

Jonne Pöllänen

POLTTOAINEENKULUTUKSEN LASKENTA OBD2-TIETOJEN AVULLA

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Tietotekniikka
Kevät 2011



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Jonne Pöllänen	
Työn nimi Polttoaineenkulutuksen laskenta OBD2-tietojen avulla	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Ajoneuvotietojärjestelmät	Ohjaaja(t) Arto Partanen Toimeksiantaja Aplicom
Aika Kevät 2011	Sivumäärä ja liitteet 32 + 1
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Aplicomille. Aplicom on suomalainen yritys, joka toimii Äänekoskella. Aplicom valmistaa telematiikkalaitteita ajoneuvoympäristöön. Työn tavoitteena oli tutkia auton viestiliikennettä OBD-portin kautta. Tässä tapauksessa tutkittiin viestit, joilla saatiin akun jännite-, polttoaineenkulutus-, moottorin kierrosluku- ja auton nopeustieto autolta. Sen lisäksi tehtiin teoreettista vertailua Bluetooth-linkkeistä, joilla voidaan muodostaa langaton yhteys, ja selvitettiin mitä auton Bluetooth-yhteyteen tarvitaan.</p> <p>Käytössä oli Volkswagen Scirocco vm. 2009, joka on Kajaanin ammattikorkeakoulun CarLab-tiloissa. Autossa on kolme CAN-väylää ja OBD2-järjestelmä. CAN on digitaalinen sarjaliikenneväylärakenne, jonka Robert Bosch GmbH -yhtiö esitteli vuonna 1986. OBD2 toimii uusien autojen diagnostiikkajärjestelmänä, jonka protokollia on viisi. OBD2 PID:t ovat koodeja, joita käytettiin tietojen kyselyssä. Työnantajan pyynnöstä tehtiin kolmen langattomaan tiedonsiirtoon tarkoitettujen Bluetooth-linkkien teoreettista vertailua. Työn koodin suunnittelussa oli pohjana Repeat-ohjelman koodi. Polttoaineenkulutuksen laskennassa tärkeässä osassa ovat lambda-anturit eli happitunnistimet. Lopuksi polttoaineenkulutuskannan mittaustulokset analysoidaan kuvaajien ja korrelaatioarvojen pohjalta.</p> <p>Tarvittavien viestien selvitys onnistui Repeat- ja CANHacker-ohjelmien avulla. Polttoaineenkulutuksen laskentaan käytettiin kaavaa, johon tarvittiin auton viestit: imusarjan paine (intake manifold absolute pressure), sisäänottolämpötila (intake absolute temperature), moottorin kierrosluku (engine RPM) ja auton nopeus (vehicle speed). Tietojen kysely ja polttoaineenkulutuksen laskenta autolta onnistui, ja mittaustulokset näyttivät yhteneväisiltä auton näyttämän kulutuksen kanssa. Auton kiihdytyksen aikana näkyi polttoaineenkulutuksen suurempi eroavaisuus, joka johtui käytetystä laskentakaavasta. Työssä vaaditut tavoitteet saavutettiin, joten työ onnistui kaikilta osin.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Bluetooth, CAN, OBD
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Jonne Pöllänen	
Title Calculating of Fuel Consumption using OBD2 Data	
Optional Professional Studies Vehicle Information Systems	Instructor(s) Mr Arto Partanen
	Commissioned by Aplicom
Date Spring 2011	Total Number of Pages and Appendices 32 + 1
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by a company called Aplicom. Aplicom is a Finnish company located in Äänekoski. Aplicom offers professional vehicle telematics, fleet management and telemetry equipment all over the world. The purpose of this thesis was to examine car messages through an OBD port. The messages were vehicle speed, engine RPM, battery voltage and fuel consumption. Theoretical comparison between three Bluetooth dongles is also included, as well as what is necessary for wireless Bluetooth connection in a car.</p> <p>The project car was a Volkswagen Scirocco model 2009 and it was at the CarLab premises of Kajaani University of Applied Sciences. Firstly, the theoretical part of this thesis discussed CAN history, physical layer, data communication and data frames. Basic information on OBD history, OBD common protocols, OBD2 PIDs, Bluetooth, formulas for fuel consumption calculation, repeat-program and comparison of measurement data are also discussed. Next there is the Bluetooth dongles comparison. Then there is the result of this thesis which includes connections to the OBD port of the car, planning of code, information query of OBD2, structure and action of the code. Finally, there is measuring data of fuel consumption and the summary of this thesis.</p> <p>As a result, some messages were found easily, but fuel consumption data was more difficult to find. Fuel consumption required a formula which contained the messages - intake manifold absolute pressure, vehicle speed, engine RPM and intake air temperature. Fuel consumption calculation was not easy to adjust. The results were good compared to the consumption which was showed on the car display.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Bluetooth, CAN, OBD
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Aplicomin toimeksiannosta. Työn ohjaajana toimi Arto Partanen Kajaanin ammattikorkeakoulusta ja valvojana Timo Härmälä Aplicomilta. Haluan kiittää heitä työni ohjaamisesta.

Haluan myös kiittää koulun ATJ-ryhmää, jolta sain tärkeitä neuvoja ja tietoja työharjoittelussa sekä työn suorituksen aikana. Kiitos kuuluu myös Joonalle Toloselle, joka antoi neuvon kysyä aiheetta Aplicomilta.

Kiitän myös Eero Soinista kieliasun ohjauksesta sekä Kaisu Korhosta englanninkielisen abstraktin ohjaamisesta.

Kajaanissa 2.5.2011

Jonne Pöllänen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 AJONEUVOVÄYLÄT JA LANGATON TIEDONSIIRTO	2
2.1 CAN-väylä	2
2.2 OBD	5
2.3 OBD2 PID	7
2.4 Bluetooth	8
3 OBD2 PID - JA POLTTOAINEENKULUTUSLASKENNAN KAAVAT	10
4 REPEAT-OHJELMA	12
5 BLUETOOTH-LAITTEET	13
5.1 Bluetooth-vikakoodinlukija ELM327	13
5.2 OBDLink OBD2 Scan Tool Kit with Bluetooth	13
5.3 OBDKey	14
5.4 Yhteenveto laitteista	15
6 OBD2-TIETOJEN LUKEMINEN CAN-VÄYLÄSTÄ	16
6.1 Kytkennät auton OBD-porttiin	20
6.2 Koodin suunnittelu	22
6.3 OBD2-tietojen kysely	23
6.4 Ohjelman toiminta	24
7 POLTTOAINEENKULUTUSMITTAUKSET	25
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
9 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	

LYHENNELUETTELO

CAN (Controller Area Network)

DLC (Data Length Code)

DTC (Diagnostic Trouble Code)

EDR (Enhanced Data Rate)

EOF (End of Frame)

EOBD (European On-Board Diagnostics)

ID (Identifier)

OBD (On-Board Diagnostics)

SAE (Society of Automotive Engineers)

SIG (Special Interest Group)

SOF (Start of Frame)

USB (Universal Serial Bus)

XML (eXtensible Markup Language)

1 JOHDANTO

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää auton OBD-viestejä, mitata polttoainenkulutusta ja tehdä teoreettista vertailua kolmen Bluetooth-linkin välillä. Insinööriyö tehtiin Aplicomille, joka on erikoistunut ajoneuvopäätelaitteisiin. Kajaanin ammattikorkeakoulun CarLab-tila on opiskelijoiden käyttöön tarkoitettu oppimisympäristö, jossa voi tehdä erilaisia sovelluksia Volkswagen Scirocoon.

OBD-järjestelmän ja CAN-väylän standardit on määritelty 1980-luvulla. Nämä järjestelmät tulivat eurooppalaisiin autoihin vuonna 2000. OBD-järjestelmä toimii yhteistyössä CAN-väylän kanssa. OBD-portin ja CAN-väylän kautta voidaan lähettää autolle kyselyitä esimerkiksi auton antureille, ja vastaukseksi saadaan tarkkaa tietoa. OBD:n avulla katsastajat tarkastavat auton vikakoodit, jos esimerkiksi auton moottorista tai muusta osiosta löytyy jotain vikaa. Tämän avulla he voivat myös katsoa autojen päästöt. OBD-järjestelmä on tehty ensisijaisesti säätämään auton päästöjä. Myöhemmin sitä hyödynnettiin diagnostiikkajärjestelmänä. Tänä päivänä melkein jokaisessa uudessa Euroopassa valmistetussa ajoneuvossa on vähintään yksi CAN-väylä.

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää kyselyviestit: auton nopeus, akun jännite, moottorin kierrosluku, imusarjan paine ja sisäänottolämpötila. Lisäksi tuli laskea polttoainenkulutus auton vastausviestien perusteella. Polttoainenkulutuksen laskemiseen tarvittiin seuraavia viestejä: moottorin kierrosluku-, auton nopeus-, imusarjan paine- ja sisäänottolämpötilatietoa. Myös auton happianturin (MAF) tietoa tarvittiin. Volkswagen Sciroccossa on kolme CAN-väylää ja OBD2-järjestelmä.

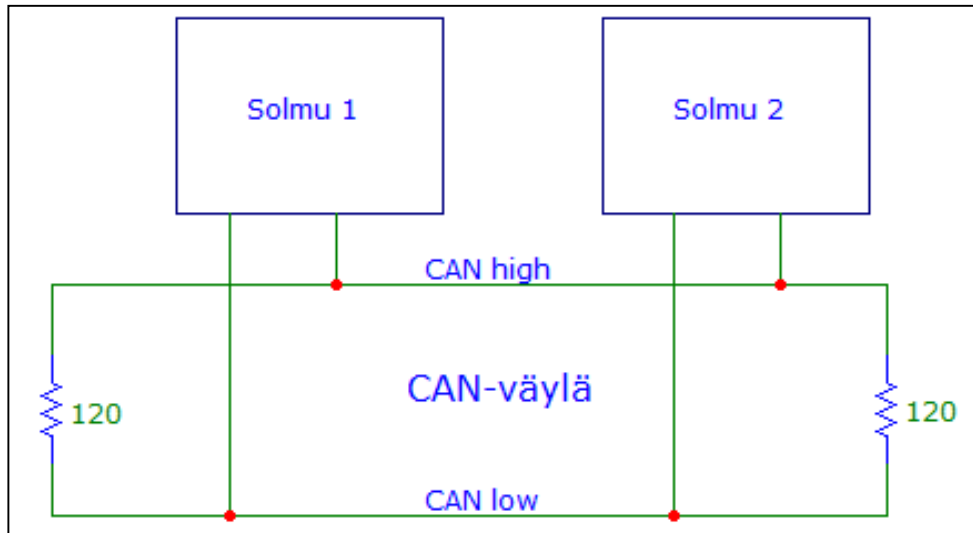
2 AJONEUVOVÄYLÄT JA LANGATON TIEDONSIIRTO

2.1 CAN-väylä

CAN (Controller Area Network) on digitaalinen sarjaliikenneväylärakenne, jonka Robert Bosch GmbH -yhtiö esitteli SAE-kongressissa vuonna 1986. Sitä käytetään ajoneuvoissa, koneissa ja teollisuuslaitteissa. CAN-väylä on kehitetty vähentämään ilmansaasteita ja tuomaan turvallisuutta sekä mukavuutta. CAN-väylällä voi ohjata esimerkiksi moottoria, jarruja, jousitusta, radiota ja valoja. CAN-väylän hyviä puolia ovat esimerkiksi johtojen määrän väheneminen, kaikkien antureiden tietojen välitysmahdollisuus kaikille väylän laitteille, ajoneuvon diagnosoinnin helpottuminen, uusien elektroniikkalaitteiden asentamisen helpottuminen järjestelmään, suuri valmistajamäärä, nopea tiedonsiirto ja se, että väylä on standardoitu ja luotettava. CAN-väylän huonoja puolia ovat muun muassa se, että väylä ei ole deterministinen, siirtonopeuden rajoittama väylän pituus, suurten datamäärien vaatima lisäprotokolla ja tunnisteen määräämisen prioriteetin aiheuttamat ongelmat sanomatunnisteiden jaossa. [1.] [2, s. 17.]

