CAN-väylän teoriaa perinpohjaisesti, erityisesti CAN-viestien sisältöä ja rakennetta. Koska raskaan kaluston ajoneuvot käyttävät SAE J1939 -protokollaa CAN-väylässään, oli myös perehdyttävä siihen.

Opinnäytetyö alkaa CAN-väylän perusteista sekä CAN-viestin teoriasta. Tämän jälkeen työ jatkuu SAE J1939 -standardin tutkimisella ja selvityksellä siitä, mitä muutoksia se tuo mukanaan. Seuraavassa osiossa selvitetään, millä tavalla saadaan luotua yhteys tiedonsiirtoa varten ajoneuvon ja mobiililaitteen välille. Lopuksi on testausta Android-sovellusten avulla.

Työn tuloksena on esimerkki siitä, millaisilla välineillä ja kuinka langatonta tiedonkeruuta raskaan kaluston ajoneuvosta voi suorittaa. Lisäksi mukana on myös laaja teoriaosuus CAN-väylästä ja SAE J1939 -protokollasta.

## ABSTRACT

**Author(s):** Jormakka Olli-Matti

**Title of the Publication:** Collecting data wirelessly from the CAN-bus of a forestry machine

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Information Technology Engineering

**Keywords:** CAN, J1939, Bluetooth, Android

This thesis was made to research for an option for reading and collecting data from the CAN-bus of a forestry machine using SAE J1939-protocol. In addition, the theoretical parts of CAN-bus and SAE J1939 -standard are inspected. The thesis was commissioned by ProfiPro OY.

The objective of this thesis was to research for a proper way to collect data easily and wirelessly from a forestry machine's CAN-bus. Especially the possibility of being able to read diagnostic fault messages was one of the main priorities. To achieve this goal, a research on the characteristics and theory of the CAN-bus and the build of the CAN-message was necessary. Because heavy duty vehicles use the SAE J1939 -standard, a look was needed to be taken at the characteristics of it as well.

The thesis starts with the examination of the theoretical part of CAN. The second section is about the SAE J1939 -standard. The next section is about creating a connection between a mobile device and the vehicle. The last section is about testing with two Android applications.

The result of this thesis is an example of how and with what equipment one can read and collect data wirelessly from a heavy duty vehicle. In addition, there is a large section of the theory of CAN and the SAE J1939 -standard.

## SISÄLLYS

### KÄYTETYT LYHENTEET

1 JOHDANTO.....	4
2 CAN-VÄYLÄ.....	5
2.1 Nopea- ja hidas-CAN .....	6
2.2 Jännitetaso.....	7
2.3 Protokollakerrokset.....	8
2.4 Viestin rakenne.....	9
2.5 Viestimuodot.....	12
2.6 Kilpavarausjärjestelmä .....	13
2.7 Stuff Bit.....	14
3 SAE J1939-STANDARDI.....	16
3.1 J1939-viestin osat .....	17
3.1.1 Priority .....	17
3.1.2 PGN .....	18
3.1.3 Source Address.....	20
3.2 Parametriyhmät.....	20
3.3 Parametrinumerot.....	21
4 YHTEYS MOBIILILAITTEELLE .....	23
4.1 Bluetooth-adapteri .....	23
4.2 Adapterin liittäminen ajoneuvoon .....	24
5 MOBIILILAITTEEN SOVELLUS .....	26
5.1 Android-testiohjelma.....	26
5.2 Breaker Log.....	27
6 TULOKSET JA YHTEENVETO.....	30
LÄHTEET .....	31

### LIITTEET

## KÄYTETYT LYHENTEET

<b>ACK</b>	Acknowledge
<b>CAN</b>	Controller Area Network
<b>CRC</b>	Cyclic Redundancy Check-sum
<b>DP</b>	Data Page
<b>EOF</b>	End Of Frame
<b>ECU</b>	Electronic Control Unit
<b>IDE</b>	Identifier Extension
<b>IFS</b>	Interframe Space
<b>PDU</b>	Protocol Data Unit
<b>PF</b>	PDU Form
<b>PGN</b>	Parameter Group Number

<b>PS</b>	PDU-Specific
<b>R</b>	Reserved
<b>RTR</b>	Remote Transmission Request
<b>SAE</b>	Society of Automotive Engineers
<b>SOF</b>	Start Of Frame
<b>SPN</b>	Suspect Parameter Number

## 1 JOHDANTO

Robert Bosch esitteli CAN-väylän (Controller Area Network) vuonna 1986 SAE-kongressissa (Society of Automotive Engineers). Tähän johti ajoneuvoissa käytettävän elektroniikan lisääntyminen ja tarve vähentää johdotuksia. [1, s. 3-4.] Nykyään uudet ajoneuvot sisältävätkin hyvin paljon erilaista elektroniikkaa kuten antureita, ajonvakautusjärjestelmiä ja navigaatiota. CAN-väylän avulla nämä eri elektroniset ohjausyksiköt kommunikoivat keskenään.

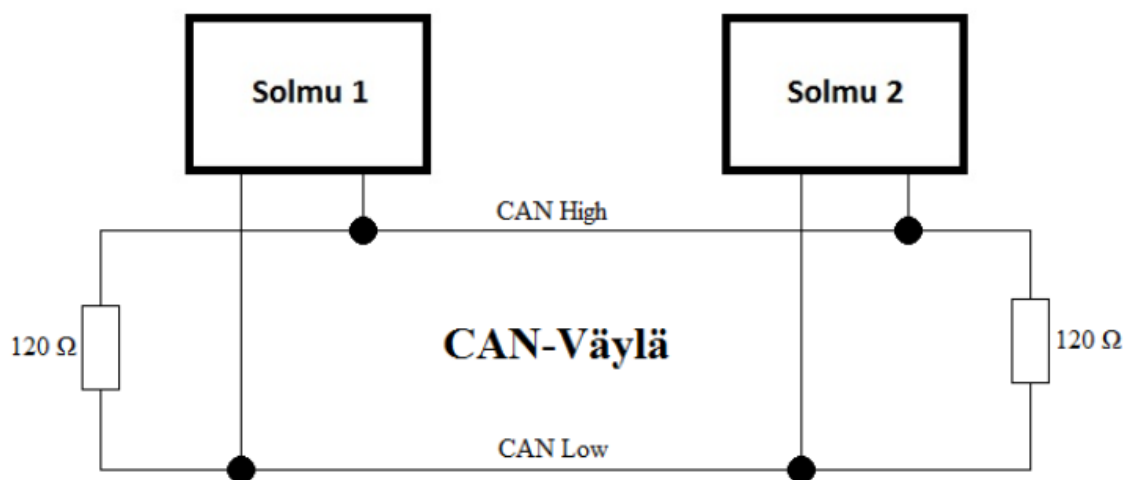
SAE J1939 on protokolla, jota käytetään raskaan kaluston ajoneuvoissa. Se perustuu CAN:iin ja on hyväksytty standardi. Tämän työn kohteena on ProfiPro Oy:n valmistama metsäkone, joka käyttää J1939-protokollaa.

Opinnäytetyön päätavoitteena on saada aikaan systeemi, jossa mobiililaitteen ja Bluetooth-yhteyden avulla kerätään tietoa harvesterin CAN-väylästä. Lisäksi perehdytään CAN-väylän toimintaan sekä raskaan kaluston standardi J1939 toimintaan.

Työssä tutustutaan aluksi CAN-väylän toimintaan yleisesti. Kolmannen luvun aihe on raskaan kaluston standardi J1939:n ominaisuudet. Neljännen luvun aihe on yhteyden luominen mobiililaitteen ja ajoneuvon välille sekä Bluetooth-adapteri, jolla CAN-viestit saadaan muunnettua ja lähetettyä mobiililaitteelle. Viidennessä luvussa tutustutaan mobiililaitteessa käytettävään sovellukseen.

## 2 CAN-VÄYLÄ

Yksinkertaisimmillaan CAN-väylä muodostuu kahdesta johdosta. Toisella johdolla välitetään CAN High -signaali, ja toisella CAN Low -signaali. Väylän laitteet (solmut) yhdistetään johdolla. Johdon päihin laitetaan 120 ohmin päätevastukset, joiden tarkoitus on estää heijastumat väylän päistä. [1, s. 132; 2.] Väylän periaate on esitetty kuvassa 1.