CAN-väylän fyysisellä kerroksella tarkoitetaan eri solmujen (laitteiden) välissä tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Sen topologia on bus-tyyppinen, eli väyläkaapeli kulkee jokaisen laitteen kautta ja päätetään päätevastuksilla, jos käytetään yli 250 kb/s nopeuksia. [3, s. 212.] [4, s. 3.] [5, s. 2.]

CAN-väylä voidaan rakentaa yksinkertaisimmillaan kahdesta kierretystä johtimesta, joiden välityksellä välitetään signaalit CAN high ja CAN low. Kuvassa 1 on kahden solmun muodostama väylä. Väylän solmut yhdistetään johdolla, jonka päihin laitetaan noin 120 ohmin päätevastus. Päätevastuksien tarkoitus on estää heijastumat väylän päistä. [4, s. 3.]



Kuva 1. Kahden solmun muodostama CAN-väylä.

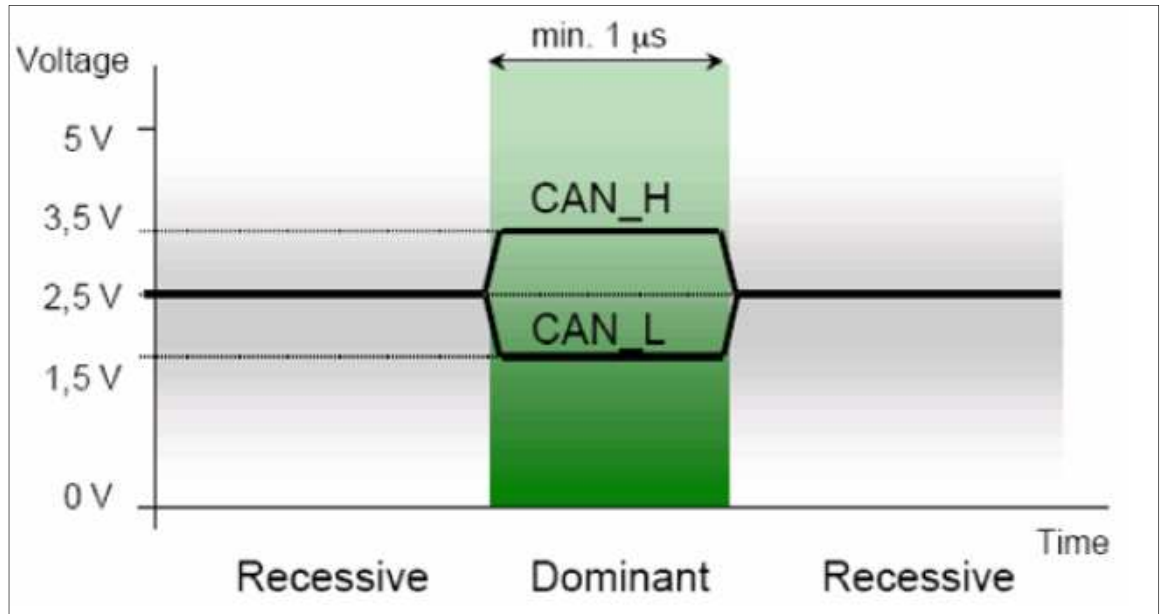
CAN-väylän fyysinen enimmäispituus määräytyy siirtotien aiheuttaman viiveen perusteella. Jos siirtonopeuden pitää olla suuri, niin johdon pituuden tulee olla lyhyt. Taulukossa 1 on esitetty siirtotien enimmäispituus eri datanopeuksilla. [4, s. 4.]

Taulukko 1. CAN-väylän datanopeudet eri johdon pituuksilla. [4, s. 4.]

Datanopeus	Enimmäispituus
1 Mb/s	30 m
800 kb/s	50 m
500 kb/s	100 m
250 kb/s	250 m
125 kb/s	500 m
62,5 kb/s	1 km
20 kb/s	2 km
10 kb/s	5 km

CAN-väylälle lähetettävän viestin alussa on sanomatunniste - ID-kenttä, jonka perusteella tietty laite osaa vastaanottaa viestin halutessaan. Viesti kulkee väylällä niin, että se on kaikkien laitteiden luettavissa. Tämä mahdollistaa helpon viestiliikenteen tarkkailun. Väylälle voidaan asentaa laite, joka vain tarkkailee viestiliikennettä ja kerää viestiliikenteen muistiin. Väylällä on dominantti tila, kun vähintään yksi solmu lähettää aktiivisesti 0:aa. Jos väylällä on resessiivinen tila, niin silloin mikään solmu ei lähetä mitään tai kaikki solmut lähettävät 1:tä.

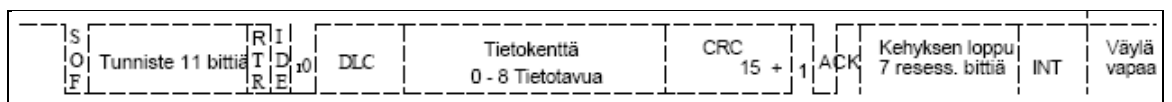
Kuvassa 2 näkyy CAN-väylän signaalitasot (high-speed CAN). High-speed CAN:in suurin sallittu siirtonopeus on 1 Mb/s, ja se on yleisin fyysinen kerros. Tämä on määritelty standardissa ISO 11898-2. [4, s. 2.] [6, s. 6–7.]



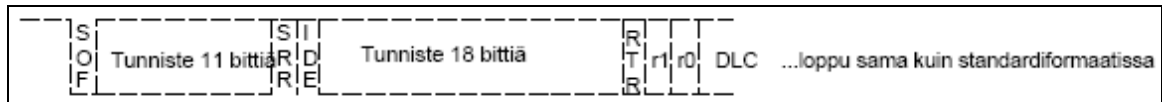
Kuva 2. CAN-väylän signaalitasot (high-speed CAN). [4, s.6 kuva 3.4.]

On myös olemassa autoteollisuudessa jonkin verran käytetty Fault-tolerant (vikasietoinen) CAN, joka toimii hetkellisesti CAN-high'n tai CAN-low'n avulla, ja single-wire (yksijohdin) CAN, jonka avulla tiedonsiirto tapahtuu vain CAN-high'n avulla. Näitä fault-tolerant- ja single-wire-väyliä ei tarvitse terminoida vastuksien avulla. [6, s. 8.]

Kehyksiä on kahdenlaisia: standardikehys (standard frame, CAN 2.0A, kuva 3) ja jatkettu kehys (extended frame, CAN 2.0B, kuva 4). Suurin ero on ID-kentän pituudessa; ensimmäiseksi mainitulla se on 11 bittiä ja toiseksi mainitulla 29 bittiä. Jatketun kehyksen etu on siinä, että sen avulla voidaan käyttää yli 500 miljoonaa eri sanomatunnistetta. [2, s. 11.] [3, s. 323.]

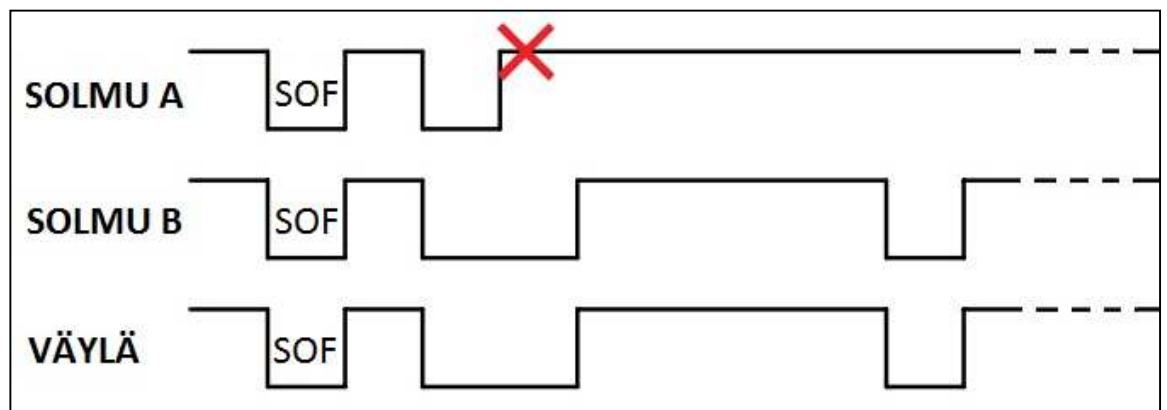


Kuva 3. Standardikehys. [2, s. 11.]



Kuva 4. Jatkettu kehys. [2, s. 11.]

ID: 11-bittinen tunnistekenttä viestikehykselle, jolla määritetään datakehysten prioriteetti. Jos lähetettäviä viestejä on kaksi, niin pienemmällä ID:llä varustettu viesti lähtee ensin. Eniten merkitsevä bitti lähetetään ensin. Kuvassa 5 on esimerkki tapahtumasta. Solmu A ja solmu B lähettävät yhtä aikaa viestin, solmu A häviää kilpavarauksessa, koska solmu B:n sanomantunniste on pienempi. [6, s. 10.]



Kuva 5. Esimerkki törmäystilanteesta.

DLC: 4 bittiä, jotka ilmaisevat, kuinka paljon datatavuja kehyksessä on. Sallitut arvot ovat 0:sta 8:aan. [6, s. 10.]

DATA: Sisältää DLC-kentän ilmaiseman määrän tavuja. [6, s. 10.]

2.2 OBD

OBD2-järjestelmät ovat nykypäivää uusissa ajoneuvoissa. 1970-luvun ja 1980-luvun aikana autojen valmistajat alkoivat käyttää elektroniikkaa apuna kontrolloidakseen moottorin toimintoja ja selvittääkseen moottoriongelmia. Vuonna 1988 autonvalmistajat hyväksyivät yleisen standardin, joka nimettiin OBD:ksi. Se otettiin ensimmäisenä käyttöön Kaliforniassa. Järjestelmä kehitettiin ensin vähentämään ajoneuvoista tulevia päästöjä. Myöhemmin

järjestelmällä voitiin lukea monenlaisia anturitietoja. OBD-järjestelmää käytetään nykyään hyödyksi katsastusasemilla, huoltamoilla ja kotona. [7.]

Ensimmäinen OBD-järjestelmä oli siinä mielessä huono, että jokainen autonvalmistaja teki järjestelmästä omiin tarkoituksiinsa sopivan version. Standardin määrittäminen ei ollut kovin tarkka, joten ensimmäinen OBD-versio epäonnistui. Ensimmäiset OBD-järjestelmät pystyivät vain ilmaisemaan MIL-signaalin (malfunction indicator light), jos vikoja löytyi. Vikojen alkuperää ei pystytty selvittämään. Ajan saatossa tekniikka kehittyi eteenpäin ja ensimmäisen OBD:n epäonnistuttua kehitettiin OBD2-standardia. Vuonna 1996 Yhdysvalloissa OBD2-standardi määrättiin pakolliseksi jokaiseen ajoneuvoon. [8.]

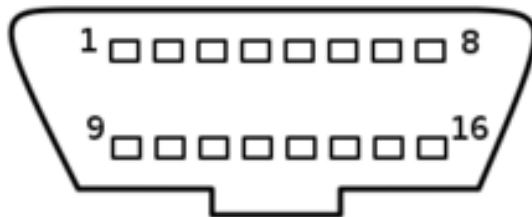
EOBD on periaatteessa sama kuin OBD2, mutta se on eurooppalainen standardi. Vuoden 2000 alussa jokaisen bensiinimoottorikäyttöisen ajoneuvon tuli tukea tätä standardia, ja vuonna 2003 tämä käytäntö tuli myös dieselmootoriajoneuvoihin (Euroopan unionin direktiivi 98/69/EC). [9.]

OBD2:n fyysisiä protokollia on viisi: SAE J1850 PWM, SAE 1850 VPW, ISO 9141-2, ISO 14230 KWP2000 ja ISO 15765 CAN. Kaikki OBD2-pinnijärjestykset käyttävät samaa DLC-liitintä, mutta pinnit ovat eri järjestyksessä, paitsi pinni 4 (ground) ja pinni 16 (Battery power) ovat aina samoja. [8.] [10.]