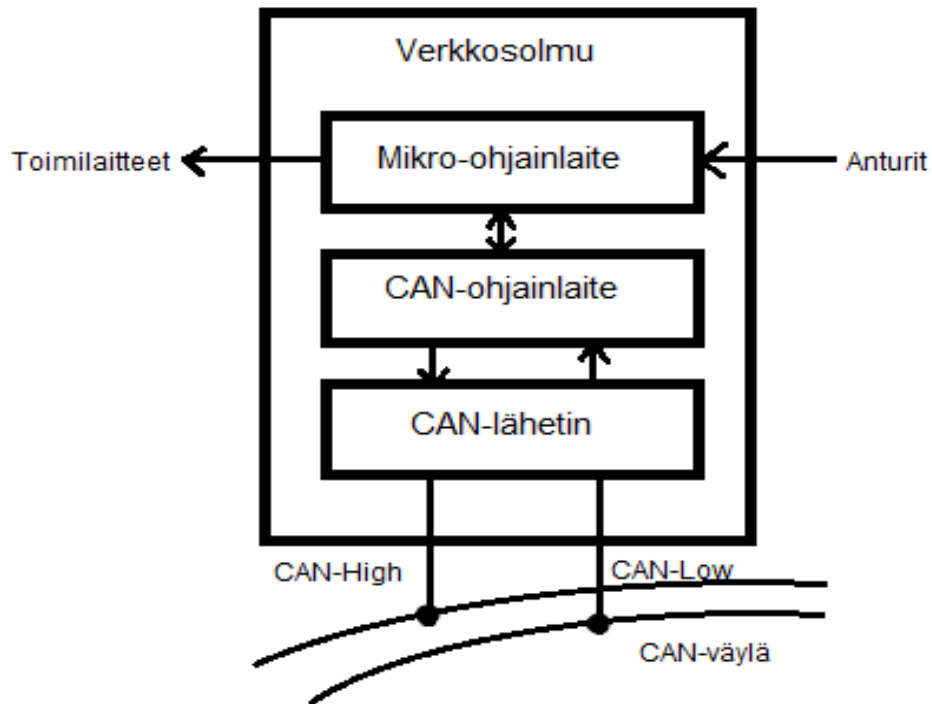
Kuva 1. Yksinkertainen CAN-väylä [3, s. 7]

CAN-väylää kehitettäessä huomiota kiinnitettiin siihen, että voitaisiin välttää keskitetyn ohjausyksikön käyttö tiedonsiirron ohjaamisessa. Tähän tarkoitukseen sopii parhaiten topologia, jossa verkon solmut on kytketty väylään ja jossa jokainen solmu kykenee vastaanottamaan kaiken liikkuvan tiedon. Lisäksi väylätopologian etuna on se, että yhden solmun vioittuminen ei vaikuta muiden toimintaan. Myös uusien asemien liittäminen väylään hoituu helposti. [4, s. 31.]

Jokainen verkon solmu muodostuu mikroprosessoripohjaisesta ohjaimesta, ohjainlaitteesta ja liityntäpiiristä. CAN-ohjainlaite huolehtii CAN-viestien lähettämisestä ja vastaanottamisesta. Se käsittelee lähetettävän tiedon ja toimittaa sen lähettimelle. Lähetin tuottaa vaadittavan jännitetasen sekä lähettää käsitellyn viestin



sarjamuotoisesti väylälle. Vastaanotin käsittelee saapuvat viestit ja välittää ne CAN-ohjainlaitteelle. Mikro-ohjain puolestaan ohjaa CAN-ohjainlaitetta ja tuottaa lähetettävän tiedon sekä käyttää hyväkseen saapuvaa tietoa. [4, s. 31.] Alla olevassa kuvassa (2) on esitetty solmun rakenne.



Kuva 2. CAN-verkon solmu [4, s. 31]

## 2.1 Nopea- ja hidas-CAN

Nopea-CAN (CAN-C) ja hidas-CAN (CAN-B) toimivat eri tiedonsiirtonopeudella ja ajoneuvoissa niitä käytetään eri sovelluksissa.

CAN-C-väylän tiedonsiirtonopeus on 125 kBit/s ... 1 MBit/s. Reaaliaikaisuuden ansiosta näitä väyliä voidaan käyttää ajoneuvoissa muun muassa moottorin ohjaukseen ja ajonvakautukseen. [4, s. 30.]

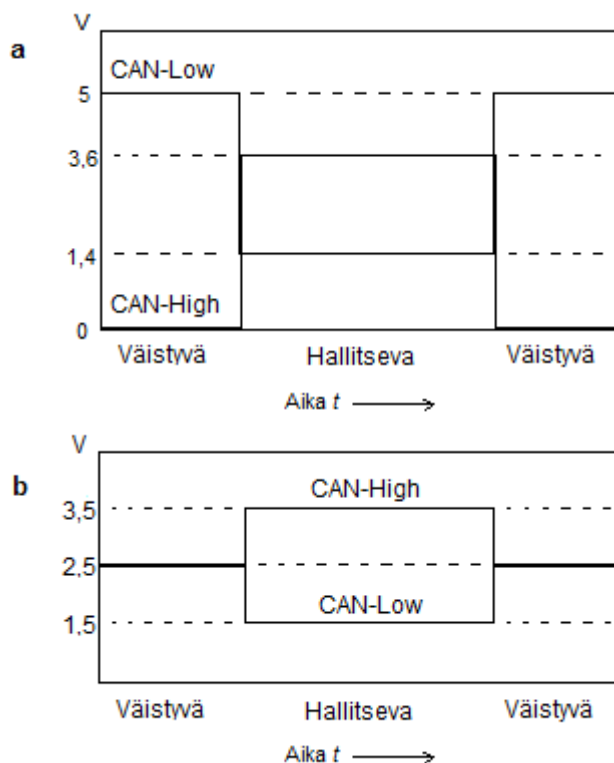
CAN-B-väylien tiedonsiirtonopeus on 5 ... 125 kBit/s. Kyseinen tiedonsiirtonopeus riittää ajoneuvoissa moniin mukavuus- ja korialueen sovelluksiin, esimerkiksi istuinten ja peilien säätöön. [4, s. 30.]

## 2.2 Jännitetaso

CAN-signaalisissa on hallitseva ja väistävä tila. Looginen 1 tarkoittaa väistävää tilaa ja looginen 0 hallitsevaa tilaa. CAN-lähetin muuttaa loogiset tilat 1 ja 0 sopiviksi jännitetasoiksi ja syöttää ne CAN-väylän johtimiin. [4, s. 33.]

CAN-C- ja CAN-B-väylät käyttävät eri jännitetasoja. Väistävässä tilassa nopean väylän molemmat johtimet ovat 2,5 V. Hallitsevassa tilassa nopea väylä käyttää 3,5 V jännitettä CAN-High -johtimessa ja 1,5 V jännitettä CAN-Low -johtimessa. [4, s. 33.]

Hitaan väylän väistävässä tilassa CAN-High -johtimen jännite on 0 V ja CAN-Low -johtimen 5 V. Hallitsevassa tilassa vastaavasti jännitteet ovat CAN-High -johtimessa 3,6 V ja CAN-Low -johtimessa 1,4 V. Molempien väylien jännitetasot on esitetty alla olevassa kuvassa. [4, s. 33.]



Kuva 3. a) Hitaan CAN-väylän jännitetasot b) Nopean CAN-väylän jännitetasot [4, s. 33]

## 2.3 Protokollakerrokset

CAN-järjestelmissä elektroniikka ja ohjelmisto on kerrostettu eri kerroksille, mikä sallii väyläjärjestelmän joustavamman toteuttamisen [4, s. 34]. Eri protokollakerroksia ovat:

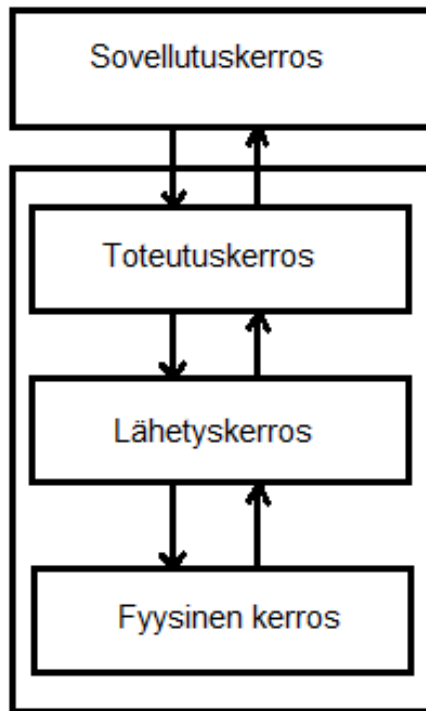
- Sovelluskerros
- Toteutuskerros
- Lähetyskerros
- Fyysinen kerros

**Sovelluskerros** esittää tiedon oikean tietorakenteen muodossa ja toimittaa lähetettäviksi tarkoitetut tiedot toteutuskerrokseen [4, s. 34].