OBD2-järjestelmän liittimenä on 16-pinninen (2x8) J1962-liitin (kuva 9). Ensimmäinen OBD-versio sijaitsee yleensä moottoritilassa, ja OBD2-liitin sijaitsee yleensä lähellä rattia tai keskikonsolia. Standardi SAE J1962:n määrittelemät liittimen pinnit:

- Pinni 2: positiivinen väylä SAE-J1850:ssä.
- Pinni 4: korin maa.
- Pinni 5: signaalin maa.
- Pinni 6: CAN high ISO 15765-4:ssä.
- Pinni 7: K-linja ISO 9141-2:ssa ja ISO 14230-4:ssä.
- Pinni 10: negatiivinen väylä SAE-J1850:ssä.
- Pinni 14: CAN low ISO-15765-4:ssä.
- Pinni 15: L-linja ISO 9141-2:ssa ja ISO 14230-4:ssä.
- Pinni 16: pysyvä positiivinen jännite.

ODB2-järjestelmä löytyy nykyään kaikista uusista autoista. Se tutkii ja mittaa dataa koko ajan, kun sytytysvirta on kytkettynä tai auto on käynnissä. Tämän avulla auto voi ilmoittaa kojetaululla esimerkiksi jostain viasta. OBD:stä on hyötyä katsastusasemille, huoltamoille ja tavallisille käyttäjille. On olemassa OBD-testereitä, joilla voi tarkistaa esimerkiksi auton vikakoodit (DTC Codes) omatoimisesti. OBD-väylän dataan pääsee käsiksi kuvassa 6 olevan DLC-liittimen kautta. [8.]



Kuva 6. Naaras DLC-liitin. [8]

2.3 OBD2 PID

OBD2 PID (Parameter Identification number) -koodeilla voidaan tehdä kyselyitä autolle diagnostiikkatyökalun avulla. Koodit on määritelty SAE:n J1979-standardissa, ja niiden kuuluu olla kaikissa Pohjois-Amerikassa myydyissä autoissa vuodesta 1996 lähtien. PID-kyselyillä saadaan reaaliaikaista tietoa autolta ja myös DTC (Diagnostic Trouble Code) -tietoa. [11.]

Viimeisimmässä standardissa on kymmenen eri tilaa, joilla kuvataan toimintoja; esimerkiksi 01. reaaliaikaista tietoa, 03. talteen otettuja DTC-koodeja, 09. auton tietoja. Autonvalmistajia ei vaadita tukemaan kaikkia tiloja. Ne voivat lisätä mukaan omia tiloja. Esimerkiksi Ford/GM on lisännyt tilan 22 SAE J2190-standardista ja Toyota tilan 21. [8.] [11.]

2.4 Bluetooth

Bluetooth on avoin standardi, jonka avulla voidaan yhdistää laitteita langattomasti lähietäisyydellä. Bluetooth sai alkunsa vuonna 1994 ruotsalaisen Ericssonin tutkittua erilaisia menetelmiä, joilla saataisiin langaton tiedonsiirto matkapuhelimien ja niiden oheislaitteiden välille. Nimi Bluetooth tulee 900-luvulla eläneestä viikinkikuninkaasta Harald Blåtandista. 20.5.1998 Ericsson perusti Bluetooth SIG:n Nokian, IBM:n, Intelin ja Toshiba'n kanssa. Tarkoituksena oli luoda de facto -standardi, jotta useammat laitevalmistajat käyttäisivät sitä. Vuonna 2010 jäseniä oli yli 13000. Jäsenet ovat teleliikenne-, tietokone-, verkko- ja kuluttajaelektroniikan yrityksiä. [12.]

Bluetooth on langaton tiedonsiirtotekniikka, joka perustuu lyhyen kantaman radiotekniikkaan. Sen tarkoituksena on ollut korvata kaapelit matkapuhelinten, PC:n, tulostinten ja muiden oheislaitteiden välillä. Tällä tekniikalla voidaan korvata infrapunayhteyksiä, koska se on paljon toimintavarmempi ja monipuolisempi siirtotekniikka ja sitä eivät esteet häiritse, eli se ei tarvitse optista kontaktia laitteiden välillä. Bluetooth-teknologia myös mahdollistaa laitteiden autentikoinnin eli tunnistamisen ja tiedonsalauksen (kryptaus). [12.]

Bluetoothin ensimmäisen version tiedonsiirtonopeus oli 1 Mb/s. Bluetoothin 2.0-versioon tiedonsiirtonopeus saatiin nostettua tasolle 3 Mb/s EDR-laajennuksen avulla. Teknisesti versio 2.0 kuluttaa enemmän virtaa, mutta kolminkertainen tiedonsiirtonopeus vähentää virrankulutusta n. puoleen version 1.x laitteisiin verrattuna. Versio 2.0 sisältää myös uudistetun virheenkorjauksen ja se on alaspäin yhteensopiva kaikkien version 1.x laitteiden kanssa. Versio 3.0 nostaa tiedonsiirtonopeuden teoriassa jopa tasolle 24 Mb/s. [12.]

Bluetoothin lähetystehoja on kolmea eri luokkaa: luokan 1 (Class 1) 100 mW lähetysteholla päästään noin 100 metrin tiedonsiirtoetäisyyksiin, luokan 2 (Class 2) 2,5 mW lähetysteholla noin 10 metriin ja luokan 3 (Class 3) 1 mW lähetysteholla noin 1 metriin. Bluetoothin keskilähetystaajuus on 2,4 GHz. Tällä samalla 2,4 GHz taajuusalueella toimivat myös langattomat lähiverkot ja mikroaaltouunit. Ettei häiriöitä tulisi paljoa, käytetään hajaspektritekniikkaa hyödyksi. Protokolla operoi lisenssivapaalla ISM-taajuusalueella. [12.]

Bluetooth koostuu kolmesta osasta, jotka ovat radio-osa (Bluetooth-radio), radiolinkin hallintaosa (Link Controller) ja yhteydenhallinta (Link Manager). Samassa Bluetooth-

verkossa voi olla yhdistettynä kahdeksan eri laitetta. Tätä pienemmissä piconet-nimellä kutsutuissa verkoissa yksi laite toimii isäntänä ja toiset orjina. Laitteet voivat liittyä tai poistua verkosta vapaasti. [12.]

Bluetoothin yksi etu on, että laite voi olla yhdistettynä kahteen eri verkkoon yhtä aikaa. Tämän ominaisuuden avulla laitteita ja verkkoja voidaan ketjuttaa toisiinsa. Kun piconet-verkot yhdistyvät suuremmiksi, niitä kutsutaan scatternet-verkoiksi. [12.]

3 OBD2 PID - JA POLTTOAINEENKULUTUSLASKENNAN KAAVAT

OBD2-tietojen selvittämiseen tarvitaan seuraavia alla olevia kaavoja. Kaavoissa olevat kirjaimet A ja B tarkoittavat desimaaliarvoja ja ovat tiettyjen datakenttien arvoja.

Akun jännite lasketaan kaavalla 1.

$$(A * 256) + B / 1000 \quad (1)$$

Moottorin kierrosluku lasketaan kaavalla 2.

$$((A * 256) + B) / 4 \quad (2)$$

Sisäänottolämpötila lasketaan kaavalla 3.

$$A - 40 \quad (3)$$

Lambda-anturit eli happitunnistimet ovat tärkeässä asemassa auton polttoaineenkulutuksessa. Jos anturi on epäkunnossa, niin auton polttoaineenkulutus kasvaa. Anturin mittaamalla tiedolla säädetään moottoriin syötettävää ilma-bensiini-seosta. Lambda-anturi sijaitsee yleensä pakoputkiston alkupäässä, ja se mittaa auton pakokaasuista polttoainehappi-suhdetta (AFR, Air-Fuel Ratio). Lambdan oletusarvoksi on valittu 1, ja tämä perustuu täydelliseen polttoaineen palamissuhteeseen: 1 kg polttoainetta tarvitsee 14,7 kg ilmaa palaakseen täydellisesti. AFR:n arvon ollessa 14,7 lambda-arvoksi tulee yksi. Anturin tieto lähetetään moottorinohjausyksikölle, joka säättää polttoainehappi-suhdetta sen mukaan. [13.]

Polttoaineenkulutuksen laskemiseen tarvitaan MAF-anturin (Mass Air Flow) - ja auton nopeustiedot. MAF-anturi mittaa ilmapainetta virtausta moottorin läpi. Tämän tiedon avulla moottori osaa syöttää oikean määrän polttoainetta ilman sekaan. Jos autossa ei ole MAF-anturia, niin sen tieto voidaan laskea Bruce Lightnerin kehittämällä kaavalla. Anturitiedon laskemiseen tarvitaan moottorin kierrosluku- (RPM), imusarjanpaine- (MAP), auton nopeus- (VS) ja sisäänottolämpötilatietoja (IAT). Kaavassa käytetään ideaalikaasulain perusteita.

$$MAF = \frac{RPM * \frac{MAP}{IAT}}{120} * \frac{VE}{100} * ED * \frac{MM}{R}, \quad (4)$$

missä MAF on mass air flow (virtaussensori, g/s), RPM on engine rpm (moottorin kierrosluku, r/min), MAP on manifold absolute pressure (imusarjan paine, kPa), IAT on intake absolute temperature (sisäänottolämpötila, °C), VE on volumetric efficiency (tilavuuden tehokkuus mitattuna prosentteina, %), ED on engine displacement (moottorin tilavuus, l), MM on ilman moolimassa (28.97 g/mol) ja R on kaasuvakio (8.314 J/mol/K). [14.]

Seuraavaksi MAF-anturin arvo sijoitetaan Bruce Lightnerin kaavaan, jossa polttoaineenkulutus lasketaan MPG:nä (Miles per gallon).

$$MPG = \frac{14,7 * 6,17 * 454 * (VS * 0,621371)}{\frac{3,600 * MAF}{100}} = 71,07 * \frac{VS}{MAF}, \quad (5)$$

missä 14,7 on ilma/polttoainesuhde (14,7 grammassa ilmaa on 1 g polttoainetta), 6,17 on polttoaineen tiheys grammoina per gallona, 454 on painon muunto paunaan, 0,621371:llä muutetaan auton nopeus km/h:sta mph:iin, 3600:lla muutetaan kulutus GPH (Gallons per hour) ja 100:lla muutetaan lopputulos MPG:ksi. [15.]

MPG-yksikkö muutetaan yksikköön l/100km seuraavalla kaavalla.

$$Polttoaineenkulutus \left(\frac{l}{100km} \right) = \frac{235,2}{71,07 * \frac{VS}{MAF}}, \quad (6)$$

missä VS on vehicle speed (auton nopeus, km/h), ja jakamalla 235,2:lla muutetaan polttoaineenkulutus l/100km yksikköön.

Poltoaineenkulutuksen mittaustulosten vertailussa käytetään korrelaatiota. Korrelaatio kuvaa kahden muuttujan välistä riippuvuutta. Korrelaatiokerroin tarkoittaa muuttujien arvoista laskettua korrelaatiota. Korrelaatiokerroimen ollessa 1 muuttujien välillä on täydellinen lineaarinen riippuvuus, ja kertoimen ollessa 0 muuttujien välillä ei ole lineaarista riippuvuutta. Korrelaatiokerroin ei riipu käytetyistä yksiköistä. Alapuolella on Pearsonin korrelaatiokerroimen laskukaava.

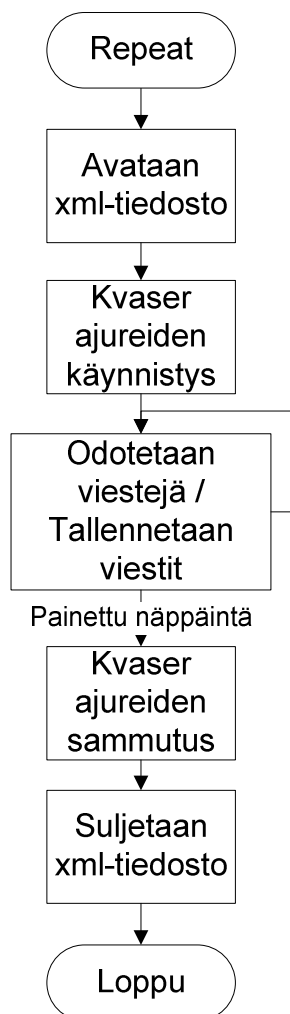
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n s_x s_y}, \quad (7)$$

missä n on lukuparien x_i ja y_i lukumäärä, s_x ja s_y ovat muuttujien x ja y keskihajonnat, ja \bar{x} ja \bar{y} ovat muuttujien x ja y keskiarvot. [16.]

4 REPEAT-OHJELMA

Repeat-ohjelmaa käytettiin pohjana oman ohjelman kirjoituksessa. Repeat-ohjelman tarkoitus on tallentaa viestiliikenne xml-tiedostoon. Se on eräänlainen CAN-viestiprotokollaanalysaattori.

Ohjelman alussa avataan xml-tiedosto viestien tallentamista varten. Kvaserin ajurin käynnistämisen jälkeen odotetaan viestejä ja viestin tullessa tallennetaan se xml-tiedostoon. Xml-tiedostoon kirjoitetaan viestien sanomatunniste (ID), datakentän pituus (DLC), data ja viestin suoritusajan hetki. Viestien suoritusajan hetkistä voidaan laskea viestien väliset viiveet. Ohjelma keskeytyy painamalla jotain näppäintä, jolloin Kvaserin ajurit sammutetaan ja xml-tiedosto suljetaan. Ohjelman toiminta on kuvattu alla olevassa kuvassa 7.



Kuva 7. Repeat-ohjelman toiminta vuokaaviossa.

5 BLUETOOTH-LAITTEET

Bluetooth-laitteiden vertailu on tehty työnantajan toiveesta. Langattomaan viestien lähetykseen Bluetoothin avulla tarvitaan yksinkertaisimmillaan Bluetooth-laite sekä auton OBD-porttiin että tietokoneen USB-porttiin ja ohjelma, jolla lähetetään kyselyjä autolle. Alapuolella on tehty teoreettista vertailua kolmesta kaupallisesta Bluetooth-laitteesta.

5.1 Bluetooth-vikakoodinlukija ELM327

ELM327-laite (kuva 8) on diagnosointityökalu, jossa käytetään ELM327-piirisarjaa. Laite tukee uuden sukupolven CAN-protokollaa, eli se on yhteensopiva kaikkien vm. 1996 ja sitä uudempien autojen standardien kanssa. Mukana tulee ohjelmisto, jolla pystytään katsomaan reaaliaikaista tietoa moottorin antureilta.



Kuva 8. ELM327 Bluetooth-laite.

5.2 OBDLink OBD2 Scan Tool Kit with Bluetooth

OBDLink-laite (kuva 9) sisältää Bluetooth-lähettimen sisäänrakennettuna, ja sen voi yhdistää Bluetooth-yhteydellä varustettuun kannettavaan tietokoneeseen langattomasti. Laite tukee kaikkia OBD2-liitännän ajoneuvoja (vm. 1996 alkaen) ja se on yhteensopiva ELM327-pohjaisten diagnostiikkaohjelmien kanssa. Laite sisältää myös sisäänrakennetun skannaustyökalun.



Kuva 9. OBDLink-laitteen toimintaympäristö.

5.3 OBDKey

OBDKey-laite (kuva 10) sisältää 2-luokan (kantomatkalla 10 m) Bluetooth-lähettimen. Se toimii kaikissa OBD2-järjestelmän sisältävissä ajoneuvoissa. Laite on saatavilla myös itsenäisenä ajoneuvon tiedonkerääjänä, jolloin ei tarvita tietokonetta tai muuta tiedonkeräävää laitetta. Mukana tuleva ohjelmisto toimii tietokoneissa, kämmentietokoneissa ja matkapuhelimissa, joissa on Bluetooth-yhteys.



Kuva 10. OBDKey-laite.

5.4 Yhteenveto laitteista

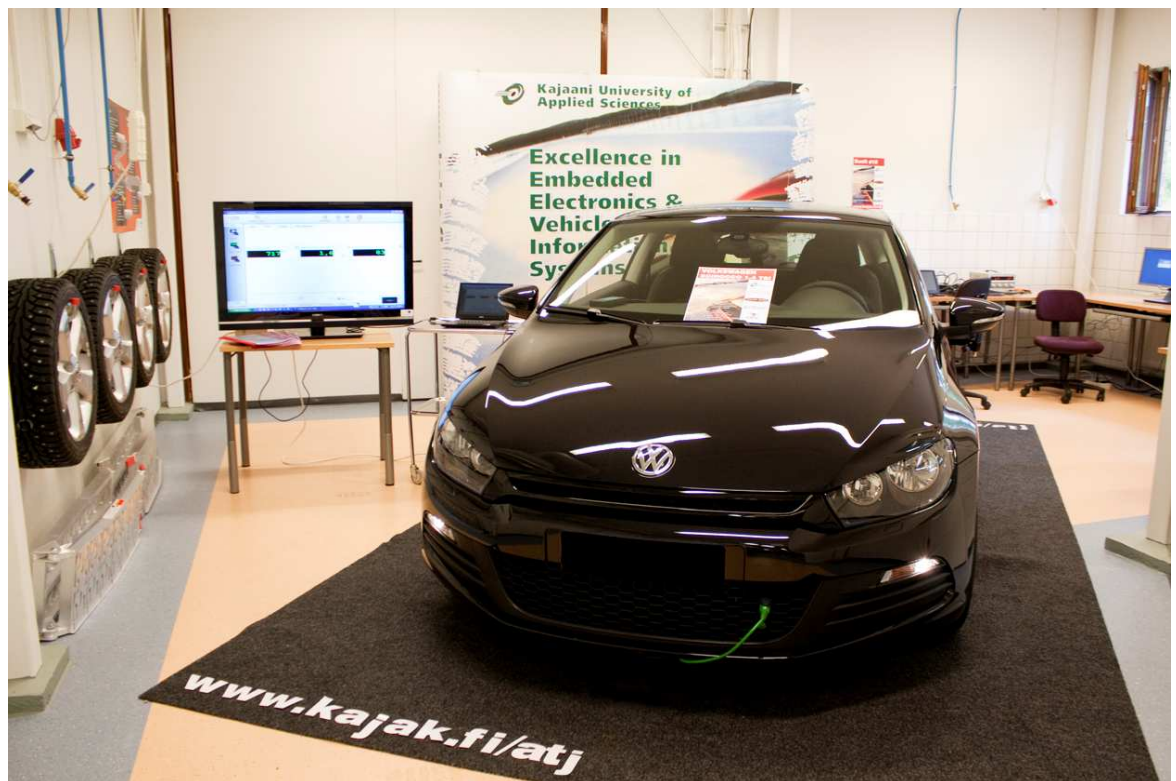
Nämä markkinoilla olevat Bluetooth-laitteet ovat varsin samanlaisia. Ne tukevat samoja protokollia, toimivat esimerkiksi Bluetooth-yhteydellä varustetulla kannettavalla tietokoneella tai älypuhelimella ja tukevat diagnostiikkaohjelmistoja. ELM327- ja OBDKey-laitteet sisältävät 2-luokan Bluetoothin, jonka kantomatka on noin 10 metriä. OBDLink-laite sisältää 1-luokan Bluetoothin, jonka kantomatka on noin 100 metriä. Kaikki laitteet ovat aika samanvertaisia, paitsi OBDLink-laitteessa kantomatka on suurempi kuin toisissa laitteissa. Taulukkoon 2 on koottu laitteiden eri ominaisuuksia.

Taulukko 2. Bluetooth-laitteiden vertailua.

Laite	ELM3237	OBDLink	OBDKey
Toiminnot	vikakoodit, I/M-readiness -toiminto (Inspection/Maintenance päästöttestaus), MIL-valon sammutus	vikakoodit, reaaliaikainen tieto, MIL-valon sammutus	vikakoodit, reaaliaikainen tieto
Protokollat	SAE-1850 PWM ja VPW, KWP2000 (ISO-14230-4), ISO-9141, ISO 9141-2, CAN BUS (ISO-15765-4), SAE J2480-CAN-BUS, SAE J1939 CAN	ISO 15765-4 (CAN), ISO 14230-4 (KWP2000), ISO 9141-2 (aasialaiset-, eurooppalaiset-, Chrysler-ajoneuvot), J1850 VPW (GM-ajoneuvot), J1850 PWM (Ford ajoneuvot)	ISO 14229, ISO 14230, ISO 9141, KWP 2000, KW1281, SAE J1850 PWM ja VPW, CAN
Tuetut ohjelmat	voidaan käyttää tietokoneessa	voidaan käyttää tietokoneessa	voidaan käyttää tietokoneessa, kämmentietokoneissa, älypuhelimissa
Bluetooth-luokka	2 (kantomatka 10 m)	1 (kantomatka 100 m)	2 (kantomatka 10 m)

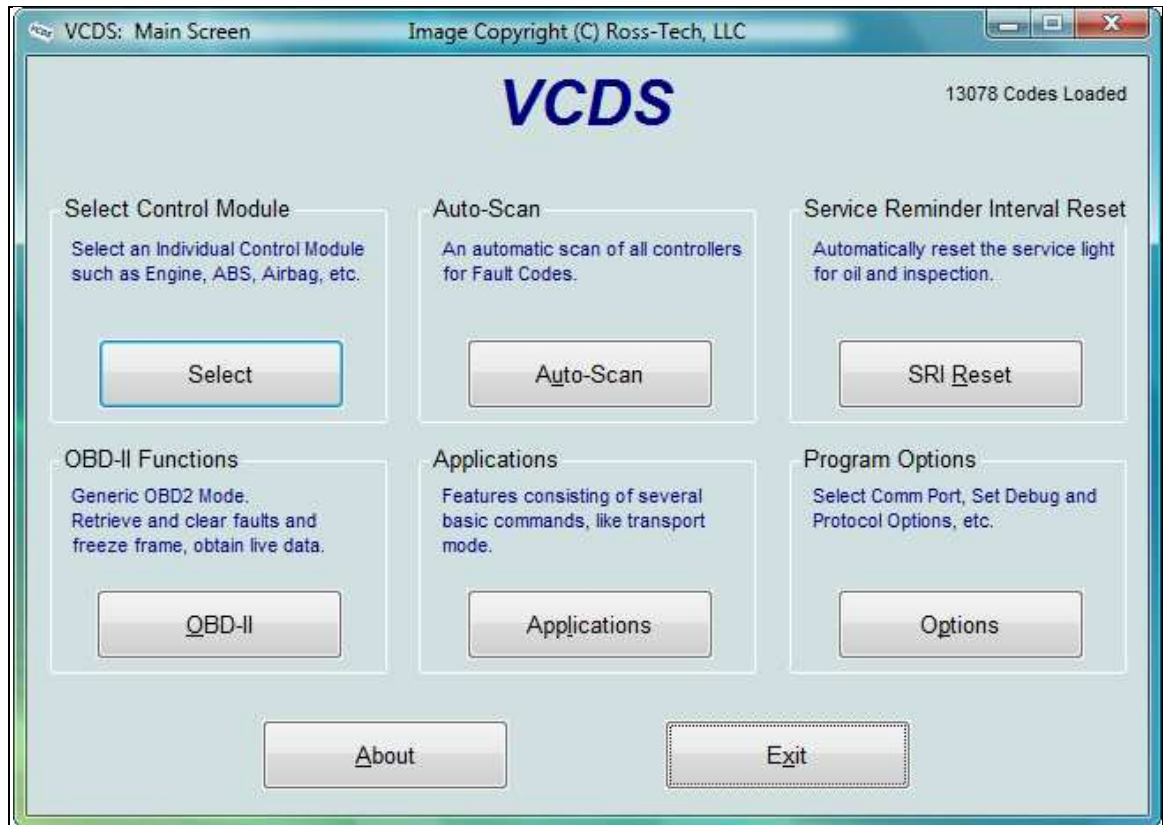
6 OBD2-TIETOJEN LUKEMINEN CAN-VÄYLÄSTÄ

Käytössä oli vm. 2009 Volkswagen Scirocco -henkilöauto (kuva 11), jossa oli CAN-väylä sekä OBD-diagnostiikkaportti. Auto sijaitsee Kajaanin ammattikorkeakoulun CarLab-tiloissa. Auton ja muiden välineiden avulla oli mahdollista tutkia ajoneuvoväylän liikennettä. Autossa on käytössä ISO 15765 CAN -standardi OBD-portille. Pinnit 6 - CAN high, 14 - CAN low, 4 - korin maa ja 5 - signaalin maa olivat käytössä.