**Toteutuskerros** päättelee, milloin mitään viestejä lähetetään. Toteutuskerros myös suodattaa saapuvista viestijoukosta ne viestit, joita sovellus tarvitsee. [4, s. 34.]

**Lähetyskerros** ottaa toteutuskerrokselta vastaan viestit ja muokkaa ne sellaiseen muotoon, että fyysinen kerros pystyy välittämään ne väylälle. Lähetyskerros myös huolehtii vikojen havaitsemisesta ja varoittamisesta sekä väylän haltuunotosta. [4, s. 34.]

**Fyysinen kerros** on kerroksien alin taso, ja siihen kuuluvat fyysiset elementit, kuten johdot ja tiedonsiirtoon käytettävät jännitteet. Protokollakerrokset on esitetty kuvassa 4.

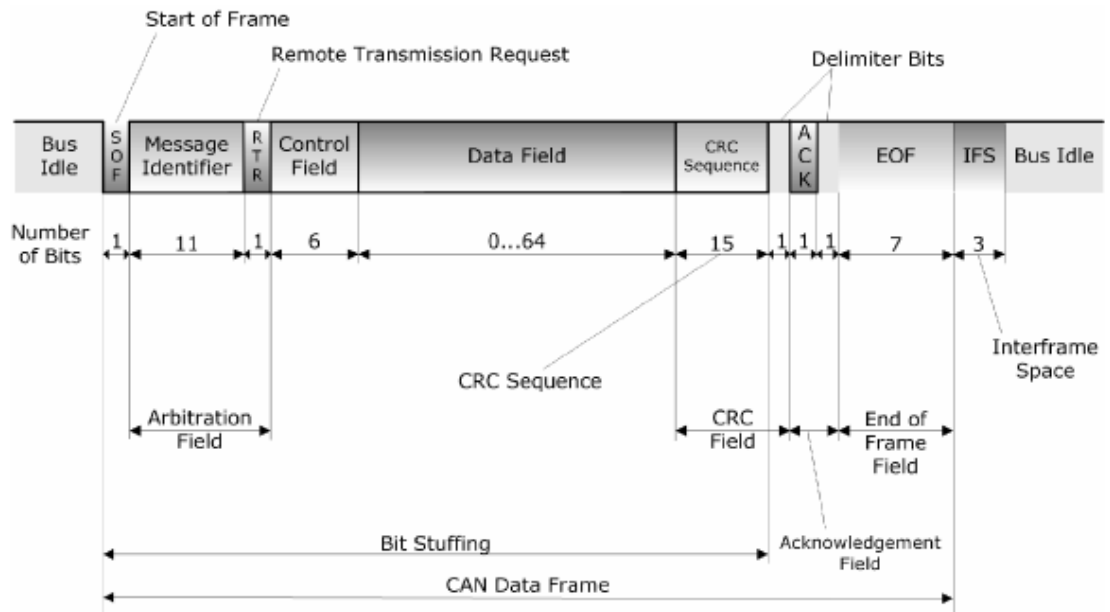


Kuva 4. Protokollakerrokset [4, s. 34]

## 2.4 Viestin rakenne

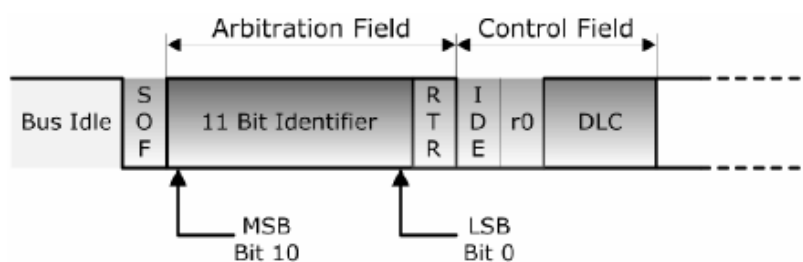
Tieto välittyy väylällä tietopaketteina, joilla on tietynlainen viestikehys, joka sisältää tiedon tietyllä tavalla muotoiltuna. CAN tukee kahta erilaista kehysmuotoa, jotka ovat **CAN2.0A** ja **CAN2.0B**. CAN2.0A-kehysmuoto käyttää 11 bitin mittaista tunnustetta ja CAN2.0B-kehysmuoto 29 bitin mittaista tunnustetta. Molempia kehysmuotoja voidaan käyttää samassa verkossa yhteensopivuuden ansiosta. [4, s. 36.]

Molemmissa kehysmuodoissa tiedon rakenne on samanlainen. Viesti alkaa aloitusbitillä, jonka jälkeen tulee haltuunotkenttä, ohjauskenttä, tietokenttä ja CRC-kenttä. Viestin lopussa on kuittauskenttä ja kehysken lopetuskenttä. [4, s. 36, 37.] CAN2.0A-viestikehys on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. CAN2.0A-viestikehyksen rakenne [1, s. 37]

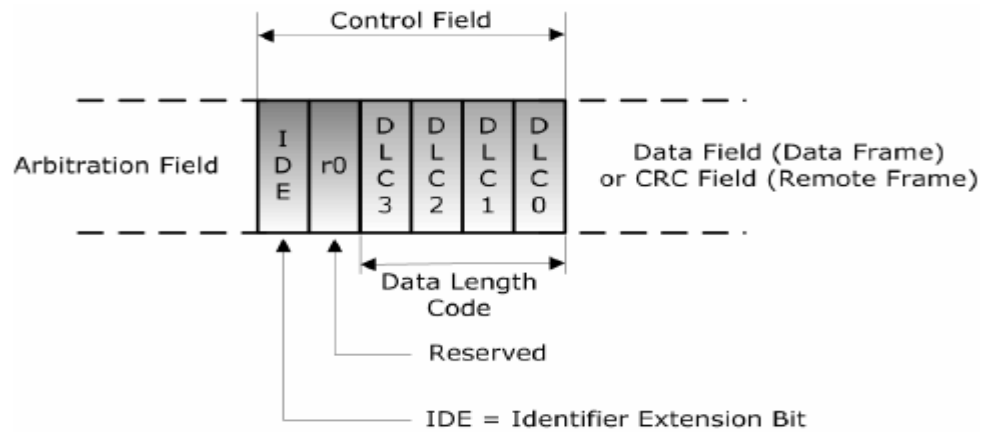
**Haltuunottokentän** (Arbitration Field) muodostaa 11 bitin mittainen tunniste (29 bitin mittainen CAN2.0B-kehysmuodossa) ja RTR-bitti (Remote Transmission Request) [4, s. 37]. 11-bittinen tunniste sallii 2048 erilaista viestiä, kun taas 29-bittinen tunniste sallii yli 500 miljoonaa erilaista viestiä [1, s. 46]. RTR-bitti kertoo, onko kyseessä tietokehys vai pyyntökehys. Se on hallitseva tietokehyksessä ja väistyvä pyyntökehysessä [4, s. 37]. Haltuunottokentän rakenne on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Viestin haltuunottokenttä [1, s. 46]

CAN2.0A-kehysessä **ohjauskentän** (Control Field) muodostaa IDE-bitti (Identifier Extension Bit), jota seuraa reserved-bitti, joka on varattu tulevaisuuden tarpei-