Kuva 11. Volkswagen Scirocco ja CarLab-tila.

VAG-COM on Windows-pohjainen diagnostiikkaohjelmisto, jonka yhdysvaltalainen Ross-Tech-yritys on kehittänyt. Se toimii VAG-konsernin automerkeissä (Volkswagen, Audi, Seat ja Skoda), joissa on OBD-portti. Ohjelmistolla on yli 12000 vikakoodin tietokanta, jonka avulla se kertoo tietyn vikaselvityksen. Sillä voidaan esimerkiksi tarkastaa vikakoodit ja poistaa ne, tarkastaa akun jännite ja auton lämpötila. Tämän lisäksi sillä voidaan tehdä erilaisia testejä, esimerkiksi auton keskuslukituksen toiminta, peilien kääntäminen ja vilkkujen toiminta. Kuvassa 12 on VCDS (VAG-COM Diagnostic System) -ohjelman päävalikko, josta valitaan haluttu toiminto. [17.]



Kuva 12. VCDS-ohjelman päävalikko.

Kvaser on ruotsalainen yritys, joka tarjoaa asiakkailleen CAN-väylän tutkimiseen tarvittavia laitteita. Kvaser USBcan Professional -laitteessa (kuva 13) on kaksi kanavaa, jotka voidaan yhdistää CAN-väylään esimerkiksi OBD-portin kautta. Kanavien siirtonopeus on 10 kb/s – 1 Mb/s, ja laite voi lähettää jopa 40000 viestiä sekunnissa. Se tukee CAN 2.0A- ja CAN 2.0B -standardeja. Kvaser yhdistetään tietokoneeseen USB-liitännällä ja CAN-väylään 9-pinnisen D-liittimen avulla. Se on työkalu CAN-väylän viestien tutkimiseen ja lähettämiseen. Laitetta tukee Kvaser CanKing -ohjelma, jolla voidaan seurata viestiliikennettä. [18.]

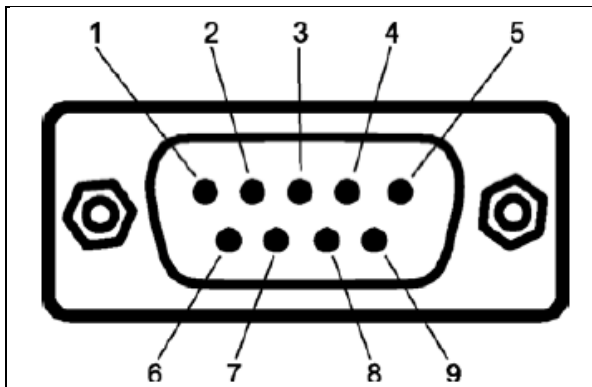


Kuva 13. Kvaser USBcan Professional -laite. [18]

D-liittimen (kuva 14) pinnijärjestys on seuraavanlainen:

- Pinni 2: CAN low.
- Pinni 3: Ground (maa).
- Pinni 5: Shield.
- Pinni 7: CAN high.

Muita pinnejä ei tarvitse kytkeä mihinkään, ja pinni 5 on vaihtoehtoinen.



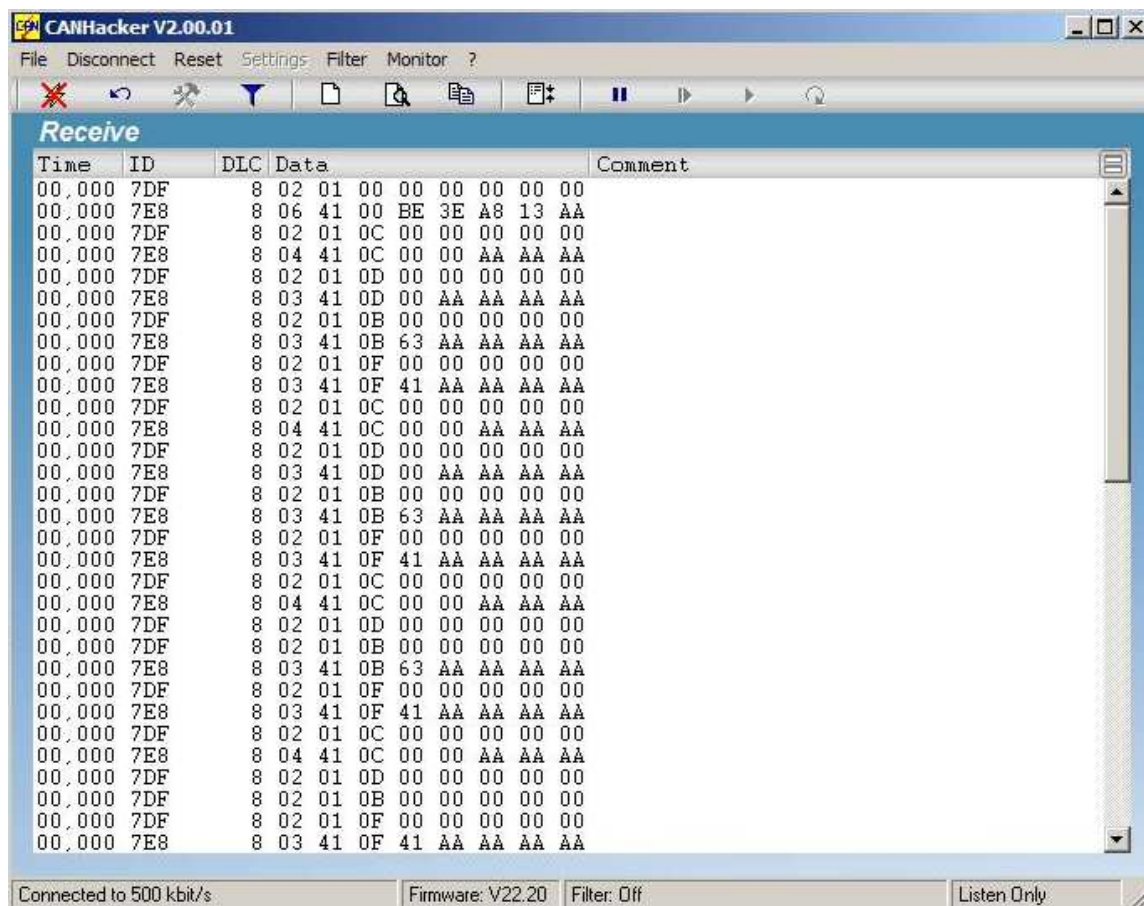
Kuva 14. D-liittimen pinnijärjestys. [18]

OBD-DIAG AGV4500 (kuva 15) on Saksassa valmistettu diagnostiikkalaite, jolla voidaan tarkkailla CAN-väylän viestiliikennettä tai lukea auton vikakoodit ja poistaa ne OBD-portin kautta. Sitä voidaan käyttää joko tietokoneessa USB-liitännän kautta tai ilman tietokonetta. Laitteen kanssa voi käyttää esimerkiksi CANHacker-ohjelmaa. [19.]



Kuva 15. OBD-DIAG AGV4500 -laite. [19]

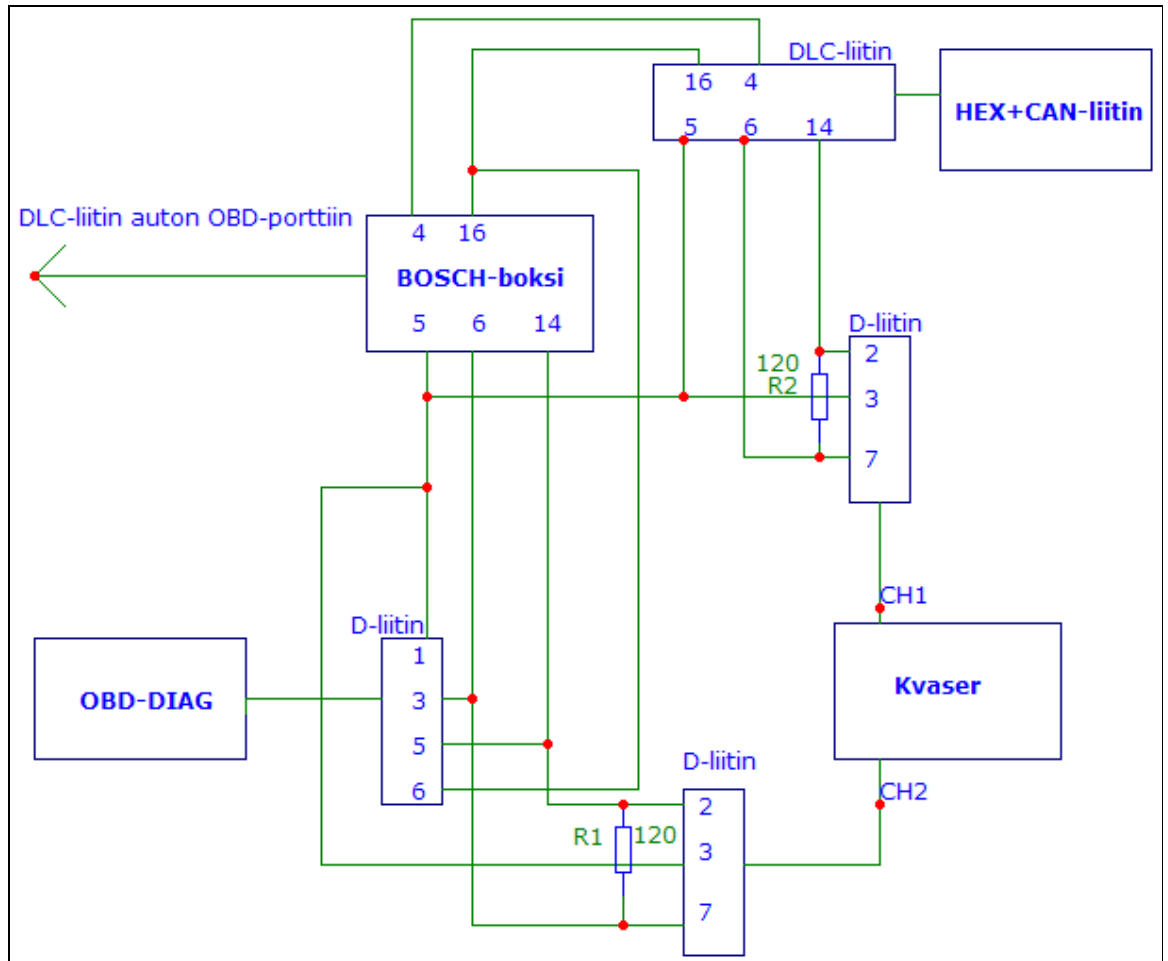
CANHacker on ilmaiseksi jaossa oleva ohjelma, ja se todettiin toimivaksi CarLab-tiloissa. Sillä voidaan lähettää viestejä CAN-väylään tai tallentaa auton viestiliikennettä myöhempää tutkimusta varten. Ohjelma tukee OBD-DIAG-laitteita. Ohjelmalla on hyvä tutkia, löytyykö viestiliikenteestä jotain ylimääräisiä viestejä. Kuvassa 16 on CANHacker-ohjelmalla kaapattua CAN-väylän viestiliikennettä autosta. ID 7DF:llä varustetut viestit ovat kyselyviestejä ja ID 7E8:n viestit ovat vastausviestejä. Esimerkiksi viestillä 02 01 0C 00 00 00 00 00 kysytään moottorin kierroslukutietoa ja vastaukseksi saadaan 02 01 0C XX XX AA AA AA (XX XX -datakentät sisältävät tiedon).



Kuva 16. CANHacker-ohjelman ulkoasu.

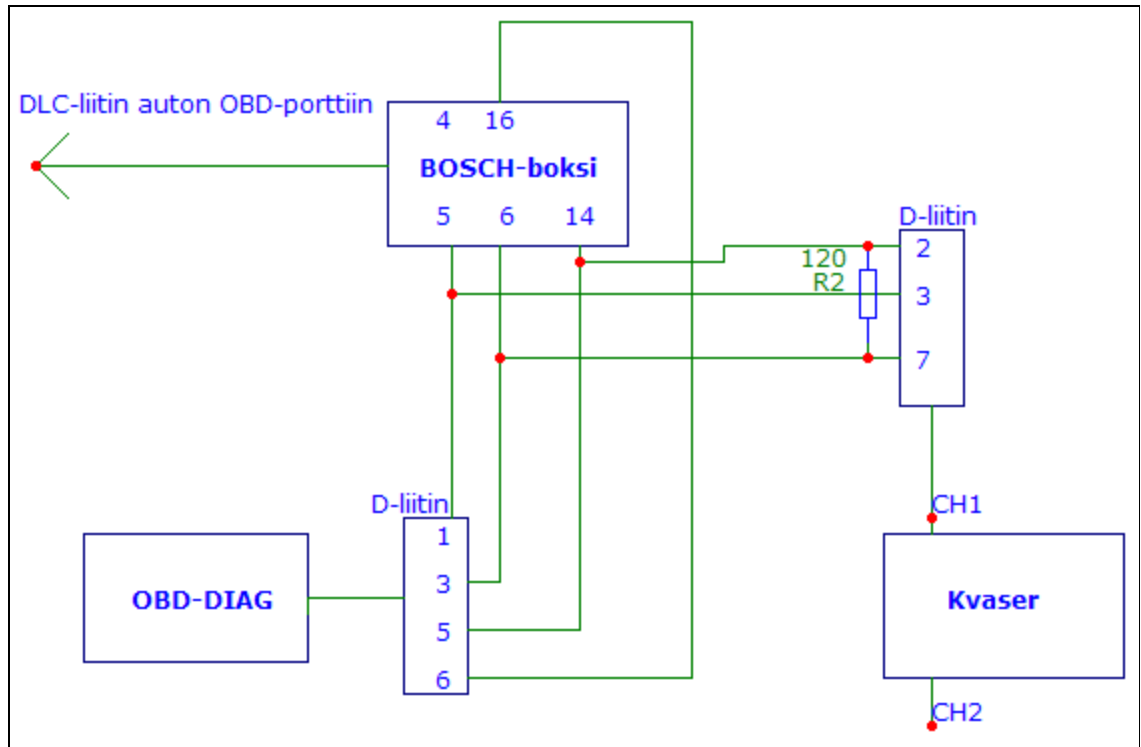
6.1 Kytkenät auton OBD-porttiin

Käytössä oli kannettava tietokone, jonka USB-portteihin Kvaser-, OBD-DIAG- ja HEX+CAN-laitteet oli kytketty. HEX+CAN-johto on kaupallinen tuote, jonka toisessa päässä oli USB- ja toisessa uros-DLC-liitin. BOSCH-boksi oli liitettyä auton OBD-porttiin. Kuvassa 17 on protokollan tutkimiskytkentä, jolla Kvaserin kaksi kanavaa yhdistettiin. Kuvassa 18 on yksinkertainen viestien lähetyskytkentä, jolla ainoastaan lähetetään viestejä.



Kuva 17. Protokollan tutkimiskytkentä.

Protokollan tutkimiskytkennän ohjelmallinen toimintatapa oli seuraavanlainen: Repeat-ohjelma käynnistettiin ja sitten VCDS-ohjelmalla tehtiin kyselyitä. Kyselyviesti meni HEX+CAN-johdon kautta Kvaserin 1. kanavalle. Kvaserin 2. kanavan kautta viesti eteni BOSCH-boksille, josta se meni auton OBD-porttiin. Jos autolta tuli vastausviesti, niin viesti palasi juuri päinvastaista reittiä pitkin takaisin tietokoneelle. OBD-DIAG-laite oli välissä tarkkailemassa viestiliikennettä. Ohjelman avulla saatiin selville tarvittavat viiveet kyselyviestien välillä. Repeat-ohjelma yhdistää Kvaserin kaksi kanavaa.



Kuva 18. Viestien lähetyssytkentä, johon on kytketty OBD-DIAG.

Viestien lähetyssytkentä on tarkoitettu nimensä mukaisesti viestien lähetykseen ja viestiliikenteen tutkimiseen. CANHacker-ohjelmalla pystytään seuraamaan viestiliikennettä. Oma viestiliikennettä vertailtiin VCDS-ohjelmasta saatuihin viesteihin. OBD-DIAG-laite ei ole pakollinen kytkennässä.

6.2 Koodin suunnittelu

Koodin kirjoittamiseen käytettiin Microsoft Visual Studio 2008 -ohjelmaa ja siinä käytettiin C++-kieltä. Koulun CarLab-tiloissa oli tehty alustava pohjakoodi, jota ryhdyttiin kehittämään eteenpäin. Koodiin tehtiin aliohjelmaa, joita käytettiin kyselyviestien lähetykseen, tietojen laskemiseen ja vastausviestien tarkkailuun. Kyselyviestien tutkimiseen käytettiin alkuvaiheessa protokollan tutkimiskytkennän kanssa Repeat- ja VCDS-ohjelmaa, ja loppuvaiheessa viestien lähetyssytkentää.

Volkswagen Sciroccolta saatavat tiedot saatiin selville VCDS-ohjelman kautta. VCDS-ohjelmassa oli OBDII-valikko, josta pystyi valitsemaan erilaisia mittaustietoja. Auton

valmistajalla voi olla järjestelmään piilotettuja mittaustietoja, jotka ovat vain sen tiedossaan ja joita VCDS-ohjelma ei näytä.

Tässä työssä tutkittavana olivat PID:t 11 (imusarjan paine), 12 (moottorin kierrosluku), 13 (auton nopeus), 15 (sisäänottolämpötila) ja 66 (akun jännite). Volkswagen Scirocon PID:t ovat melko yhtenäisiä SAE:n standardin J1979 kanssa.

Työ suunniteltiin suoritettavaksi seuraavalla tavalla: Kyselyviestit selvitetään yksi kerrallaan, kunnes kaikki olivat selvitettyinä. Tämän jälkeen kaikki kyselyviestit lisätään koodiin ja katsotaan, tuleeko autolta oikeita vastauksia.

6.3 OBD2-tietojen kysely

Seuraavaksi kyseltiin dataa antureilta: polttoaineenkulutus, moottorin kierrosluku, akun jännite ja ajoneuvon nopeus. Käytettiin protokollan tutkimiskytkentää ja VCDS-ohjelmassa (kuva 12) mentiin OBDII-valikkoon ja valittiin tarvittavat mittaustiedot: PID 11 Intake Manifold Absolute Pressure, PID 12 Engine RPM, PID 13 Vehicle Speed, PID 15 Intake Air Temperature ja PID 66 Control Module Voltage. Näiden mittausten kysely- ja vastausviestit saatiin selville sekä CANHacker-ohjelman että Repeat-ohjelman avulla. Kysely-, vastausviestit ja viestien viiveet tulivat talteen xml-tiedostoon. Kysely- ja vastausviestit olivat heksamuodossa xml-tiedostossa. Ohjelman viiveet olivat todella tärkeitä, sillä jos viiveitä ei ollenkaan asetettu, ohjelma ei toiminut. Kyselyviestien lähetyksen jälkeen piti asettaa pieniä viiveitä, jotta auton vastausviestit tulivat perille.

Moottorin kierroslukutieto tuli kahdesta datakentästä, ja siihen tarvittiin kaava 2, jonka avulla se laskettiin. Ajoneuvon nopeustieto löytyi yhdestä datakentästä, joka näytti suoraan auton nopeuden heksamuodossa. Akun jännitetieto poimittiin kahdesta datakentän arvosta, ja sen laskemiseen käytettiin kaavaa 1. Sisäänottolämpötila laskettiin yhdestä datakentästä kaavalla 3. Polttoaineenkulutustieto oli monimutkaisempi selvittää, sillä sitä ei saatu suoraan miltään anturilta. Se täytyi laskea anturitietojen avulla. Sciroccossa ei ollut MAF-anturia, joten sen lukuarvo laskettiin kaavalla 4. Kaavoissa tarvittiin imusarjan painetta (PID 11), sisäänottolämpötilaa (PID 15), moottorin kierroslukua (PID 12) ja auton nopeutta (PID 13). Loput muuttujat määritettiin ohjelmaan valmiiksi muuttujiksi.

6.4 Ohjelman toiminta

Polttoaineenkulutuksen laskenta -ohjelma on kehitelty Repeat-ohjelman koodin pohjalta. Pääohjelma sisältää Kvaser-ajureiden käynnistämisen, sammuttamisen ja kutsun `PID_kysely()`-aliohjelmaan, jossa lähetetään kyselyviestejä.

`PID_kysely()`-aliohjelmassa lähetetään ensimmäisenä OBD2-viesti, ja sen jälkeen on 50 ms viive. Sen jälkeen tulee while-silmukka, jossa lähetetään vuorotellen `Send(BatteryVoltage)` - akunjännite-, `Send(EngineRPM)` - moottorin kierrosluku-, `Send(VehicleSpeed)` - auton nopeus-, `Send(MAP)` - imusarjan paine- ja `Send(AbsoluteTemperature)` - sisäänotto- lämpötilan-kyselyviestejä. Jokaisen kyselyviestin lähetyksen jälkeen kutsutaan `Read_PID_Response()`-aliohjelmaa, joka tarkkailee vastaanotettujen viestien `data[2]`-kentän arvoja. Arvot ovat desimaalimuodossa tullessaan autolta.

Esimerkiksi `data[2]`-kentän arvolla 42 kutsutaan `Read_BatteryVoltage()`-aliohjelmaa, joka laskee akun jännitteen kaavalla 1 ja tulostaa tiedon. `Data[2]`-kentän arvolla 0C kutsutaan `Read_RPM()`-aliohjelmaa, joka laskee moottorin kierrosluvun kaavalla 2 ja tulostaa tiedon.

Silmukan lopussa on myös if-lause, joka tarkkailee moottorin kierrosluku-, imusarjan paine- ja sisäänottolämpötila-tietoja. Jos kaikki edellä mainitut tiedot ovat suurempia kuin nolla, niin kutsutaan `Calculate_FuelConsumption()`-aliohjelmaa, joka laskee polttoaineenkulutuksen ja tulostaa sen näytölle. Ensin MAF-anturin lukuarvo laskettiin kaavalla 4, polttoaineenkulutus saatiin MPG-yksikössä kaavalla 5 ja l/100 km kaavalla 6.

Jos if-lauseen jokin mainituista arvoista on 0, niin tulostetaan ”Dataa ei saatavilla”. Ohjelman pääkohtainen suoritus on kuvattu liitteen 1 vuokaaviossa.