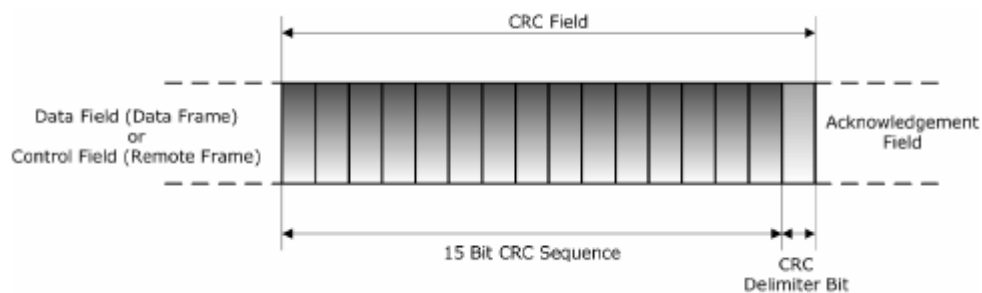
siin. Kentän muut neljä bittiä määrittelevät lähetettävän tietokentän tavujen lukumäärän. Koska CAN2.0B-kehyksessä IDE-bitti kuuluu jo haltuunotkenttään, on sen tilalla reserved-bitti. [4, s. 37.] Ohjauskentän rakenne on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Viestin ohjauskenttä [1, s. 47]

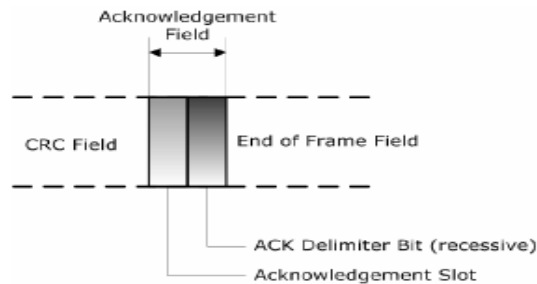
**Tietokenttä** (Data Field) sisältää viestin tiedon ja on pituudeltaan 0-8 tavua. Yksi viesti voi sisältää useamman tiedon, esimerkiksi kahden eri anturin arvon [4, s. 37].

**CRC-kenttä** (Cyclic Redundancy Check-sum) sisältää 15-bittisen tarkistusluvun, jonka avulla voidaan havaita tiedonsiirtovirheitä [1, s. 48; 4, s. 37]. CRC-kenttä on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Viestin CRC-kenttä [1, s. 48]

**Kuittauskentän** (Acknowledgement Field) arvon määrittävät vastaanottavat asemat, joiden tulee kuitata viesti vastaanotetuksi. Kentän muodostaa kuittausalue ja sen päättävä rajoitinbitti. Vain viestin vastaanottaminen kuitataan, mikä ilmaisee lähettäjälle, että tiedon lähettäminen sujui ongelmitta. [1, s. 122; 4, s. 37.] Kuittauskenttä on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Viestin kuittauskenttä [1, s. 49]

Viestin **lopetuskenttä** (End Of Frame) kertoo viestin päättymisestä ja sen muodostaa seitsemän väistävää bittiä [1, s. 51; 4, s. 38]

**Kehysten väli** (IFS, Interframe Space) muodostuu kolmesta perättäisestä väistyvästä bitistä, jotka erottavat peräkkäiset viestit toisistaan. Koska ongelmasta tai virheestä halutaan välitön tieto, voidaan virhe- tai ylikuormakehys lähettää välittömästi edellisen kehysten perään. [1, s. 70, 71; 4, s. 38.]

## 2.5 Viestimuodot

CAN-väylällä on mahdollista lähettää neljää erilaista kehystä eli viestimuotoa:

- Tietokehys
- Pyyntökehys
- Virhekehys
- Ylikuormakehys

**Tietokehystä** käytävä viesti sisältää tietoa, esimerkiksi lämpötila-anturin lämpötila. Tiedon tuottaa lähettävä asema [4, s. 36].

**Pyyntökehystä** käytetään, kun asema haluaa kertoa tarvitsevansa tiettyä tietoa. Esimerkiksi automaattisen ilmastoinnin ohjausyksikkö voisi tarvita lämpötila-anturilta tiedon hytin lämpötilasta säätääkseen tuuletuksen sopivaksi. Tiedon tuottaja vastaa pyyntöön lähettämällä pyytävälle asemalle tietokehysten. [4, s. 36.]

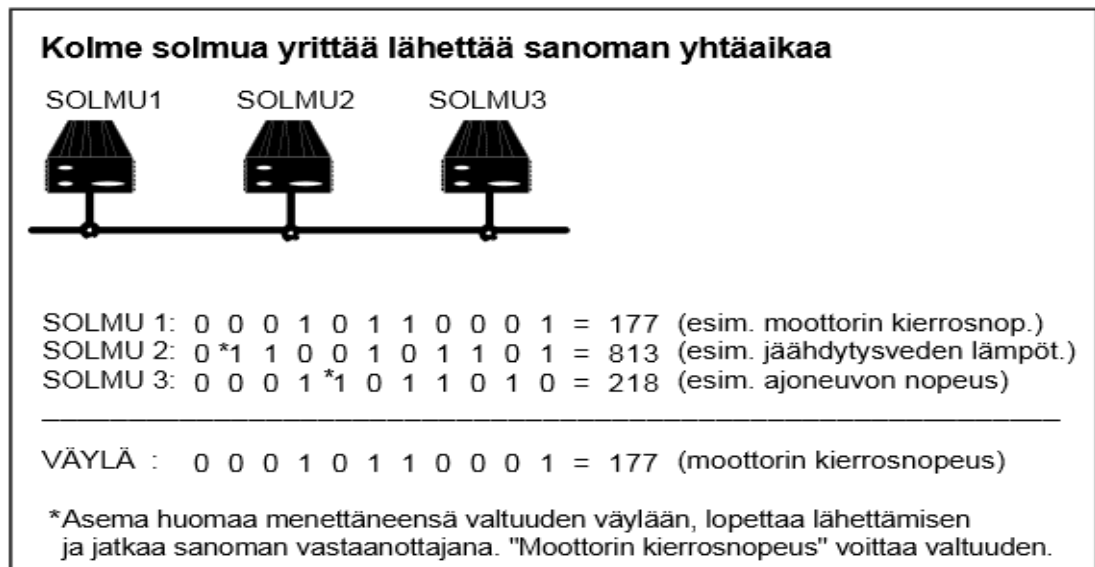
Havaitessaan virheen asema lähettää siitä tiedon muille asemille käyttäen **virhekehystä** [4, s. 36]. CAN sallii vain viisi peräkkäistä saman polariteetin omaavaa bittiä viestissä. Tätä sääntöä käytetään hyväksi virhekehystä lähetettäessä, joten virhekehys sisältää aina vähintään kuusi peräkkäistä hallitsevaa bittiä. [1, s. 57]

**Ylikuormakehystä** käytetään viiveen aikaansaamiseksi kahden tieto- tai pyyntökehysten välille. Lähettävä asema kertoo olevansa kykenemätön käsittelemään toista kehystä kyseisellä hetkellä. [4, s. 36.]

## 2.6 Kilpavarauksjärjestelmä

CAN-väylän solmut voivat yrittää lähettää tietoa aina väylän ollessa vapaa. Jos useampi solmu yrittää lähettää tietoa samaan aikaan, ratkaistaan lähetysvuoro viestin prioriteetin avulla. Arvoltaan pienimmän tunnisteiden omaava viesti on suurin prioriteetiltaan ja lähetetään sen takia ensimmäisenä. Tätä järjestelmää kutsutaan kilpavaraukseksi, ja sen periaate on esitetty kuvassa 10. [5, s. 7, 8.]





Kuva 10. Kilpavarausjärjestelmän periaate [5, s. 7]

## 2.7 Stuff Bit

CAN sallii vain viisi peräkkäistä hallitsevaa tai väistyvää bittiä peräkkäin SOF-bitin ja CRC-kentän lopun välille. Tämä johtuu siitä, että yli viisi peräkkäistä samanmuotoista bittiä kertoo virheestä ja CAN käyttää tätä tietoa virhekehityksessä. [1, s. 96.]

Lähetetään tai vastaanotetaan dataa, joka sisältää yli viisi samaa bittiä peräkkäin, täytyy lähettävän solmun lisätä viestiin ylimääräinen, päinvastainen bitti viiden samanmuotoisen bitin jälkeen. Tätä ylimääräistä bittiä kutsutaan nimellä "Stuff Bit". Vastaanottava solmu sitten suodattaa ja poistaa tämän ylimääräisen bitin viestistä. [1, s. 96.] Kuvassa 11 on esitetty Stuff Bitin käyttöalue ja kuvassa 12 on periaatekuva Stuff Bitin käytöstä.



### 3 SAE J1939-STANDARDI

J1939 on SAE:n (The Society of Automotive Engineers) kehittämä protokolla, joka perustuu CAN:iin. Se käyttää laajennettua CAN2.0B-viestikehystä, jossa on 29 bitin pituinen tunniste. SAE J1939 on hyväksytty standardi raskaan kaluston ajoneuvoihin. Tällaisia ajoneuvoja ovat mm. rakennus- ja metsäkoneet. [6, s. 1-3.]

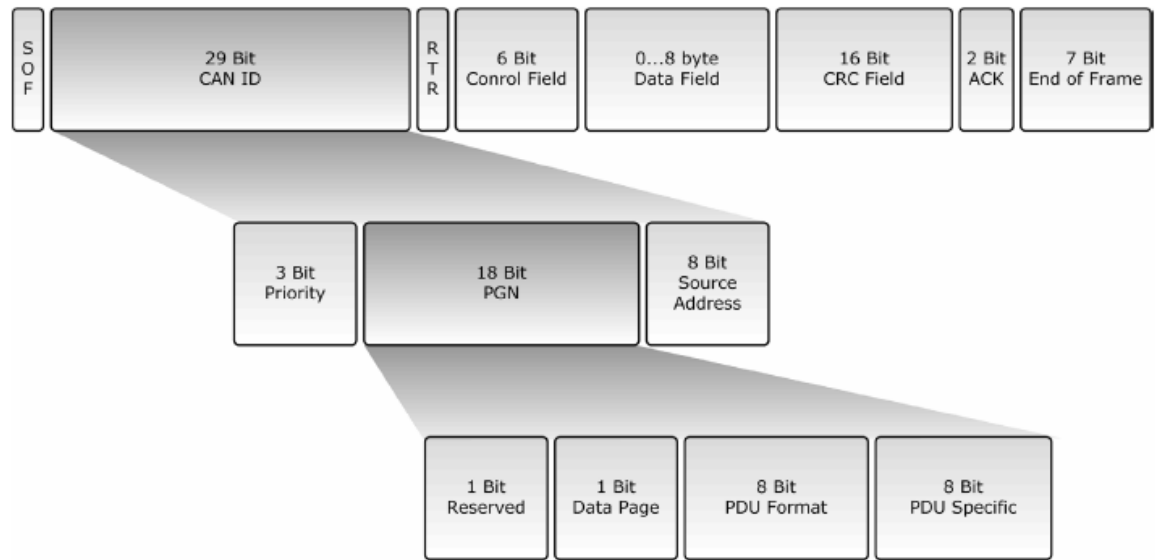
J1939 tarjoaa sarjamuotoisen datakommunikaation mikroprosessoripohjaisten yksiköiden (ECU, Electronic Control Unit) välille ajoneuvossa. Viestit näiden yksiköiden välillä sisältävät dataa, esimerkiksi ajonopeuden tai öljyn lämpötilan. [6, s. 17.]

Väylän maksiminopeudeksi on määritelty 250 kBit/s, maksimipituudeksi 40 m ja maksimimäärä solmuille on 30. Väylä todennäköisesti toimii myös maksimiarvojen yläpuolella, mutta SAE on määritellyt ne varmistaakseen, että suorituskyky pysyy korkeana. [6, s. 18.]

Yksi pääpiirteistä J1939-standardissa on kuitenkin parametrinumeroiden (SPN, Suspect Parameter Number) ja parametriryhmien (PGN, Parameter Group Number) käyttö. J1939-standardissa on valmiiksi määritelty valtava määrä ajoneuvon tietoja näihin parametriryhmiin ja parametrinumeroihin. PGN ja SPN ovatkin hyvin tärkeitä ulkopuolista sovellusta kehitettäessä esimerkiksi tiedonkeruuta varten. Parametriryhmät ja niiden sisältö on esitetty SAE:n virallisissa dokumenteissa. [6, s. 19.]

### 3.1 J1939-viestin osat

J1939 käyttää laajennettua CAN-viestiä eli CAN2.0B-kehysformaattia. Tämä tarkoittaa sitä, että viestin haltuunotokentän tunniste on 11 bitin sijaan 29 bitin pituinen. [6, s. 19.] Viestin sekä tunnisteiden rakenne on esitetty alla olevassa kuvassa.



Kuva 13. CAN2.0B-viestin rakenne [6, s. 21]

#### 3.1.1 Priority

Tunnisteiden kolme ensimmäistä bittiä määrittävät viestin prioriteetin ja ovat arvoltaan 0-8. Mitä pienempi arvo näistä kolmesta bitistä saadaan, sitä suurempi on viestin prioriteetti. Ääripäät näistä ovat arvot 0 (000) ja 8 (111). [6, s. 41.]

### 3.1.2 PGN

PGN-kenttä koostuu neljästä osasta:

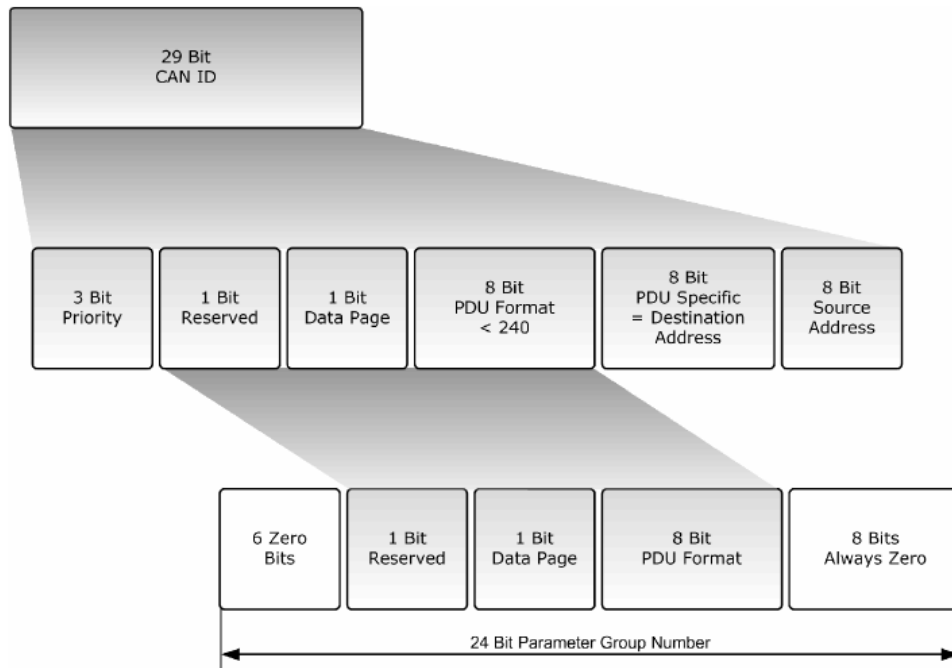
- Reserved (R)
- Data Page (DP)
- PDU Format (PF)
- PDU Specific (PS)

PGN-kenttä liittyy parametriryhmän määrittelyyn.

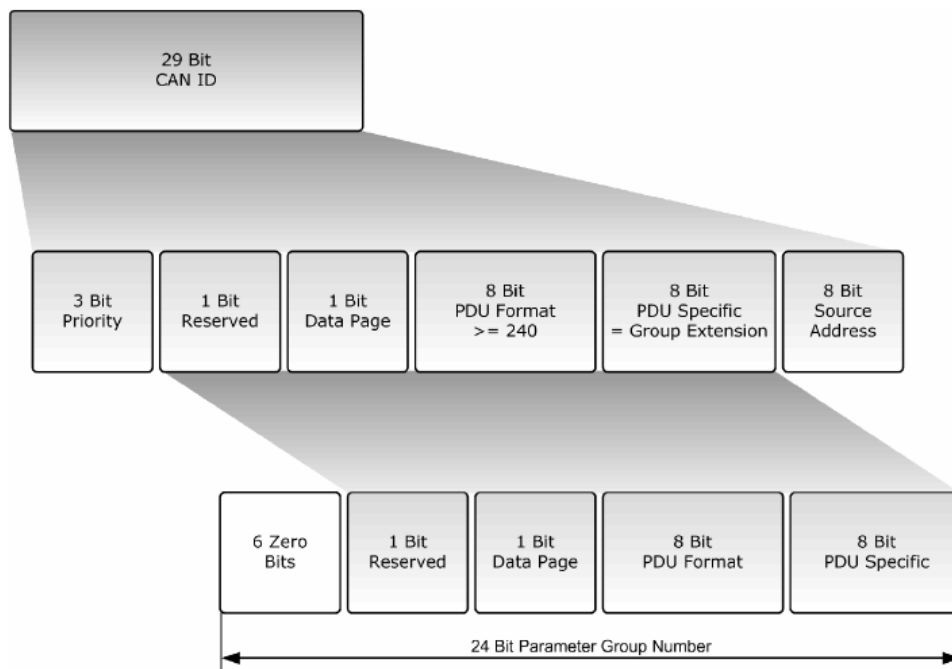
Reserved-bitti on varattu tulevaisuuden tarpeita varten ja on aina 0.

Data Page määrittää parametriryhmien sivun ja on tällä hetkellä myös aina 0. Yhdelle sivulle mahtuu 8672 eri parametriryhmää. Toista sivua saatetaan tarvita tulevaisuudessa, jos parametriryhmien määrä ylittää yhden sivun kapasiteetin. [6, s. 42.]

PF määrittelee PS:n sisällön. Jos PF on pienempi kuin 240, PS sisältää viestin kohteen osoitteen (PDU1). Jos PF on suurempi kuin 240, käytetään PS:ää Group Extensionina eli parametriryhmän numeron määrittämisessä (PDU2). [6, s. 43.] Kuvissa 14 ja 15 on esitetty molemmat tapaukset.



Kuva 14. PDU Specific määrittää kohteen osoitteen (PDU1) [6, s. 55]



Kuva 15. PDU Specific määrittää parametriryhmän numeroa (PDU2) [6, s. 56]

### 3.1.3 Source Address

29 bitin mittaisen tunnisteiden viimeiset 8 bittiä sisältävät lähteen osoitteen. Lähde on viestin lähettävä ECU. Jokaisella ECU:lla on uniikki osoite eikä PGN ole sidottu osoitteeseen. [6, s. 42.]

### 3.2 Parametriyhymät

Parametriyhymät (PGN, Parameter Group Number) ovat SAE:n valmiiksi määritellyjä, usean parametrin sisältäviä ryhmiä. Lisäksi jotkut ryhmät voivat olla myös valmistajan määrittelemiä. Yksi parametriyhymä sisältää yleensä useita samantyyppisiä tietoja. Esimerkiksi jäähdytysnesteen, polttoaineen ja öljyn lämpötilat kuuluvat kaikki samaan parametriyhymään (Engine temperature, PGN 65262). [6, s. 42.] Kyseisen parametriyhymän määrittely on esitetty kuvassa 16.

<b>PGN 65262</b>		<b>Engine Temperature</b>	
Transmission Rate		1 sec	
Data Length		8 bytes	
Data Page		0	
PDU Format (PF)		254	
PDU Specific (PS)		238	
Default Priority		6	
PG Number		65262 (FEEHex)	
<b>Description of Data</b>			<b>SPN</b>
<b>Byte</b>			
	1	Engine Coolant Temperature	110
	2	Fuel Temperature	174
	3, 4	Engine Oil Temperature	175
	5, 6	Turbocharger Oil Temperature	176
	7	Engine Intercooler Temperature	52
	8	Engine Intercooler Thermostat Opening	1134

Kuva 16. PGN 65262 määrittely [6, s. 46]

### 3.3 Parametrinumerot

Parametrinumerot (tai parametrin tunnistenumerot, SPN) ovat SAE:n määrittämiä parametrien tunnistenumeroita [6, s. 46].

SPN sisältää seuraavat tiedot:

- Datan pituus tavuina (Data Length)
- Datan tyyppi (Data Type)
- Tarkkuus (Resolution)
- Lähtöarvo (Offset)
- Arvon vaihteluväli (Range)
- Parametriryhmä (Reference)

Edellisen kuvan jatkoksi on alla olevassa kuvassa (17) esitetty SPN 110, joka sisältää jäähdytysnesteen lämpötilan.

<b>SPN 110</b>	<b>Engine Coolant Temperature</b>
	Temperature of liquid engine cooling system
Data Length	1 Byte
Resolution	1 deg C / Bit
Offset	-40 deg C
Data Range	-40 to 210 deg C
Type	Measured
Reference	PGN 65262

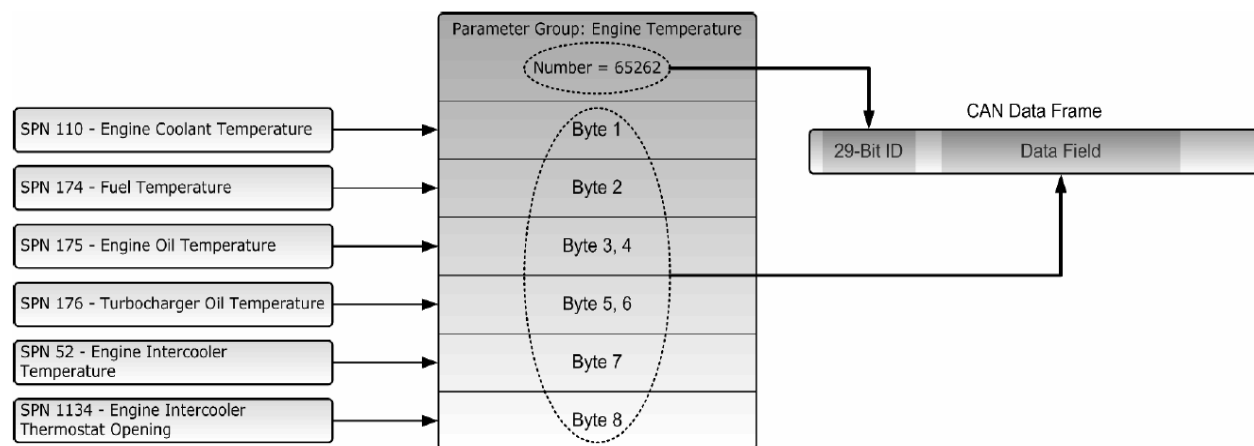
Kuva 17. SPN 110 määrittely [6, s. 47]



Kuvasta selviävät tiedot ovat seuraavat:

- Datan pituus on yksi tavu
- Datan tyyppi on ”mitattu”
- Tarkkuus on yksi Celsiusaste bittiä kohden
- Lähtöarvo on -40 Celsiusastetta
- Arvon vaihteluväli on -40...210 Celsiusastetta
- Parametri kuuluu parametiryhmään PGN 65262

Kuvassa 18 on yhteenvedon vuoksi esitetty, kuinka parametrit sisältyvät parametiryhmiin ja edelleen CAN-viestiin.



Kuva 18. Parametrit ja parametiryhmät [6, s. 47]

## 4 YHTEYS MOBIILILAITTEELLE

Työn tavoite oli saada aikaan systeemi, jonka avulla olisi mahdollista lukea dataa harvesterin CAN-väylästä langattomasti. Ensimmäinen askel tavoitteen saavuttamisessa oli yhteyden luominen ajoneuvon ja mobiililaitteen välille. Tiedonsiirtomenetelmää mobiililaitteen ja CAN-väylän välille mietittäessä tultiin siihen tulokseen, että Bluetooth olisi hyvä vaihtoehto. Tulokseen johti se, että Bluetoothia tukevat lähestulkoon kaikki mobiililaitteet. Lisäksi tähän tarkoitukseen valmistettuja adaptereita on hyvin niukasti ja ne tuntuvat kaikki käyttävän Bluetoothia.

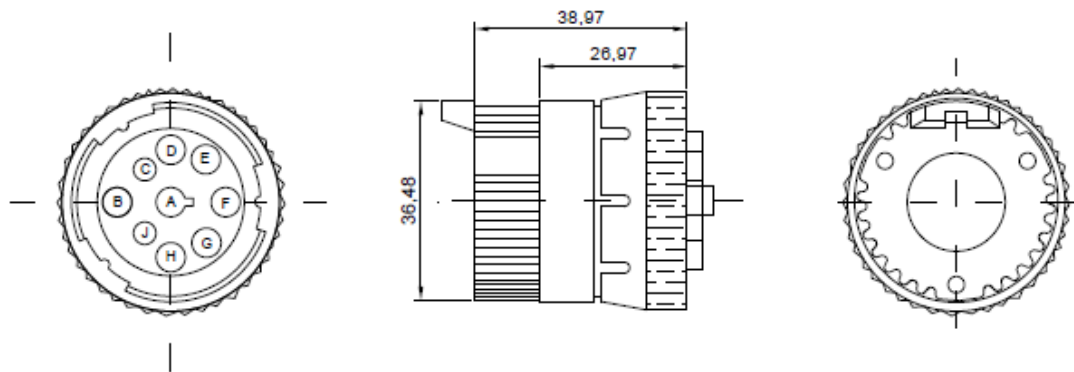
### 4.1 Bluetooth-adapteri

Pitkän etsinnän jälkeen löytyikin yksi sopiva adapteri, joka muuntaa CAN-viestin ASCII-merkeiksi ja lähettää sen Bluetoothia käyttäen mobiililaitteelle. Adapterin valmistaja on yhdysvaltalainen Viacont. Se on ajoneuvojen etäkäyttöön erikoistunut yhtiö, joka valmistaa ajoneuvojen liitettävyyden helpottamiseen tarkoitettuja laitteita ja ohjelmistoja.

Käytettävä Bluetooth-adapteri on pieni ja se kytketään ajoneuvon CAN-väylän J1939 diagnostiikkaliittimeen. Se on suunniteltu yhdistämään älypuhelin, tabletti tai tietokone ajoneuvon ECU:un käyttäen Bluetooth 2.1 -yhteyttä. Lisäksi se sisältää suojauksen ylijännitettä ja -virtaa varten. Tuettuja mobiilikäyttöjärjestelmiä adapterille ovat Android 2.1+, Windows Phone 7+ ja Blackberry. [7.]

Seuraavassa kuvassa (19) on esitetty adapterin dimensiot ja hieman yleisiä tietoja.

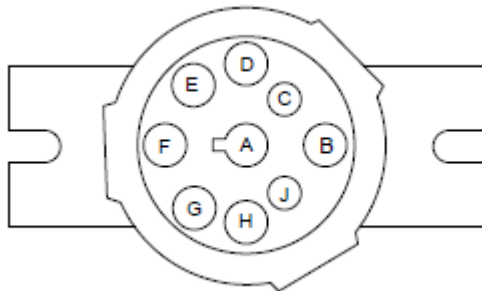
Power supply	8V-30V DC
Power (full load)	15 mA @ 24V
Power (sleep mode)	10 mA @ 24V
Power supply type	High-efficiency switching



Kuva 19. Bluetooth-adapteri [7]

#### 4.2 Adapterin liittäminen ajoneuvoon

Kuten edellä mainittiin, adapteri liitetään ajoneuvon J1939-diagnostiikkaliittimeen. Liitin on 9-pinninen, ja se on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. J1939-diagnostiikkaliitin

Liittimen pinnit ovat seuraavat:

- A = Ground (maa)
- B = Battery (käyttöjännite)
- C = J1939+ (CAN-High)
- D = J1939- (CAN-Low)
- E = J1939 Shield
- F = J1708+ (J1708-protokollan CAN-High)
- G = J1708- (J1708-protokollan CAN-Low)
- H = NC (Not Connected)
- J = NC (Not Connected)

Adapteri käyttää näistä vain maata, käyttöjännitettä, J1939 CAN-Highta ja J1939 CAN-Lowta.

## 5 MOBIILILAITTEEN SOVELLUS

Adapterin oston mukana tulevat myös tunnukset Viacontin SDK-sivustolle, josta saa ladattua hyödyllisiä tiedostoja sisältävän paketin. Datalehtien ja käyttöohjeiden lisäksi paketti sisältää Java-kirjastoja, jotka helpottavat omien sovellusten kehittämistä todella paljon. Koska J1939-standardiin sisältyy hyvin paljon valmiiksi määriteltyjä parametreja, on niiden liittäminen koodiin melko työlästä ja haastavaa. SDK-paketin mukana tulee myös testiohjelma Androidille sekä kyseisen ohjelman lähdekoodit.

Adapterin testaamiseen mobiililaitteen puolella käytettiin SDK-paketin Android-testiohjelmaa sekä Breaker Log -sovellusta. Breaker Log on testivaiheessa oleva älypuhelinsovellus ja se on yhteensopiva Viacontin adapterin kanssa. Testauksen kohteena oli ProfiPron harvesteri ja mobiililaitteena käytettiin Samsung Galaxy S4 -älypuhelinia.

ProfiPron tiloissa Nivalassa oli yksi harvesteri huollettavana, joten laitetta ja mobiilisovelluksia päästiin testaamaan oikean ajoneuvon parissa. Adapteri kytkettiin ohjeiden mukaisesti suoraan ajoneuvon diagnostiikkaliittimeen. Tämän jälkeen sininen ledi alkoi vilkkua, mikä tarkoittaa sitä, että adapteri on käyttövalmis ja virta on kytketty. Seuraavaksi muodostettiin yhteys mobiililaitteelta, jonka jälkeen sininen ledi alkoi taas vilkkua ilmoittaen onnistuneesta yhteydestä. Seuraavaksi testattiin mobiilisovelluksia tiedonkeruuta varten.

### 5.1 Android-testiohjelma

Ensimmäisenä testiohjelmana käytettiin adapterin mukana tulevan SDK-paketin Android-testiohjelmaa. Käytännössä ohjelma purkaa CAN-viestit ja tekee listan parametreista eikä se sisällä sen kummempaa käyttöliittymää. Lisäksi sillä voi

tehdä pyyntöjä "non-broadcast" -parametreille. Kuvassa 21 on esitetty kaksi kuvankaappausta sovelluksesta.

The screenshot shows an Android application interface for connecting to a vehicle. At the top, there is a dark blue button labeled "Get connected" with a hamburger menu icon to its right. Below this, the text "Available devices in near range:" is displayed. A table lists available devices with columns for "Name" and "State". One device, "J1939-1832" (ID: 20:14:04:03:18:32), is shown with a green "Disconnect" button and a red "X" icon. A grey notification box states "You are now connected!" and "You should be able to see the vehicle parameters below." Below the notification, the text "Device parameters:" is shown, followed by a sub-header "Engine #1". A table displays parameters for Engine #1 with columns for "Name", "Value", and "Unit".

Name	Value	Unit
Intake/Exhaust Conditions 2 Engine Intake Manifold 2 Absolute Pressure	100	kPa
Auxiliary Input/Output Status 1 Auxiliary I/O #12	00	bit
Active Diagnostic Trouble Codes Red Stop Lamp	00	bit
Electronic Engine Controller 3 Engine's Desired Operating Speed	6	rpm
Fan Drive #1 Engine Fan 1 Estimated Percent Speed	0	%
Active Diagnostic Trouble Codes Occurrence Count	0	binary
Shutdown Engine Protection System Timer State	00	bit
Aftertreatment 1 Diesel Oxidation Catalyst Aftertreatment 1 Diesel Oxidation Catalyst Intake Temperature	192,28	C
Electronic Engine Controller 2 Accelerator Pedal Position 1	0	%
Engine Temperature 1 Engine Coolant Temperature	77	C
Aftertreatment 1 Diesel Exhaust Fluid Tank 1 Information Aftertreatment SCR Operator Inducement Severity	000	bit
Engine Fluid Level/Pressure 2 Engine Injector Metering Rail 1 Pressure	85,47	kPa
Engine Fluid Level/Pressure 1 Engine Coolant Pressure 1	0	kPa

Engine #1		
Name	Value	Unit
Fan Drive #1 Hydraulic Fan Motor Pressure	0	kPa
Auxiliary Input/Output Status 1 Auxiliary I/O #04	00	bit
Aftertreatment 1 SCR Dosing System Information 2 Aftertreatment 1 Diesel Exhaust Fluid Line Heater 2	00	bit

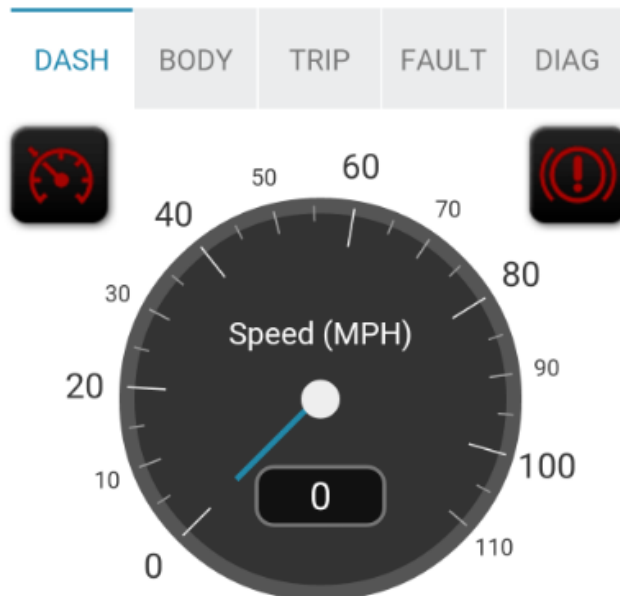
Kuva 21. Android-testiohjelma

## 5.2 Breaker Log

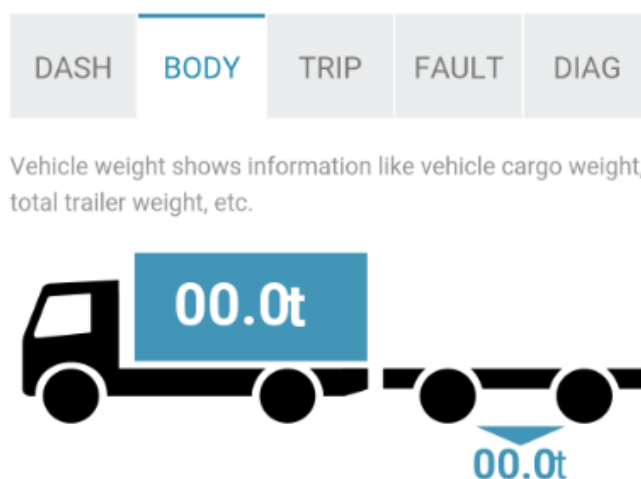
Breaker Log -sovelluksessa on SDK-paketin testiohjelman tapaan mahdollisuus tutkia listaa parametreista, mutta se sisältää myös paljon muutakin. Siitä löytyy myös oikea käyttöliittymä. Sovelluksessa on viisi välilehteä, jotka ovat:

- DASH
- BODY
- TRIP
- FAULT
- DIAG

**DASH**-välilehden (dashboard, kojelauta) alta löytyy kojelautanäkymä, jossa on nopeusmittari ja kaksi merkkivaloa. **BODY**-välilehden alla on näkymä, josta voi tutkia muun muassa kuorman massaa. Kuvassa 22 ja 23 on esitetty kuvankaappaukset DASH- ja BODY-välilehdistä.



Kuva 22. DASH-välilehti



Kuva 23. BODY-välilehti

**TRIP**-välilehden alla on esitetty tietoja, kuten maksiminopeus, moottorin käyttötunnit ja käytetyn polttoaineen määrä. **FAULT**-välilehden alta löytyy näkymä aktiivisille vikakoodeille. On mahdollista tarkastella muun muassa vian SPN-numeroa, parametriryhmää ja vian vakavuutta. Viimeisen (**DIAG**) välilehden alta löytyy Android-testiohjelman kaltainen lista parametreista. Kuvassa 24 on esitetty kuvankaappaukset TRIP- ja FAULT-välilehdistä.

The image shows two screenshots of a diagnostic interface. The left screenshot is the TRIP tab, and the right screenshot is the FAULT tab.

**TRIP Tab:**

**LIFE TO DATE INFORMATION**

MAX SPD (MPH):	00000000
CRS SPD (MPH):	00000000
ODOMETER (MI):	00000000
TRIP (MI):	00000000
ENGINE (1000xR):	00000000
ENGINE HOURS:	00000458
IDLE HOURS:	00000000
FUEL USED (GAL):	00000000
IDLE FUEL (GAL):	00000000
DEF USED (GAL):	00000000
PTO HOURS:	00000000

You can share diagnostic data only when you log in

**FAULT Tab:**

**LEGEND**

- LOW (Green)
- MEDIUM (Yellow)
- HIGH (Red)

**ACTIVE FAULT CODES**

SPN	FMI	OCCURRENCE	SEVERITY
723	0	1	! (Medium)

**GROUP:** Engine Speed Sensor Information  
ESSI (source: engine)

**SUSPECT:** Engine Speed 2  
The engine speed as measured by speed sensor 2

Note: This is for the engine speed from the 2nd engine speed sensor. This may be different than SPN 190 when used in multiple engine speed sensor configurations. In an application with multiple engine speed sensors, SPN 190 data can be derived from any of the speed sensors.

**REASON:** Data valid but above normal operational Range

Kuva 24. TRIP- ja FAULT-välilehdet



## 6 TULOKSET JA YHTEENVETO

Insinööriyössä onnistuttiin löytämään hyvä vaihtoehto langattomalle tiedonkeruulle harvesterin CAN-väylästä. Bluetoothin lisäksi toinen hyvä tiedonsiirtomenetelmä voisi olla WiFi, mutta tällä hetkellä markkinoilla on hyvin vähän adaptereita tähän tarkoitukseen. Erilaiset kehitysalustat (Arduino, Raspberry Pi) ja näiden lisäosat ovat myös mahdollisia ratkaisuja kehitettäessä laitetta yhdistämään metsäkone ja mobiililaitte.

Raa'an CAN-viestin ymmärtäminen ja purkaminen voi olla hyvin haastavaa ja hidasta, mutta työssä käytetty adapteri ja sen mukana tulevat ohjelmointikirjastot helpottavat prosessia. Adapterin ja testiohjelmien avulla saatiin aikaiseksi linkki metsäkoneen ja mobiililaitteen välille, joten tiedonkeruu, esimerkiksi parametrien ja vikakoodien lukeminen, sujui ongelmitta. Liitteessä 1 on kuva adapterista.

Insinööriyössä päästiin sille asetettuihin tavoitteisiin hyvin. Saatiin luotua systeemi, jonka avulla datan lukeminen mobiililaitteella harvesterin CAN-väylästä oli mahdollista. Lisäksi hyvien lähteiden avulla saatiin aikaan kattava tietopaketti CAN-väylän ja SAE J1919-standardin teoreettisesta puolesta.

## LÄHTEET

1. Wilfried, V. 2005. A Comprehensible Guide to Controller Area Network. Greenfield: Copperhill Media Corporation.
2. Lammila, M; Karhu O. CAN ja CANopen – perusteet,  
Saatavana: [http://www.iha.tut.fi/education/IHA-3100/can\\_perusteet.pdf](http://www.iha.tut.fi/education/IHA-3100/can_perusteet.pdf)
3. Pöllänen, J. V. 2010. CAN-Väylä  
Saatavana: <http://www.edu.kamit.fi>
4. Dietsche, K.H.; Juhala, M; Bosch, R. 2008. Ajoneuvojen verkottuminen. Autoalan koulutuskeskus.
5. Alanen, J. V. 2000. CAN-ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä. Tampere: VTT Automaatio.  
Saatavana: [http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Ohjausjarjestelmat/CAN/CAN-perusteet\\_AlasenMateriaalia.pdf](http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Ohjausjarjestelmat/CAN/CAN-perusteet_AlasenMateriaalia.pdf)
6. Wilfried, V. 2008. A Comprehensible Guide to J1939. Greenfield: Copperhill Media Corporation.
7. Viacontin kotisivuilta löytyvä esittely Bluetooth-adapterista.  
Saatavana: [http://www.viacont.com/store/p3/SAE-J1939\\_Bluetooth\\_Adapter.html](http://www.viacont.com/store/p3/SAE-J1939_Bluetooth_Adapter.html)

LITTEET