7 POLTTOAINEENKULUTUSMITTAUKSET

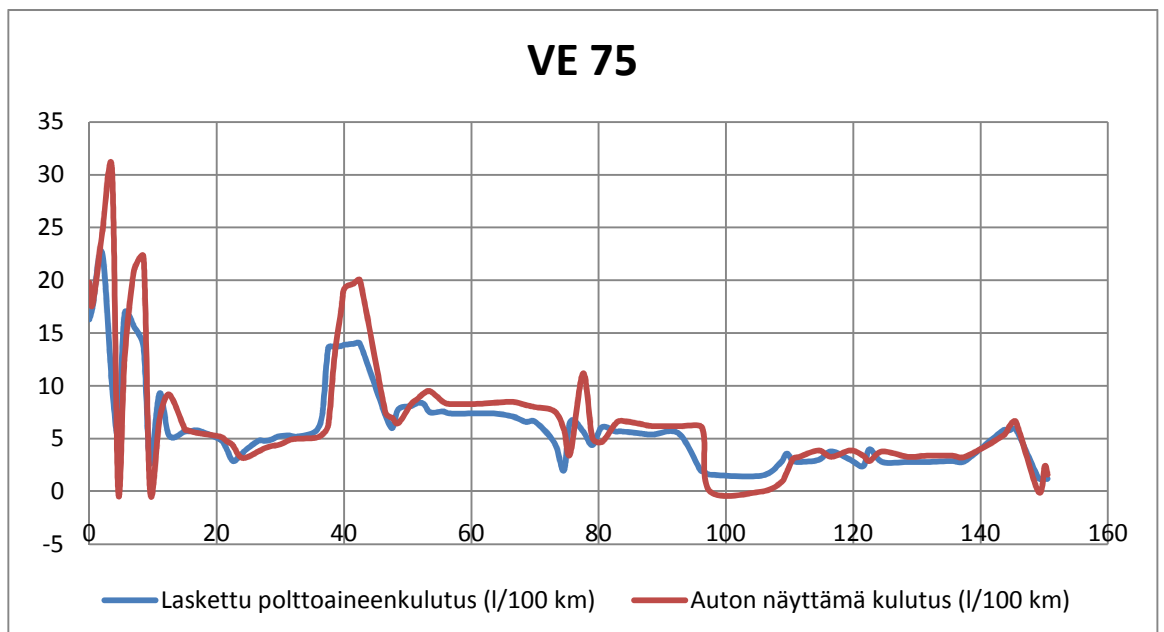
Mittaukset suoritettiin työn loppuvaiheessa. Ohjelman laskemaa polttoainenkulutusta verrattiin auton ajotietokoneen näyttämään kulutukseen. Auton ajotietokone laskee kulutusta luultavasti useiden muuttujien arvojen keskiarvona, koska se päivittyy noin 1 sekunnin välein. Auto näytti kulutuksen oletuksena muodossa l/100 km, mutta polttoainenkulutuksen esittämisen muotoon oli myös muita vaihtoehtoja. Auton nopeusmittari alkoi poiketa todellisesta arvosta jonkin verran, kun ajettiin noin 80–100 km/h. Esimerkiksi mittarin näyttäessä noin 100 km/h auton sisäisestä väylästä nopeus näytti noin 93 km/h.

Mittaustulosten tallentamiseen tehtiin seuraavanlaiset toimenpiteet: kaksi webkameraa kuvaamaan auton kierrosluku- ja nopeusmittareita ja näyttöä, joka näytti auton laskeman polttoainenkulutuksen. Webkamerat kytkettiin kannettavaan tietokoneeseen. Kannettavaan asennettiin kaksi ohjelmaa: Active WebCam demo, jolla pystyttiin näyttämään kahden webkameran kautta kuvaa, ja CamStudio (kuva 19), jolla pystyttiin nauhoittamaan työpöydän kuvaa, samalla webkameroiden näyttämää kuvaa ja oman ohjelman laskemaa polttoainenkulutusta. Työpöydällä käynnistettiin oma ohjelma, joka kyseli autolta laskemiseen tarvittavat tiedot, kävi laskutoimitukset läpi ja tulosti lasketun kulutuksen näytölle. Kvaser-laite kytkettiin kannettavan USB-liitännän ja auton OBD-portin välille edellä mainitun viestien lähetyssykennän perusteella, jotta omalla ohjelmalla voitiin lähettää kyselyitä. Kun testiympäristö oli valmis, sitä testattiin käynnistämällä auto, käynnistämällä oma ohjelma ja CamStudio-ohjelma, joka nauhoitti mittaukset.



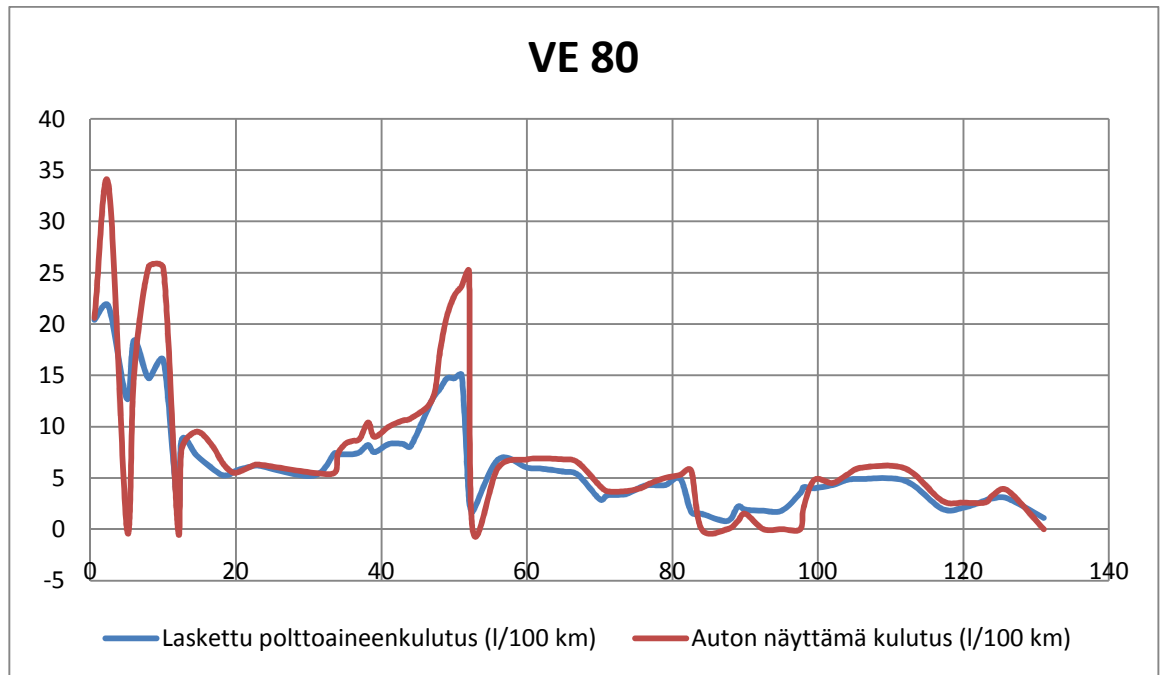
Kuva 19. Mittauksesta otettu kuva. Laskettu polttoainenkulutus näyttää noin 10 l/100 km.

Mittauksia tehtiin kaksi kappaletta jokaisella VE:n arvolla (75, 80, 85, 90 ja 95). VE:n arvolla 75 tehtyjen mittausten korrelaatiokertoimeksi (kaava 7) tuli noin 0,847. Kuva 20 on piirretty mittaustuloksista. X-akselilla on aika sekunteina ja y-akselilla polttoainenkulutus l/100 km.



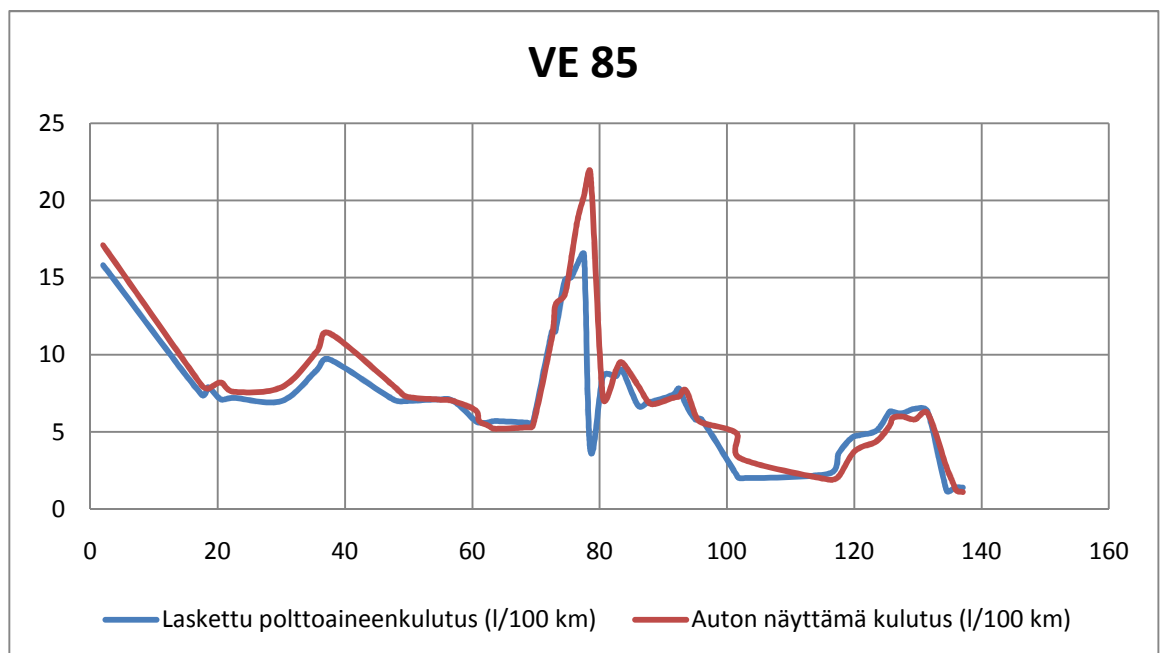
Kuva 20. Polttoainenkulutuksen kuvaajat.

VE:n arvolla 80 tehtyjen mittausten korrelaatiokertoimeksi tuli noin 0,832. Kuva 21 on piirretty mittaustuloksista.



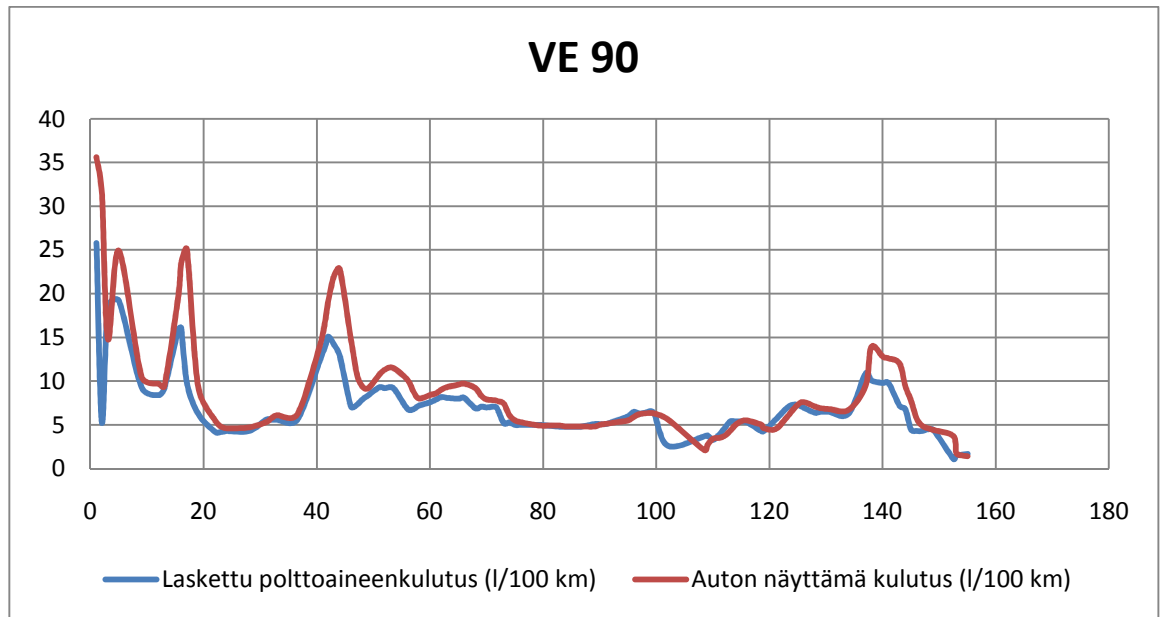
Kuva 21. Polttoaineenkulutuksen kuvaajat.

VE:n arvolla 85 tehtyjen mittausten korrelaatiokertoimeksi tuli noin 0,815. Kuva 22 on piirretty mittaustuloksista.



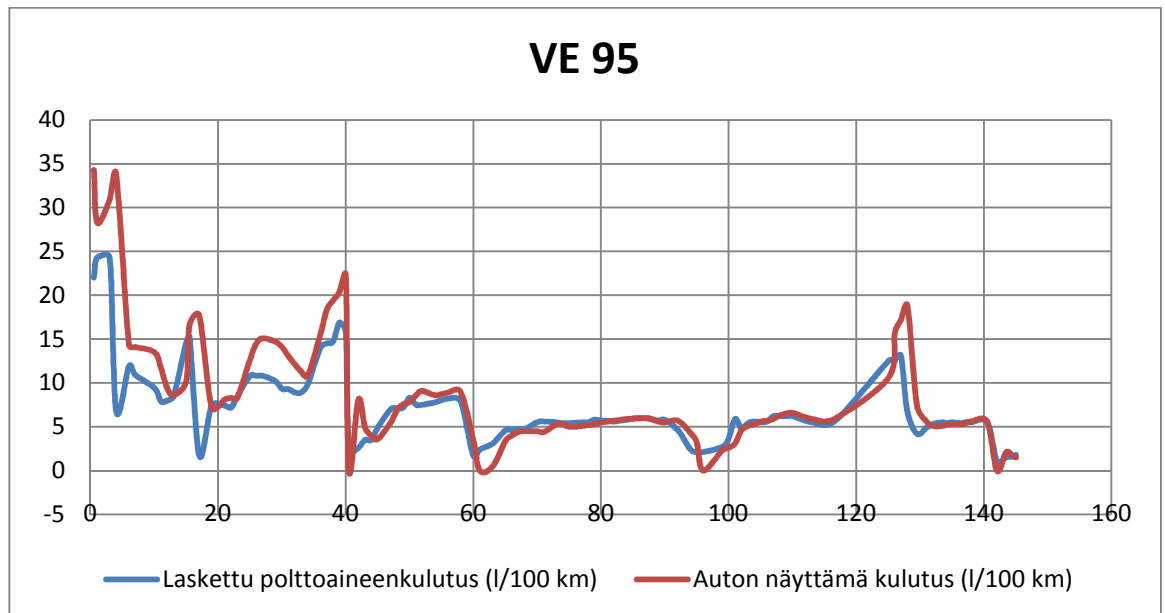
Kuva 22. Polttoaineenkulutuksen kuvaajat.

VE:n arvolla 90 tehtyjen mittausten korrelaatiokertoimeksi tuli noin 0,831. Kuva 23 on piirretty mittaustuloksista.



Kuva 23. Polttoaineenkulutuksen kuvaajat.

VE:n arvolla 95 tehtyjen mittausten korrelaatiokertoimeksi tuli noin 0,836. Kuva 24 on piirretty mittaustuloksista.



Kuva 24. Polttoaineenkulutuksen kuvaajat.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehdyissä mittauksissa huomattiin, että polttoaineenkulutusta laskeva kaava toimi hyvin tasaisella liikkeellä. Kiihdytyksen aikana polttoaineenkulutuskalkulaattorin laskema kulutus näytti aika suuria lukemia, mutta tämä on ihan luonnollista, sillä polttoaineenkulutukseen vaikuttaa monia tekijöitä eikä näitä kaikkia tekijöitä ole huomioitu laskentakaavassa. Volumetric Efficiency -arvoa muuttamalla saatiin laskettua kulutus vastaamaan aika tarkasti auton näyttöä näyttämää kulutusta. Tämä Volumetric Efficiency -arvo on yksilöllinen jokaisella autolla, joten se pitää säätää erikseen eri autoille. Moottorin tilavuus on toinen tärkeä muuttuja, joka pitää huomioida. Saaduista mittaustuloksista piirrettiin kuvaajat ja laskettiin korrelaatioarvo ohjelman ja auton näyttämistä kulutuksen mittaustuloksista. Korrelaatio kertoo sen, että mitä lähempänä tulos on yhtä, sitä yhteneväisempiä tulokset ovat.

Mittaustuloksista voidaan päätellä, että kaava toimii varsin hyvin, koska laskettu kulutus on yhteneväinen auton näyttämän kulutuksen kanssa. Kaavaa voisi saada vielä tarkemmaksi, jos tiedettäisiin, mistä arvoista auton sisäinen tietokone laskee kulutusta. Tässä tapauksessa ohjelman laskema kulutus näyttää varsin tarkasti hetkellisen kulutuksen. Mittaus, jossa korrelaatiokerroin oli lähimpänä yhtä, vastasi lähimmäs oikeaa kulutusta. VE:n arvolla 75 tuli parhaimmat tulokset Sciroccolle, mutta toisella autolla VE:n arvo voi olla jokin muu.

9 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia auton viestiliikennettä, tarkemmin sanottuna viestit, joilla pystyttiin kysymään autolta akun jännitettä, nopeutta, moottorin kierroslukua ja polttoaineenkulutusta. Tarkoituksena oli myös tehdä teoreettista vertailua Bluetooth-linkkien välillä ja selvittää, mitä auton ja tietokoneen langattomaan yhteyteen tarvitaan. Työn edetessä selvisi, että polttoaineenkulutustietoa ei saanut suoraan autolta, vaan se piti laskea erilaisten muuttujien avulla. Akun jännite-, autonnopeus- ja moottorin kierroslukutiedot oli helppo saada autolta, mutta polttoaineenkulutuksen laskennan säätämiseen meni suurin osa tutkimusajasta. Polttoaineenkulutustaukset onnistuivat lopulta hyvin.

Työ oli todella mielenkiintoinen ja sitä oli mukava tehdä, koska CarLab-tiloissa sai perehtyä tarkemmin auton viestiliikenteeseen. Opin enemmän CAN-väylästä, OBD:stä ja Bluetoothista, joita tutkin työn alkuvaiheessa. Työosa oli aika haasteellinen, mutta valmis koodipohja helpotti työtä jonkin verran. Ohjelman koodin pitäisi toimia kaikissa VAG-konsernin (Volkswagen, Audi, Seat, Skoda) autoissa.

OBD:n tulevaisuus näyttää mielestäni hyvältä, koska teknologia kehittyy koko ajan ja myöhemmin autoja ehkä liitetään langattomiin tietoverkkoihin, joiden kanssa ne ovat yhteydessä. Tämä voi johtaa isoihin turvaongelmiin, jos langattomia tietoverkkoja ei suunnitella huolellisesti. Osaavat ihmiset voisivat muun muassa hyödyntää tietoturva-aukkoja ja esimerkiksi ottaa autosta jarrut pois käytöstä, sammuttaa auton, kirjoittaa auton näytölle ja lisätä kaasua. Tämän päivän OBD on jo siinä mielessä hyvin kehittynyt, että sillä voidaan paikallistaa vikoja. Enää vikaa ei tarvitse etsimällä etsiä eikä autoa tarvitse purkaa osiin, koska viasta kertovat koodit voidaan tarkistaa OBD-testerillä. Standardit voivat vielä muuttua ajan saatossa, mutta OBD on tullut pysyäkseen.

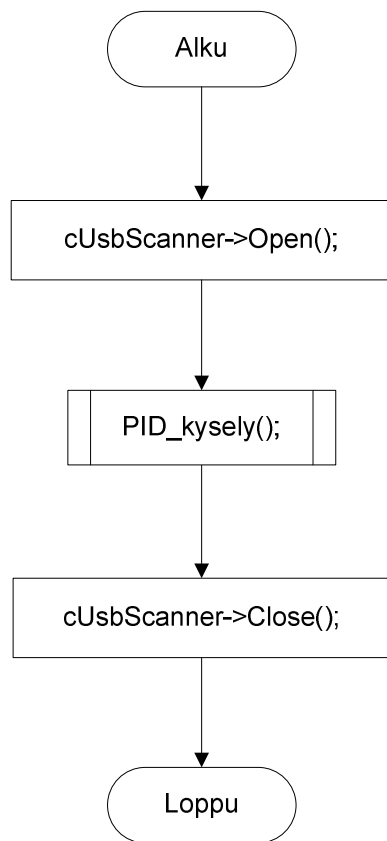
LÄHTEET

- 1 Wikipedia, Controller area network. [WWW-dokumentti]
http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_area_network (luettu 25.5.2010)
- 2 VTI, CAN - ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä. [PDF-dokumentti]
<http://www.automationit.hut.fi/file.php?id=324> (luettu 25.5.2010)
- 3 Pfeiffer Olaf, Ayre Andrew, Keydel Christian 2003: Embedded Networking with CAN and CANopen. RTC Books, San Clemente, CA, ISBN 978-0-9765116-2-5
- 4 Lammila Mika & Karhu Otso, CAN ja CANopen - perusteet. [PDF-dokumentti]
http://www.iha.tut.fi/education/IHA-3100/can_perusteet.pdf (luettu 27.5.2010)
- 5 Pekkala Antti ja Pieti Timo, CAN-väylä. [Word-dokumentti]
<http://www.oamk.fi/~vejok/TL9101/Seminaarit/CAN.doc> (luettu 31.5.2010)
- 6 Saha Heikki, CAN-väylä. [PDF-dokumentti]
<http://www.canopen.fi/artikkelit/CAN.pdf> (luettu 31.5.2010)
- 7 B&B Electronics 2008, OBD-II Background. [WWW-dokumentti]
<http://www.obdii.com/background.html> (luettu 1.6.2010)
- 8 Wikipedia, On-board diagnostic. [WWW-dokumentti]
http://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics (luettu 1.6.2010)
- 9 EOBD - A brief history. [WWW-dokumentti]
<http://www.omitec.com/en/support/technology-briefs/brief-history-of-eobd/>
(luettu 1.6.2010)
- 10 Elekma 2010, Eri protokollat. [WWW-dokumentti]
http://www.elekma.com/index.php?main_page=page&id=20 (luettu 2.6.2010)
- 11 Wikipedia, OBD-II PIDs. [WWW-dokumentti] http://en.wikipedia.org/wiki/OBD-II_PIDs (luettu 29.6.2010)
- 12 AbsoluteAstronomy 2010, Bluetooth. [WWW-dokumentti]
<http://www.absoluteastronomy.com/topics/Bluetooth#encyclopedia> (luettu 2.6.2010)
- 13 AutoDB.fi 2008, Tietoisku lambda-antureista. [WWW-dokumentti]
<http://autodb.fi/tietopankki.php?article=13> (luettu 14.3.2011)
- 14 Mp3Car, Calculating MPG from VSS and MAF from OBD2. [WWW-dokumentti]
<http://www.mp3car.com/vbulletin/engine-management-obd-ii-engine-diagnostics-etc/75138-calculating-mpg-vss-maf-obd2.html#post1121404> (luettu 16.6.2010)
- 15 Lightner D. Bruce, AVR-Based Fuel Consumption Gauge, Circuit Cellar Magazine #183 s.29. [PDF-dokumentti] <http://www.lightner.net/lightner/bruce/Lightner-183.pdf> (luettu 16.6.2010)

- 16 KvantimOTV, Korrelaatio ja riippuvuusluvut. [WWW-dokumentti]
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/korrelaatio/korrelaatio.html> (luettu 7.2.2011)
- 17 Ross-Tech 2010, VAG-COM windows-based Diagnostic Software for VW/Audi/Seat/Skoda. [WWW-dokumentti] <http://www.ross-tech.com/vag-com/index.html> (luettu 14.6.2010)
- 18 Kvaser USBcan Professional. [WWW-dokumentti]
http://www.kvaser.com/index.php?option=com_php&Itemid=258&eaninput=7303130003576&lang=en&product=Kvaser%20USBcan%20Professional (luettu 15.6.2010)
- 19 OBD-DIAG AGV4500 Multinorm HandHeld Scanner. [PDF-dokumentti]
<http://shop.datagubben.se/shop/6080/art36/987436-fd9a27-obd2-201.pdf> (luettu 15.6.2010)

LIITTEET

LIITE 1: OHJELMAN TOIMINTA

Pääohjelma:

Aliohjelmat:

