

Indrek Põldmaa

**Auton musta laatikko**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Tietotekniikan Koulutusohjelma

Sulautetut järjestelmät



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö:	Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma:	Tietotekniikan Koulutusohjelma	
Suuntautumisvaihtoehto:	Sulautetut järjestelmät	
Tekijä:	Indrek Pöldmaa	
Työn nimi:	Auton musta laatikko	
Ohjaaja:	Heikki Palomäki	
Vuosi: 2010	Sivumäärä: 72	Liitteiden lukumäärä: 0

---

Työssä tavoitteena on suunnitella autokäyttöön soveltuva black box - ”musta laatikko”, johon tallennetaan erilaisia auton toimintaan ja käyttöön liittyviä tietoja. Onnettomuuden tapahtuessa musta laatikko ei sinällään suojaa ihmistä, mutta se voi tallennettujen tietojen ansiosta auttaa selvittämään onnettomuuksien syyt. Laitteen suunnittelua varten kartoitetaan kaikki mahdolliset auton tiedonsiirtoväylän kautta saatavat tiedot.

Mustan laatikon toimintaperiaatteena on tallentaa tiedot siitä, kuinka liikenneonnettomuus on tapahtunut. Tallennettujen tietojen perusteella voidaan selvittää onnettomuuden syyt. Työssä pyritään luomaan simuloiva ohjelma, johon syötetään erilaisia tietoja. Näitä tietoja voidaan myöhemmin tarkastella visuaalisesti tietokoneen avulla. Tällaisen järjestelmän avulla on mahdollista selvittää onnettomuuksien syyt nopeasti.

Tällaisesta tietojen tallennusjärjestelmästä olisi hyötyä mm. liikennevakuutusyhtiöille. Jos mustasta laatikosta tulisi vakiovaruste autoon, liikenneonnettomuuksien syiden kartoittaminen helpottuisi, kun käytettävissä olisi tapauskohtaista ensi käden materiaalia.

Hakusanoja: Tiedonsiirto, väylä, tallennuslaite, liikenneonnettomuudet, simulointi

## SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## THESIS ABSTRACT

Faculty:	School of Technology		
Degree programme:	Information Technology		
Specialisation:	Embedded Systems		
Author:	Indrek Pöldmaa		
Title of the thesis:	Black Box of Motorcars		
Tutor:	Heikki Palomäki		
Year:	2010	Number of pages: 72	Number of appendices: 0

---

The aim of this final project is to plan a “black box” for the car. Traffic accidents happen every day. During an accident the “black box” does not help people; it only helps to find out the causes of the accidents afterwards. The black box is designed to analyze all information it can get from a car’s data bus. Data is saved in formats into the “black box” and the data can be read after the accident. That type of data can help in finding the solution to the car accidents.

The main principle of the black box is to store information, also during a traffic accident, and after the accident, the stored data will be examined to find out why this happened. The aim is to plan a simulated computer program, into which the stored data from the black box is fed and the result would be seen visually by the stimulating computer program. This way the causes for the accidents could be identified quickly.

For example, traffic insurance companies would profit from the black box of motorcars. If it became standard equipment in the car, it would facilitate the search for the cause of traffic accidents

Seija.Virkala@seamk.fi

Keywords: Data transfer, bus, storage device, traffic accidents, simulation

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
SISÄLTÖ .....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Työn tausta .....	10
1.2 Työn tavoite .....	10
1.3 Työn rakenne .....	12
<b>2 MUSTA LAATIKKO .....</b>	<b>13</b>
2.1 Mistä on tullut sana ”Black Box” – musta laatikko? .....	13
2.2 Lentokoneen mustan laatikon historiaa .....	14
2.3 Mustan laatikon olemassaolosta .....	18
<b>3 TOIMINNOT JA TIETOJEN KÄSITTELY.....</b>	<b>24</b>
3.1 Toiminnot .....	24
3.1.1 Nopeus.....	24
3.1.2 Turvavyöt .....	25
3.1.3 Valot.....	25
3.1.4 Polttoaineensyöttö .....	26
3.1.5 Moottori.....	26
3.1.6 Jarrujärjestelmä .....	27
3.1.7 Suuntavilkut .....	27
3.1.8 Renkaat.....	27
3.1.9 GPS .....	28
3.1.10Puhelin.....	28
3.1.11Äänentoistojärjestelmä.....	29
3.1.12Auton asento.....	29
3.1.13Törmäysanturit.....	30
3.1.14Liikesignaali .....	31
3.1.15Lämpötilat .....	31

3.1.16	ABS.....	32
3.1.17	ESC .....	32
3.1.18	Sadeanturi ja lasienpyyhkimet .....	33
3.2	Turhat tiedot.....	33
3.2.1	Polttoainemäärä.....	33
3.2.2	Akun jännite .....	34
3.2.3	Öljynpaine .....	34
3.2.4	Sisälämpötila.....	35
3.3	Tulevaisuuden lisämahdollisuudet .....	35
3.3.1	Unitutka.....	36
3.3.2	Alkometri.....	36
3.3.3	Auton tunnistaminen radiosignaalien kautta.....	37
<b>4</b>	<b>MUSTAN LAATIKON OMINAISUUDET .....</b>	<b>38</b>
4.1	Tallennuksen aikajakso.....	38
4.2	Tietojen siirtäminen mustaan laatikoon .....	40
4.3	Mustan laatikon ja auton yhteensopivuus .....	42
4.4	Jatkuvien tietojen lähettäjät.....	43
4.5	Käyttöjärjestelmä.....	44
4.6	Kello .....	44
4.7	Tärkeysluokat.....	45
4.8	Mustan laatikon käyttöjärjestelmän päivittäminen .....	47
4.9	Tietojen lukeminen mustasta laatikosta .....	47
4.10	Mustan laatikon virransyöttö.....	48
<b>5</b>	<b>MUSTAN LAATIKON KOKOONPANO.....</b>	<b>50</b>
5.1	Komponenttien valinta.....	50
5.1.1	Proessori.....	50
5.1.2	Muisti.....	51
5.1.3	Mustan laatikon liitin ja johdot .....	55
5.1.4	Esimerkkikomponentit.....	56
5.2	Mittakaava.....	62

5.3 Materiaalien käyttö .....	63
5.4 Mustan laatikon kokoaminen.....	63
5.5 Mustan laatikon sijainti autossa.....	65
5.6 Mustan laatikon avaaminen .....	66
5.7 Simulointiohjelma .....	66
6 YHTEENVETO.....	68
LÄHTEET .....	69

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>BAR</b>	Baari on SI-järjestelmän paineen lisäyksikkö. Yhden baarin paineessa neliösenttimetrille kohdistuu 10 Newtonin suuruinen voima. (SensorsONE 2006.)
<b>GPS</b>	Global Positioning System on Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä ja rahoittama satelliittipaikannusjärjestelmä. Satelliitteja on 24 kappaletta noin 20 200 km:n korkeudessa. GPS-laite vastaanottaa signaalia samanaikaisesti useasta satelliitista. Satelliitteja tulee olla vähintään neljä. Signaalin muoto koordinaatteina, minuutin tarkkuudella on 63 astetta 6 minuuttia pohjoista leveyttä ja 21 astetta 37 minuuttia itäistä pituutta. Tämä merkitään yleensä 63°06'N 21°37'E. (Trimble 2007.)
<b>RPM</b>	Kierrosnopeuden yksikkönä on SI-järjestelmässä kierrosta sekunnissa (1/s tai kierrosta/s). (Economic Expert 2004.)
<b>KMH</b>	Kilometri tunnissa on nopeuden SI-järjestelmän lisäyksiköistä johdettu yksikkö. $3,6 \text{ km/h} = 1 \text{ m/s}$ (Economic Expert 2004.)
<b>MPH</b>	Kansainvälisen mittayksikköjärjestelmässä (SI), yksikön nopeus on m/s (metriä sekunnissa). Tieliikenne nopeuksilla osissa maissa, on KMH ja osissa MPH. Nopeus: yksi

solmu on yksi merimailia tunnissa. (Economic Expert 2004.)

1 MPH = 0.44704 m/s tai 1.609344 KMH

- Hertsi** (tunnus Hz) on kansainvälisen yksikköjärjestelmän mukainen taajuuden yksikkö. Yksi hertsi tarkoittaa taajuutta, jossa värähdysjaksot toistuvat sekunnin välein. (Nist 1995.)
- ABS** (saksaksi Antiblockiersystem) on järjestelmä, joka estää ajoneuvon pyöriä lukkiutumasta voimakkaassa jarrutuksessa. Lukkiutumisen estäminen säilyttää ajoneuvon ohjattavuuden kovasta jarrutuksesta huolimatta. Tästä tekniikasta on edelleen kehitetty luistonesto ja ajonvakautusjärjestelmä. (How Stuff Works 1998.)
- ESC** Ajonvakautusjärjestelmä, ESC (Electronic Stability Control) on autossa oleva järjestelmä joka korjaa auton kuljettajan tekemiä ohjausvirheitä elektroniikan ja fysiikan lakien mahdollistamissa tapauksissa. Tyypillisiä ohjausvirheitä ovat liian suuri tilannenopeus, yli- tai aliohjautuminen tai auton lähteminen heittelehtimään. (About 1996.)
- Promille** (‰) on suhteellinen pitoisuusmitta, joka ilmaisee, kuinka monta tuhannesosaa jokin on jostakin; se on prosentin kymmenesosa.  $1\ 000\ ‰ = 100\ \%$  (Aydinsari 2003.)

Puhekielessä promille viittaa usein humalatilaan, sillä veren alkoholipitoisuus ilmoitetaan promilleina.



- Flash-muistit** Flash-tyyppinen muisti on puolijohdemuisti, joka voidaan sähköisesti tyhjentää ja uudelleenohjelmoida. Flash-muisti on haihtumaton muistityyppi, jossa tieto säilyy jopa 10 vuotta, vaikka virta kytkettäisiin pois. Muistissa ei ole liikuvia mekaanisia osia, joten se on käytettäessä äänetön. (How Stuff Works 1998.)
- Secure Digital** (yleisesti käytetty lyhenne SD) on yleisesti digikameroissa ja kämmentietokoneissa käytetty muistikorttityyppi. (SD Card 2008.)
- Putoamiskiihtyvyys** Putoamiskiihtyvyys (tunnus  $G$ ) on taivaankappaleen (esimerkiksi Maa) vetovoiman putoaville kappaleille aiheuttama kiihtyvyys. Putoava kappale on tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä (jos ilmanvastusta ei huomioida). Jossain kappaleen putoamisen vaiheessa ilmanvastus kuitenkin kasvaa yhtä suureksi kuin painovoima, eikä kappaleen putoamisnopeus näin ollen enää kasva.
- Putoamiskiihtyvyyden arvoksi Maassa määritetään  $9,80665 \text{ m/s}^2$  (leveysaste 45), mutta tosiasiasa se vaihtelee maapallon eri kohdissa maapallon pyörimisen ja litistyneisyyden vuoksi. Usein käytetään putoamiskiihtyvyydelle pyöristettyä arvoa  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Normaaleissa olosuhteissa, maanpinnan päällä sijaitsevalle kappaleelle vaikuttaa  $1G$  kiihtyvyysoima. (Physics 1998).

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Ihmiset käyttävät henkilöautoja päivittäin, jotkut enemmän, toiset vähemmän. Käyttöolot saattavat olla hyvinkin vaikeat. Lumi, jää, vesi ja kura, vaikuttavat olosuhteisiin eikä auto välttämättä tottele kuljettajaa. Myös liikenneonnettomuuksia tapahtuu päivittäin. Onnettomuuksien syitä on joskus vaikea selvittää. Moni liikenneonnettomuus jää epäselväksi. Onnettomuuksien tutkimukseen käytetään paljon aikaa. Henkilöauton on todettu olevan yksi vaarallisimmista kulkuvälineistä.

Vuonna 2007 Suomessa menehtyi tieliikenneonnettomuuksissa 349 ihmistä. Loukkaantuneita oli 6308, onnettomuuksia 34345. Liikennevakuutuksesta korvattiin noin 102000 tapausta. (Liikenneturva 2005.) Lisäksi tulevat vielä onnettomuudet, joista ei ole ilmoitettu poliisille tai liikennevakuutusyhtiöille. Autoihin asennettu musta laatikko helpottaisi onnettomuuksien tutkimista. Auton musta laatikko toimisi samalla periaatteella kuin vastaava lentokoneissa käytettävä tallennuslaite: se tallentaisi muistiin ajoinfoa, jonka tutkija saisi käyttöönsä onnettomuuden jälkeen.

## 1.2 Työn tavoite

Autoilla ajetaan päivittäin paljon. Aika ajoin tapahtuu liikenneonnettomuuksia. Mitä voisi tehdä liikenneturvallisuuden parantamiseksi tai onnettomuuksien selvittämisen helpottamiseksi? Joskus poliisi ja liikennevakuutusyhtiöt joutuvat käyttämään paljon aikaa onnettomuuksien syiden selvittämiseen. Tutkimusammattilaiset löytävät useimmiten ratkaisun, mutta toisinaan edessä on pitkäaikainen tutkimustyö. Musta laatikko tarjoaisi asiaan ratkaisun. Onnettomuuksien syyt pystyttäisiin selvittämään nopeasti. Saaduista tiedoista olisi hyötyä myös autonvalmistajalle. Tieto-

jen perusteella voitaisiin parantaa auton ominaisuuksia. Näiden ajatusten pohjalta syntyi idea suunnitella autoon musta laatikko ja tutkia erilaisia siihen liittyviä asioita.



Kuva 1. Liikenneonnettomuuden jälkeen kysytään usein: ”Miten ja miksi se tapahtui?”. (XL Crash 2008.)

Musta laatikko ei suojaa ihmisiä onnettomuuksissa, mutta se voi auttaa löytämään onnettomuuksien syyt. Näin kenties tulevaisuudessa voitaisiin myös parantaa elämän laatua, koska autonvalmistajat voisivat saada mustan laatikon tiedoista hyödyllistä informaatiota autojen kehittämiseen. Ihmisillä on erilaisia tapoja ajaa autoa. Joku on saattanut koko ikänsä ajaa vanhalla autolla. Ostaessaan uuden auton hän ei välttämättä osaa heti ajaa sillä. Kaikille ei ole yhtä luontaista käyttää automaattivaihteistoa, automaattisia suuntavilkkuja tai ajovaloja. Jotkut ihmiset eivät edes halua oppia käyttämään niitä. Mustan laatikon kautta voidaan selvittää,

mitä ihminen on halunnut käyttää ja mikä on aiheuttanut ongelmia. Autonvalmistajat voisivat tarvittaessa saada mustasta laatikon sisältämiä tietoja vaikkapa huollon tai katsastuksen yhteydessä. Tällaisen järjestelyn kehittäminen voisi vaatia mustaan laatikoon lisää muistikapasiteettia. Onneksi nykyaikaisten muistien kapasiteetit ovat isoja ja hinnat halpoja. Ensisijaisena lähtökohtana mustan laatikon suunnittelussa on liikenneonnettomuuksien tutkiminen ja selvittäminen.

### **1.3 Työn rakenne**

Ensiksi tutustutaan mustan laatikon taustaan liittyviin asioihin: selvitetään lyhyesti ”musta laatikko” -sanan alkuperää sekä laitteen syntyä ja historiaa. Tämän jälkeen luodaan katsaus mustan laatikon käyttötarkoituksiin.

Seuraavaksi tutustutaan tarvittavan signaalien poimintaan, priorisointiin ja yhteistyöhön sekä tarkastellaan erilaisia antureita ja signaalityyppejä. Selvitetään signaalien prosessit, niiden muodot, signaalien tallennus ja aikajaksot. Katsotaan tulevaisuuteen, tutustutaan tietojen siirtoon ja autojen erilaisiin tiedonsiirtoväyliin. Tarkastelussa käydään läpi myös, mitkä signaalit syntyvät mustan laatikon sisällä, millaiset signaalit tarvitsevat enemmän resursseja sekä sitä, miten tallennettuja signaaleja luetaan.

Tämän jälkeen pohditaan, kuinka varmistetaan mustan laatikon ja auton tietokannan sisältämän informaation yhteensopivuus, tutkitaan mustan laatikon komponenttien valintaa, materiaalien käyttöä sekä mustan laatikon kokoonpanoa ja lisälaitteita.

## 2 MUSTA LAATIKKO

### 2.1 Mistä on tullut sana ”Black Box” – musta laatikko?

Musta laatikko -sanaa on alettu käyttää tietyistä elektroniikan komponenteista noin vuonna 1945. Elektroniikan komponenttien lisäksi ilmausta alettiin käyttää myös lentokoneiden lennonrekisteröintilaitteista. Lentokoneissa mustien laatikoiden tehtävänä oli säilyttää lentotietoja. Ajatuksena oli, että tavallisen ihmisen ei tarvitse tietää mitä mustan laatikon sisällä on tai mitä se tekee. Laitteen sisään menee signaali ja sieltä tulee signaali ulos. Sen, mitä signaalille tapahtuu laitteen sisällä, tietää vain valmistaja. Tyypillistä mustalle laatikolle on, että mikäli se halutaan avata ja tutkia sisäpuolelta, laite ei jää ehjäksi. Analysoitavissa ja mitattavissa on kuitenkin se, mitä laite tekee sisään tulevalle signaalille. (Princeton University Computer Science Department 2010.)

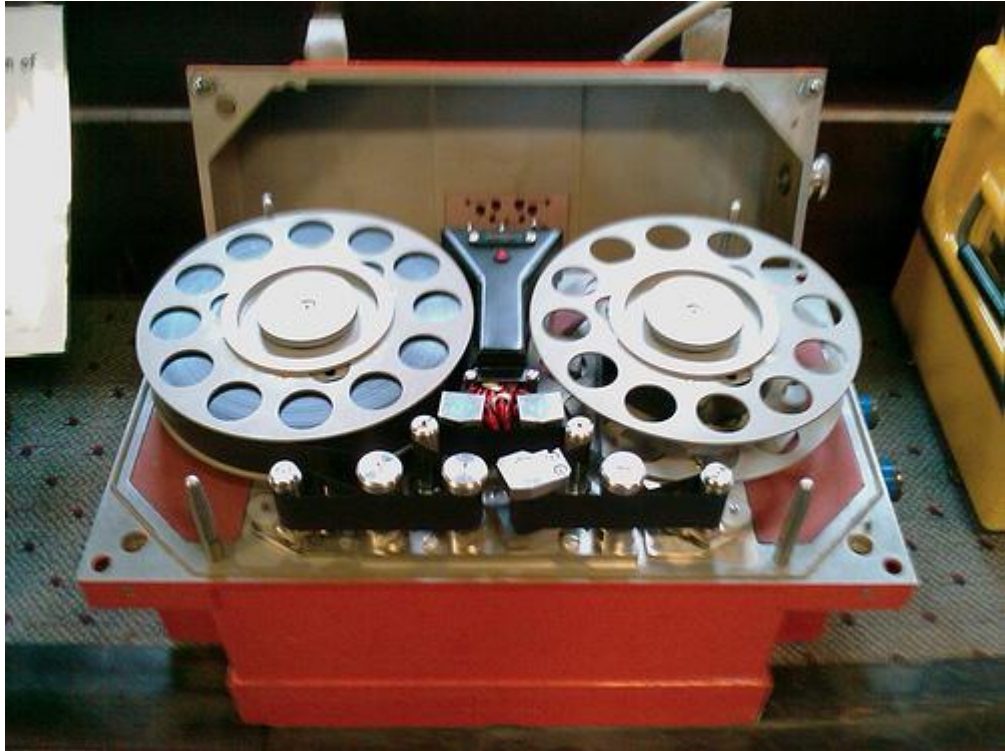


Kuva 2. Elektronisen mustan laatikon periaatekuva.

Tämän tutkielman idea ei ole elektroniikan komponentin purkaminen ja tutkiminen. Auton mustan laatikon ymmärtämiseksi tutkitaan, miten toimii lentokoneiden musta laatikko, sillä tavoitteena on suunnitella maa-ajoneuvoon samalla periaatteella toimiva tallennin. Myös muut ovat tutkineet samaa asiaa. Tavoitteena on kuitenkin päivittää laite melko täydelliseksi.

## 2.2 Lentokoneen mustan laatikon historiaa

Flight Data Recorder on suomeksi lennonrekisteröintilaitte (FDR). Ensimmäiset mustat laatikot otettiin käyttöön vuonna 1960, ja ne olivat magneettinauhalla toimivia. (How Stuff Works 1998.)



Kuva 3. Alkuperäinen magneettinauhalla toimiva mustan laatikon tallennusyksikkö. (How Stuff Works 1998.)

Lentoyhtiöt ovat siirtymässä solid-state-muisteihin, joita pidetään paljon luotettavampina kuin magneettinauhoja. Solid-state-muisteissa ei ole liikkuvia osia, eivätkä ne tarvitse kunnossapitoa. Erilaiset muistipiirit alkoivat yleistyä 1990-luvulla. Magneettinauha toimii kuten mikä tahansa nauhuri. Nauha vedetään yli sähkömagneettisen pään, joka jättää tietoja nauhalle. Useimmat magneettinauhat tallentavat viimeisen 30 minuutin äänet. Ne toistavat jatkuvasti nauhaa, jonka toiminta-

sykli on 30 minuuttia. Magneettinauhurille on mahdollista tallentaa jopa 100 parametria 30 minuutin ajan. Muistipiirille voidaan tallentaa yli 700 parametria tai noin 25 tunnin lennon tiedot. Muistipiirit voivat seurata useampia muuttujia kuin magneettinauhat, koska ne mahdollistavat nopeamman tiedonsiirron. (How Stuff Works 1998.)

Ennen käyttöönottoa musta laatikko testataan. Tiedetään että lento-onnettomuuksissa musta laatikko voi altistua tulipaloille (erittäin korkeat lämpötilat), koville iskuille ja suurelle paineelle (meren pohjassa). Musta laatikko on suunniteltava kestävämmään äärimmäistä kuumuutta ja painetta. (How Stuff Works 1998.)

Testissä suoritetaan

- 24 tuntia kestävä syvänmeren sukellus suolaisessa vedessä.
- Uputus polttoaineeseen, voiteluaineeseen ja palonsammutuskemikaaleihin.
- Laatikon altistus yhdeksi tunniksi tulelle, jonka lämpötila on 2000 °C.
- Paineetesti, jossa laatikon runkoa kuormitetaan viiden minuutin ajan 2 tonnin painolla, neliötuumaa kohti. (How Stuff Works 1998.)

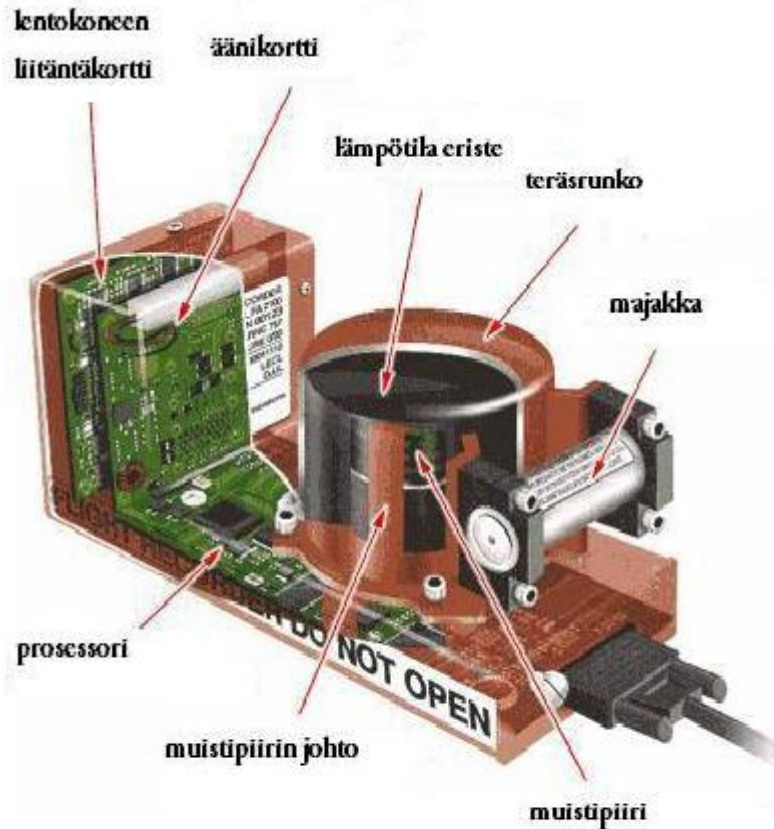


Kuva 4. Lentokoneen nykyaikainen digitaalisessa muodossa tietoja tallentava musta laatikko. (How Stuff Works 1998.)



Kuva 5. Korkean lämpötilan eristys - Kuvassa 5 esitetty lämpötilan eristys sisältää kuivasta piidioksidista koostuvan 1 tuuman (2,54 cm) paksuisen eristemateriaalin, joka tarjoaa suojan erittäin korkeilta lämpötiloilta ja auttaa säilyttämään muistipiirit ehjinä onnettomuustapauksessa. (How Stuff Works 1998.)





Kuva 6. Kuvassa 6 esitetty lentokoneen musta laatikko. Jos kone putoaa veteen, majakka lähettää pulssia, jota ihmiskorva ei voi kuulla. Kun vesi koskettaa tätä anturia, majakka aktivoituu. Majakka lähettää pulsseja 37,5 kilohertsin (kHz) taajuudella. Äänen taajuus on erittäin korkea ja se kuuluu vedessä pitkälle. Majakka voidaan siirtää 4267 metrin syvyyteen veteen. Majakan lähettämä signaali kuuluu kerran sekunnissa 30 päivän ajan. (How Stuff Works 1998.)



Kuva 7. Lentokoneen lennonrekisteröintilaitteet maksavat 7400 - 11000 €. (How Stuff Works 1998.)

Mustan laatikon ideana on onnettomuuden jälkeen antaa varmoja vastauksia tai tärkeitä tietoja tutkimustyön avuksi. Lentokoneen musta laatikko on löytämisen helpottamiseksi väriltään oranssi. Tulipalon jälkeen se on kuitenkin saattanut hiiltäytyä mustaksi. (How Stuff Works 1998.)

### 2.3 Mustan laatikon olemassaolosta

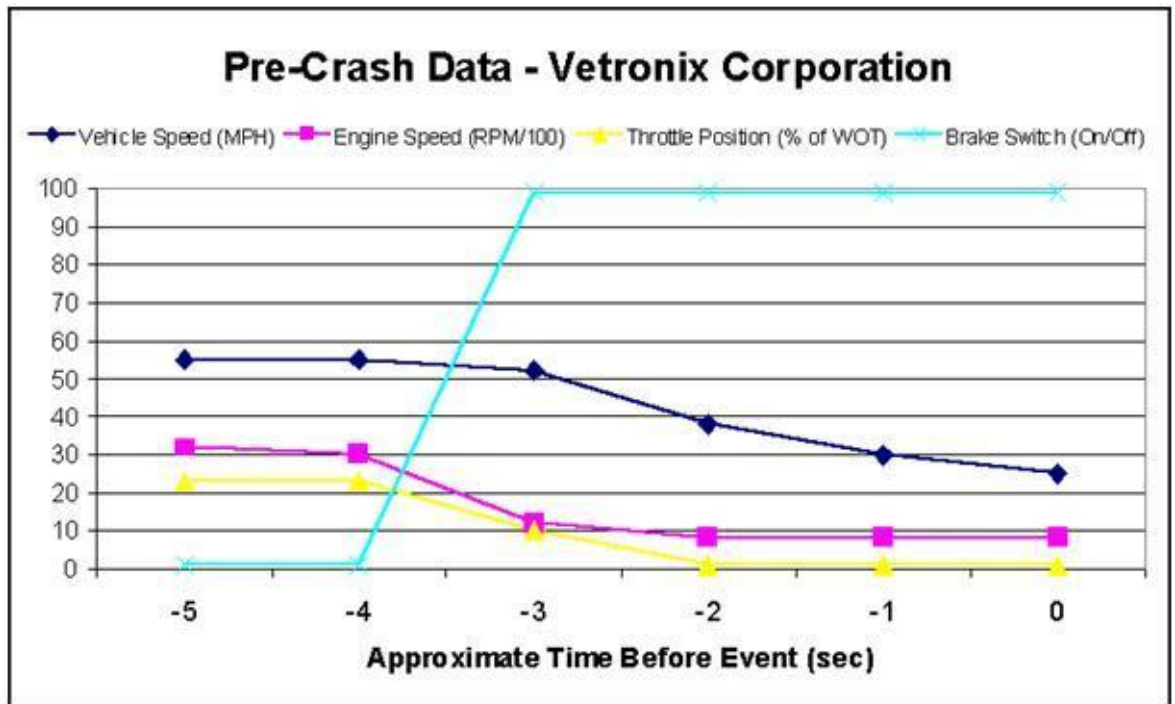
Internetistä löytyy autokäyttöön tarkoitettuja mustia laatikoita. Tarjolla olevat mustat laatikot ovat melko yksinkertaisia. Monet niistä tallentavat ainoastaan videokuvaa. Pelkästään videokuvaa tallentava järjestelmä toimii pohjoisissa oloissa huonosti. Ulkolämpötila on 3-4 kuukautta vuodessa nollan alapuolella ja 4-5 kuukautta vuodesta keli on usein pimeä, sateinen tai luminen. Kaikki eivät puhdistu jäätä auton ikkunasta aamuisin. Moni ajaa autolla aamulla vain noin 10–30 minuuttia. Sinä

aikana auton matkustamo ei ehdi lämmitä kunnolla. Kun musta laatikko on ollut kylmässä autossa ja auton sisälämpötila nousee, muodostuu kameran linssin päälle höyryä tai jäätä. Näissä olosuhteissa videokuvasta ei saa selvää ja tästä syystä kamera ei palvele mitään tarkoitusta. Kun aurinko nousee tai laskee, valomäärän yhtäkkinen muutos on niin voimakas, että tällöin syntyvästä videokuvasta on mahdotonta saada selvää. Jälkiasennettavien mustien laatikoiden kiinnitykset voivat joskus väsyä, mikä aiheuttaa kuvauskulman muuttumisen. Tällaisissa järjestelmissä on niin paljon miinuspuolia, että halutaan suunnitella musta laatikko, joka toimii kaikissa olosuhteissa. (Slate 2003.)

Yhdysvaltalainen autonvalmistaja General Motors on asentanut joihinkin valmistamiinsa autoihin turvatyynyjärjestelmään liittyviä mustia laatikoita vuodesta 1995 lähtien. Laatikko tallentaa määrättyt tiedot viiden sekunnin ajalta ennen törmäystä. Tallennus tapahtuu 1/100 sekunnin tarkkuudella. Tallennetusta informaatiosta voitaisiin lukea auton nopeus, turvatyynyjen laukaisuajankohta sekä tiedot kaasun ja jarrupolkimen asennosta. Ford ja Isuzu pyrkivät ottamaan käyttöön vastaavanlaisia tallennuslaitteita joissain malleissa tällä vuosikymmenellä. (Slate 2003.)

Vertronix Corporation on yhtiö, joka suunnittelee ja valmistaa mustia laatikoita autoteollisuuden tarpeisiin maailmanlaajuisesti. Alun alkaen yritys valmisti lentokoneiden mustia laatikoita. General Motorsin autoissa mustia laatikoita on ollut vakiovarusteena vuodesta 1994 alkaen, Fordilla vuodesta 2001, Isuzulla vuodesta 2000 ja Saabilla vuodesta 2005. Näiden yksiköiden hinta oli \$2,495 = 1,843 EUR ja ne tallensivat tiedot 5 sekunnin ajalta ennen onnettomuutta. Tallennetut tiedot ovat tietokoneen ja erikoiskaapelin avulla luettavissa auton turvatyynyjen ohjausyksiköltä. Vertronix Corporation tarjoaa ohjelmia, jotka näyttävät tiedot selkeässä graafisessa muodossa. Lukemiseen käytetään Bosch-diagnostiikkaohjelmistoa. Ohjelman käyttöoikeus on auton valmistajalla. (American Bar Association 2005.)

Taulukko 1. Vertronix Corporation analysointitaulukko. (American Bar Association 2005.)



Taulukko 1 on Vertronix Corporation analysointitaulukko, josta ilmenevät viisi sekuntia ennen onnettomuutta vallinneet tilannetiedot. Tummansininen viiva on ajoneuvon nopeus (mailia tunnissa), punainen moottorin käyntinopeus (kierrosta minutissa\*100), keltainen on kaasupolkimen asento (%), vaaleasininen on jarrupolkimen asento (päällä/ei päällä). (American Bar Association 2005.)

Jos onnettomuuden tutkija haluaisi saada käyttöönsä Toyota-, Honda- tai BMW-merkkisen auton mustaan laatikkoon tallentuneet tiedot, hän tarvitsisi tähän mustan laatikon valmistajan apua. (American Bar Association 2005.)

Autonvalmistajat eivät ole päättäneet, olisiko tallentimet asennettava autoihin vakiovarusteena. NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration (Yhdysvaltain liittovaltion liikenneturvallisuusvirasto) kuitenkin edellyttää, että autojen mustat laatikot tallentavat vähintään 15 erilaista tietoa. NHTSA haluaa mustan laatikon autojen vakiovarusteeksi 1 syyskuuta 2012 alkaen. Monet autovalmistajat, kuten BMW, Ford, Mercedes-Benz ja Toyota, haluavat taas lykätä päätöstä edelleen tulevaisuuteen. (ABC News 2008.)

Toyotan pääjohtaja Akio Toyoda on vakuuttanut, että sen Pohjois-Amerikan maaleissa mustat laatikot otetaan käyttöön huhtikuun 2010 loppuun mennessä - ja kaupallisesti niitä saatavilla vuoteen 2011 mennessä. (U.S.News 1998.)

Markkinoilla on saatavana myös useita eri merkkiä mustia laatikoita, joita jokainen voi ostaa itse omaan autoonsa. Tallentimena on muistikortti. Musta laatikko asennetaan tuulilasin taakse auton sisäpuolelle ja se saa virtansa tupakansytyttimestä.

Musta laatikko tallentaa muistikortille videomateriaalia, auton likimääräisen nopeuden ja GPS-koordinaatit. Jotkut laitteet on kytkettävä päälle manuaalisesti - ja tämä unohtuu usein. Monessa laitteessa on useita kameroita, esimerkiksi tallentava videokuva kuljettajan suuntaan, auton ajosuuntaan ja taaksepäin. Tällaisen mustan laatikon tallentamat tiedot ovat vapaasti tarkasteltavissa tietokoneelle ladattavan, mustikortteja lukevan analyysiohjelman avulla. Näiden tallennusyksiköiden hintaluokka on 200 - 600€. (Wired 2008.)

Yksi tällaisten kamerakäyttöisten järjestelmien valmistajista on amerikkalainen KCI Communications. Kameratoimintojen lisäksi KCI Communicationsin järjestelmään kuuluu myös auton kiihtyvyyssanturi, joka mittaa voimia kolmesta eri suunnasta XYZ. Tämä järjestelmä tunnistaa auton kiihtyvyyden, kääntösuunnan, jarruvoimat sekä törmäyssuunnan ja auton asennon. (Wired 2008.)



Kuva 8. Kuvassa 8 on KCI Communicationsin autokäyttöön tarkoitettu Smart Black Box-merkkinen musta laatikko. (Wired 2008.)

Kuten kuvasta 8 ilmenee, laitteessa virtakytkin, jonka päälle kytkeminen varmasti joskus unohtuu. Laitteen kiinnitys on myös aika heikko, mistä johtuen laitteen ase- tus muuttuu helposti kevyestä kosketuksesta. (Wired 2008.)



Kuva 9. Tässä kuva KCI Communicationsin mustan laatikon ohjelmasta. (Wired 2008.)

Kuvassa 9 näkyy takakameran videokuvaa, ajonopeus, kiihtyvyyssanturin XYZ-suunnat, GPS-koordinaatit, kellonaika, sekä karttanäkymä (josta ilmenee ajoreitti). (Wired 2008.)

## 3 TOIMINNOT JA TIETOJEN KÄSITTELY

### 3.1 Toiminnot

Seuraavista tiedoista voi olla höytyä liikenneonnettomuuksien syiden etsinnässä ja ajoneuvon kehittämisessä tulevaisuudessa. Digitaalisessa muodossa olevia signaaleja ei tarvitse muuntaa erikseen (analogisesta signaalista digitaaliseksi). Analogiset signaalit on sitä vastoin muutettava digitaaliksi. Onneksi signaalit ovat nykyaikana käytännöllisesti katsoen kaikissa autoissa digitaalisessa muodossa eikä niiden muuntaminen ole siksi tarpeen.

#### 3.1.1 Nopeus

Tallennusmuodossa km/h (kilometriä tunnissa) tai mph (mailia tunnissa) olevat tiedot saadaan auton tietokannasta. Nykyaikana signaalin muoto on digitaalinen, mutta se voi olla myös analoginen. Nopeuksien tarkkuus tallentuu positiivisena täysarvona yhden sekunnin välein. Koko tallennusaika on 30 sekuntia. Kun auton nopeus on 165 km/h, järjestelmä tallentaa arvon 165. Nopeustiedon ei tarvitse olla äärimmäisen tarkka: 0,1 km/h muutos ei ole tieliikennekäytössä vielä merkittävä. Nykyaikana autojen nopeudet ovat suuria. Joissain autoissa huippunopeus on sähköisesti rajoitettu arvoon 250 km/h. On olemassa myös autoja, jotka ovat kehen tahansa ostettavissa ja joiden nopeudet voivat ylittää 400 km/h. Nopeuden maksimi tallennusarvo on 400. (Honest John 2004.)



### 3.1.2 Turvavyöt

Järjestelmä tallentaa tiedon siitä, mitkä turvavyöt oli kiinnitetty ja mitkä ei. Tiedot saadaan auton tietokannasta, jos autossa on turvavyötunnistin. Jos autossa ei ole turvavyötunnistinta, sen tallennusarvo on nolla (ei). Tällaisessa tapauksessa sen tallennuspaikka voidaan poistaa kokonaan. Jos autossa on turvavyötunnistimet, järjestelmä tallentaa niissä ilmenevät tilamuutokset ja muutosajankohdat.

### 3.1.3 Valot

Autossa ovat käytössä lyhyet ja pitkät ajovalot sekä sumuvalot. Järjestelmä tallentaa tiedon siitä, olivatko ajovalot päällä vai pois. Tiedot saadaan auton tietokannasta. Signaali on digitaalinen tai analoginen ja se tallentuu vasta sitten, kun valo-  
jen virtapiirissä tapahtuu muutos. Kun valot kytketään päälle, mitkä tahansa valot, tästä tallentuu vain kytkentäaika ja tieto siitä, mitä kytkettiin päälle tai pois. Uusimmissa autoissa on valotunnistimet (tiedot valo-  
jen kunnosta). Tieto lamppujen kunnosta tallentuu auton tietokantaan. Auton tietokanta lähettää tarvittaessa signaalin polttimon palamisesta. Signaaliin tallentuu tieto palamisajankohdasta ja siitä, mikä lamppu on palanut. Ennen häiriösignaalia ei tallennu mitään ja se tarkoittaa, että valot ovat kunnossa. Myös sumuvalojen signaalit tallentuvat, kun niiden käyttäminen on sallittua ainoastaan sumun aikana. Sumuvalot häikäisevät vastantulevia ja se voi koitua kohtalokkaaksi.

### 3.1.4 Polttoaineensyöttö

Tallennusmuoto on analoginen tai digitaalinen, tiedot saadaan auton tietokannasta. Periaatteissa kaikissa uusissa autoissa on elektroninen polttoaineenruiskutusjärjestelmä. Tämä helpottaa signaalin käsittelemistä. Järjestelmä tallentaa signaalin prosentteina, positiivisina täysarvoina. Signaali tallentuu aina 0,25 sekunnin välein, koska ruiskutuksen tilanne muuttuu nopeasti. Tallennuksen kokonaisaika on 30 sekuntia.

### 3.1.5 Moottori

Moottorista ei kannata tallentaa kaikkia tietoja. Kaikista tiedoista ei ole apua liikenneonnettomuuksien syyn etsimisessä. Autonvalmistajat saavat kehittämistyössä tarvittavia tietoja auton omasta tietokannasta. Tallennettavia tietoja ovat vain moottorin lämpötila ja käyntinopeus. Moottorin lämpötilan tallennusmuotona on C (Celsius). Tieto tallentuu täysarvona, kun 1/10-muunnoksella ei ole merkitystä. Moottorin käyntinopeuden tallennusmuotona on RPM (kierrosta minuutissa), molemmat tiedot saadaan auton tietokannasta. Tallennusmuoto on 0 - 10. Henkilöautojen dieselmootoreiden käyntinopeudet ovat välillä 0 – 6000 RPM (tallennetaan 0 - 6) ja bensiinimootoreiden välillä 0 – 8000 RPM (tallennetaan 0 - 8). On olemassa myös erikoisautoja, joissa moottorin käyntinopeudet voivat olla normaaleja korkeammat. Tallennettu arvo kerrataan arvolla 100 ja sen suoritus tapahtuu vasta simulointiohjelmassa, jolloin saadaan oikea käyntinopeusarvo. Tiedot pyöristetään, siksi moottorin käyntinopeustieto ei ole niin tärkeä. Moottorin lämpötilan ja käyntinopeuden tallennusaikaväli on yksi sekunti.

### 3.1.6 Jarrujärjestelmä

Signaalin muoto on yleisesti analoginen. Auton jarrujärjestelmä antaa signaalin kytketty tai ei kytketty. Signaali välittyy jarruvalokytkimen kautta. Jos jarrujärjestelmässä olisi jarrunesteen paineanturi, jarrutusvoimat olisi mahdollista tallentaa prosentteina tai arvojen 0 - 100 väliltä.

### 3.1.7 Suuntavilkut

Signaalin muoto on digitaalinen tai analoginen. Uusimissa autoissa on digitaalinen, mikä helpottaa signaalin käsittelyä. Digitaalisignaalin avulla saadaan myös helposti tietää, mikä polttimo on palanut. Analogisessa järjestelmässä on mustaan laatiin syötettävä monta johtoa, mikä voi tehdä tilanteen monimutkaiseksi. Digitaalisessa muodossa tallennus tapahtuu vain, kun vilkku on kytketty päälle tai pois. Erikseen on tallennettavissa se, koska ja mikä vilkku on palanut. Analogisessa järjestelmässä kannattaa tallentaa vain vilkkujen päälle tai pois kytkemisen ajankohta. Analogisessa järjestelmässä ei tapahdu polttimoiden toimintesignaalien tallennusta. Usein liikenneonnettomuuden syy on ollut vilkuissa. Tällöin joudutaan kysymään olivatko ne ollenkaan toimimassa tai olivatko ne ehjät.

### 3.1.8 Renkaat

Monet autojenvalmistajat tarjoavat rengaspaineantureita. Tällainen järjestelmä kertoo renkaiden paineet 1/10 baarin tarkkuudella. Nämä tiedot kannattaa tallentaa. Autojen renkailla on suuri merkitys liikenneturvallisuudelle. Jokainen kuljettaja tietää, että vääränlaiset tai poikkeavat rengaspaineet vaikeuttavat autolla ajamista. Auto ei kulje suoraan eikä tottele kuljettajaa. Jos paine-erot ovat pienet, asiaa ei aina edes huomaa, mutta isommilla eroilla on suuret vaikutukset. Renkaiden ali-

tai ylipaine voi hyvinkin olla syynä liikenneonnettomuuksiin. Signaalin muoto on digitaalinen, paineyksikkö bar. Tiedot saadaan auton tietokannasta, jos autossa on asennettuna rengaspaineiden mittausyksikkö. Järjestelmä tallentaa vain varoitukset, häiriön ajankohdan ja tiedon kyseessä olevasta renkaasta. Jokaiseen auton rengaspainejärjestelmään on syötetty kyseisen auton normaalit rengaspaineet tai normaali painealue (Esim.  $2.0 \pm 0.1$  bar). Jos paineet ylittävät tai alittavat raja-arvot, järjestelmä antaa vikailmoituksen ja tallentaa sen mustaan laatikkoon.

### **3.1.9 GPS**

Kaikilla autonvalmistajilla on GPS-vastaanottimen sisältäviä automalleja. Satelliitti-paikannusjärjestelmästä saadaan auton paikannuskoordinaatit. Vaakasuunnan ja korkeussuunnan arvot - Latitudi - leveysaste (N) ja Longitudi - pituusaste (E) - saadaan auton tietokannasta. Nämä arvot kertovat auton senhetkisen sijainnin maan päällä. Jos autossa ei ole GPS-signaalien vastaanotinta, tallennus ei toimi. Nämä tiedot ovat tärkeitä onnettomuuksien syyn etsimisessä. Satelliitilta tulevien signaalien muoto on digitaalinen ja signaalit tallentuvat samassa muodossa. Tietojen tallennus tapahtuu joka viides sekunti. Tätä tallennustaajuutta pidetään riittävänä, koska auto ei tänä aikana ehdi karttakuvassa kulkemaan pitkää matkaa.

### **3.1.10 Puhelin**

Autoissa, joissa on vakiovarusteena puhelin, olisi tärkeä tallentaa puheluihin osallistuneet puhelinnumerot. Nykyään, jos autossa on puhelin ja tapahtuu vakava liikenneonnettomuus (turvatyynyt laukeavat), auton puhelin lähettää hälytyskeskuskelle hätäkutsun. Tällainen puhelu sisältää GPS-koordinaatit, joiden avulla onnettomuuspaikka on helppo paikantaa. (International Telecommunication Union 2008.) Puhelintiedoista voi myös olla apua liikenneonnettomuuksien ratkaisemi-

sessä. Myös viimeiset viisi puhelinnumeroa voivat olla avuksi onnettomuuksien selvittämisessä. Jos onnettomuuden aikana on puhuttu puhelimesta, on selvä, että on keskitytty puheluun, ei ajamiseen. Mustan laatikon signaalien lähetys ja vastaanotto voisi toimia puhelimen kautta. Näin auton valmistaja voisi saada suoria tietoja mustasta laatikosta. Jos autonvalmistajat voisivat suoraan lukea tällaisia tietoja, tilanne tarjoaisi mahdollisuuksia autojen kehittämiseen. Järjestelmä tallentaa viimeiset viisi puhelinnumeroa ja soittoaajan (alku ja loppu).

### **3.1.11 Äänentoistojärjestelmä**

Auton stereojärjestelmän äänenvoimakkuus tallennetaan, jos mahdollista. Jos auton stereolaite on vaihdettu toiseen, äänenvoimakkuuden mittausta ei ole mahdollista. Monissa uusissa autostereoissa on mahdollisuus liittää stereon tiedot auton tietokantaan. Äänenvoimakkuutta ei ole mahdollista aina lukea. Jos auton stereojärjestelmä toimii erillisenä yksikkönä, tietojen luku ei onnistu. Jos autostereot on kytketty myös toisiin yksikköihin (auton järjestelmässä), on tietojen lukeminen helppoa. Äänenvoimakkuuden taso voi olla myös sellainen parametri, jota ei normaalisti tarvita. Tällöin kyseinen tieto poistuu kokonaan parametrilistalta. Tiedolla äänenvoimakkuudesta voisi olla apua myös onnettomuuksien selvittämisessä. Jos stereoita kuunnellaan suurella äänenvoimakkuudella eikä kuljettaja ole havainnut auton ulkopuolelta tulevia ääniä tai hän on ollut liian keskittynyt musiikin kuuntelemaan.

### **3.1.12 Auton asento**

Tiedot syntyvät mustan laatikon sisäisen kiihtyvyyssanturin avulla, tallennettavat arvot ovat XYZ. Näillä arvoilla pystytään simuloimaan auton asentotiedot 30 sekuntia ennen onnettomuutta ja 10 sekuntia sen jälkeen. Kiihtyvyyssanturin on oltava

vakioasennossa siten, että anturin XYZ-suunnat ovat simulointiohjelman asetusten mukaiset. Mustan laatikon päällä ovat laitteen asennusohjeet. Laitetta ei saa asentaa vinoon tai väärin päin. Jos musta laatikko on asennettu väärin päin, voi simuloiva ohjelma väittää, että auto on ylösalaisin. Tallennusaika on 30 sekuntia ennen onnettomuutta ja 10 sekuntia sen jälkeen. Kiihtyvyyssanturin tiedot helpottavat paljon kolarin tutkimista. Näiden tietojen avulla voidaan nähdä, onko autolla ollut muitakin asentoja kuin normaaliasento. Tietojen tallennus tapahtuu 1/20 sekunnin välein. Suuri tallennusnopeus on tarpeen siksi, että auton ympäripyörähdykset voivat tapahtua hyvin äkkiä.

### **3.1.13 Törmäysanturit**

Kaikissa turvatyynyillä varustetuissa autoissa on korirakenteeseen integroitu törmäysanturit. Nykyaikana on jokaisessa uudessa autossa turvavarusteena turvatyyny. Kolarin tapahtuessa törmäysanturi antaa signaalin turvatyynyjen ohjausyksikölle, joka puolestaan laukaisee turvatyynyt. Törmäysanturin tiedoista olisi apua onnettomuuksien tutkinnassa, mutta tarvittavat tiedot saadaan myös kiihtyvyyssanturilta. Auton korirakenteeseen asennetut törmäysanturit on kytketty erikseen ohjausyksikköön. Törmäyksen aikana auton turvatyynyjen ohjausyksikkö saa tiedon törmäyssuunnasta. Jos törmäys kohdistuu auton etupuolelle, turvatyynyjen ohjausyksikkö avaa autossa olijoiden ja törmäyskohteen välissä sijaitsevat turvatyynyt sekä sivuturvatyynyt. Autoihin on varmuuden vuoksi yleensä asennettu kaksi törmäysanturia. Joidenkin tietojen tallennus mustaan laatikkoon jatkuu myös törmäykseen jälkeen. Yhteen liikenneonnettomuuteen voi liittyä useita pieniä törmäyksiä. Suurin merkitys on kuitenkin aina yhdellä tai useammalla voimakkaalla törmäyksellä. Joissain tilanteissa törmäysanturit eivät välttämättä anna lainkaan törmäyssignaalia. Törmäys voi olla liian kevyt, jolloin anturit eivät siihen välttämättä reagoi. Auton liikesignaalia tarvitaan, jotta musta laatikko tietäisi, koska toiseen vaiheen 10 viimeisen sekunnin tallentaminen on aloitettava.

### **3.1.14 Liikesignaali**

Nämä tiedot saadaan auton tietokannasta. Liikesignaalia tarvitaan, jotta musta laatikko saisi tiedon törmäysajankohdasta. Tieto törmäysajasta saadaan kahdesta lähteestä auton tietokannassa. Ensimmäinen signaali tulee auton koriin sijoitetuista törmäysantureista ja toinen auton liikeanturilta. Jos signaali saapuu jommastakummasta tai molemmista lähteistä, järjestelmä tulkitsee tämän törmäysajankohdaksi. Kun auton liiketila pysähtyy, musta laatikko saa toisen törmäysaikasisignaalin. Ensimmäisestä törmäysaikasisignaalista voidaan käyttää nimitystä tallennusaika A ja toisesta tallennusaika B.

### **3.1.15 Lämpötilat**

Nämä tiedot saadaan auton tietokannasta. Jokaisessa uudessa autossa on nykyään yleensä ulkolämpötila-anturi. Tiedot tallentuvat 10 sekunnin välein. Tienpinnan lämpötilalla on suuri merkitys, mutta sen mittaaminen on vaikeaa. Autoihin ei ole asennettu tielämpömittaria. Sen asentaminen onkin käytännössä mahdotonta, koska tällaisen mittalaitteen pitäisi toimia joko infrapuna- tai lasertekniikalla tai sillä olisi oltava jatkuva kontakti tien pintaan. Kun auton alla lentää kuraa ja pölyä, anturin lukupää tukkeutuu helposti. Jos keli on liukas ja auton pyörät luistavat (niin vähän, että kuljettaja ei sitä huomaa), luistonestojärjestelmä antaa tarvittavat tiedot pyörien luistamisesta. Tieto ulkolämpötilasta voi auttaa onnettomuuksien selvittämisessä. Myös moottorin lämpötilatiedot on syytä tallentaa. Lisätietoja tästä on kohdassa "Moottori".

### **3.1.16 ABS**

Nykyaikana on kaikissa uusissa autoissa ABS-jarrujärjestelmä. ABS-ohjausyksikön ja ABS-antureiden väliltä saatavat tiedot olisivat mustan laatikon toimintojen kannalta relevantteja, mutta koska nämä tiedot ovat alttiita erittäin nopeille muutoksille, niitä ei tallenneta. Muussa tapauksessa seurauksena saattaisi olla mustan laatikon ylikuormittuminen. Tallennettavien tietojen joukossa voisi kuitenkin olla ABS-häiriösignaali. Kolarin jälkeen ei välttämättä enää pystytä selvittämään, oliko ABS kunnossa vai ei. Signaalin avulla voitaisiin selvittää, missä oli vikaa. Tiedosta voisi olla apua onnettomuuden tutkinnassa. Auton tietokannasta saatujen tietojen avulla pystytään lukemaan vikakoodi. Tallennuskohteena olisi vain itse vikakoodi ja sen ilmenemisaika.

### **3.1.17 ESC**

Kaikkiin uusiin keskiluokkaan ja sen yläpuolelle luokiteltaviin autoihin, on saatavana ajonvakautusjärjestelmä. Tässä ei tarkastella kyseistä järjestelmää tarkemmin. Riittää, että siitä tallennetaan vikakooditiedot. Jos auto joutuu sivuluistoon, ajonvakautusjärjestelmä antaa toiminnastaan merkkisignaalin ja toimii sitten itsenäisesti. Häiriösignaali, olipa kyseessä sitten virhekoodi tai pelkkä häiriö, tallennetaan; samoin sen ilmenemisaika. Tallennusaika on 30 sekuntia ennen törmäysaika-signaalia. Ajonvakautusjärjestelmiä on erilaisia, kaikki eivät anna virhekoodia (sen syy pystytään selvittämään). Jotkin ajonvakautusjärjestelmät antavat signaalin pelkästä toiminnastaan. Kyseessä on onnettomuuksien tutkimuksen kannalta hyvin tärkeä informaatio esimerkiksi, jos saatujen tietojen perusteella havaitaan, että autolla on ajettu niin, että ajonvakautusjärjestelmä on jatkuvasti joutunut korjaamaan auton kuljettajan ohjausvirheitä. Jos järjestelmä lakkaa tällaisessa tilanteessa toimimasta, seurauksena on todennäköisesti ulosajo.



### **3.1.18 Sadeanturi ja lasienpyyhkimet**

Jokaisessa autossa on lasinpyyhkimet. Joihinkin autoihin on saatavana sadeanturi. Lasinpyyhkimiltä saatavat tiedot ovat yleensä tyyppiä päällä - pois päältä. Näitä tietoja ei tarvita. Jokainen kuljettaja pitää itse huolta näkyvyydestä tuulilasin läpi. Kiinnostus kohdistuu sadeanturin signaaliin, joka kertoo onko lasilla vettä tai jäätä. Sadeanturi ei reagoi pölyyn yhdenmukaisesti. Sadeanturi antaa signaalin, että jotakin on lasin päällä, mutta se ei osaa tulkita kuljettajan näkemistarvetta. Lain mukaan koko tuulilasin on oltava läpinäkyvä siltä alueelta, jonka lasinpyyhkimet pysyvät pyyhkimään. Jos esimerkiksi talvella ei aina jaksa tai ei näe tarvetta puhdistaa tuulilasia jäädystä, voi lopputulos olla vaarallinen. Tällaisessa tapauksessa pitäisi sadeanturin antaa signaali lasien epäpuhtaudesta. Sadeanturin tiedot tallennetaan 30 sekunnin ajalta ennen törmäysaika-signaalia. Ongelmaksi voi muodostua se, että sadeanturi toimii vasta sitten, kun lasinpyyhkimet on kytketty päälle. Optimaalinen olisi tilanne, jossa sadeanturilta tulisi jatkuvasti informaatiota mustalle laatiolle.

## **3.2 Turhat tiedot**

Jokaisen auton tietokannasta on saatavissa myös muita signaaleja. Jotkut ovat turhia liikenneonnettomuuksien selvittämisen kannalta. Tulevaisuudessa saataan tarvita myös tällä hetkellä ”turhiksi” katsottavia tietoja, esimerkiksi polttoainemäärä, akun jännite, öljypaine, sisälämpötila, vaihteen numero jne.

### **3.2.1 Polttoainemäärä**

Jos onnettomuuden jälkeen auto on syttynyt palamaan tai se on sytytetty, voisi tallennetuista tiedoista olla jossain määrin apua. Jos tankki oli melkein tyhjä ja on-

nettomuuden tutkijat ovat tulleet tulokseen, että auto on sytytetty isolla määrällä bensiiniä, tällä tiedolla on suuri merkitys.

### **3.2.2 Akun jännite**

Joskus harvoin auto on voinut syttyä palamaan ilman mitään ilmeisen selkeää syytä. Syynä on voinut olla bensanvuoto, johtojen oikosulku, pakoputkisto tai ihmisen oma kömpelyys. Johtojen oikosulun pitäisi aiheuttaa sulakkeen laukeaminen. Oikosulku voi aiheutua pienistäkin virroista ja se voi olla syynä tulipalon syttymiseen. Jos auton sytytysvirta on oikosulun aikana katkaistuna tai moottori on sammutettu, tallennus ei toimi. Tällaisessa tapauksessa akun jännitearvon tallentaminen on ei onnistu. Jos akun jännitearvo tallennettaisiin auton liikkuesssa, voisi tiedota olla apua poikkeustilanteissa. Tällaiset tulipalot ovat kuitenkin todella harvinaisia. Yleensä ennen palaa sulake.

### **3.2.3 Öljynpaine**

Öljynpaineella on moottorille erittäin suuri merkitys. Painetietojen tallentaminen on epäoleellista. Toisaalta, jos moottorin öljynpaine on laskenut liian alas, moottori ei käy kauaa vaurioitumatta vaan voi yhtäkkiä lopettaa pyörimisen. Tällöin saattavat myös vetävät pyörät lukittua. Jos tällainen tilanne tapahtuu talvella tienpintojen ollessa liukkaita, seuraukset voivat olla kohtalokkaita. Auton oma tietokone, ei anna moottorille enää lupaa toimia, kun öljynpaineet laskevat. Periaatteessa öljynpainetietoja ei kannata, tallentaa mustaan laatikkoon. Autojen valmistajat, valmistavat eri hintaluokkiin kuuluvia autoja. Halvimmissa autoissa on vähemmän elektroniikkaa ja kallista tekniikkaa. Mikäli autossa ei ole moottorin öljynpaineen kriittisen alenemisen huomioivaa käynnistysenestojärjestelmää, mustasta laatikosta saatavilla tiedoilla voisi olla merkitystä.

### 3.2.4 Sisälämpötila

Melkein kaikissa uusissa autoissa on automaattinen sisäilman lämmityslaite. Tällöin autossa on sisäilman lämpömittari, jonka tiedot voidaan lukea auton tietokannasta. Liian korkea tai matala sisälämpötila voi vaikuttaa kuljettajan ajokäyttäytymiseen. Liian lämmin sisäilma saa aikaan väsymystä. Varsinkin pidemmällä matkoilla kuljettaja voi altistua rattiin nukahtamiselle, jos sisälämpötila on normaalia korkeampi. Tämä tieto ei ole kovin tärkeä, mutta se voidaan tallentaa. Yleensä sitä ei kuitenkaan tallenneta.

Jotkin mustaan laatikkoon tallennetut tiedot ovat liikenneonnettomuuksien selvittämisen kannalta vähemmän oleellisia, kuin toiset. Toisaalta, koskaan ei voi olla varma, mistä tiedoista missäkin tilanteessa olisi apua.

### 3.3 Tulevaisuuden lisämahdollisuudet

Uusia varusteita, joiden avulla olisi mahdollista selvittää onnettomuuksien syyt, tulee koko ajan lisää. Ehkä myös mustasta laatikosta tulisi luotettava todiste liikenneonnettomuuksien selvittämisessä. Tämän mahdollistamiseksi mustan laatikon pitäisi toimia aina ja kaikissa olosuhteissa, nyt ja tulevaisuudessa. Eli sen olisi oltava luja ja luotettava. Siinäkin tapauksessa, että jokin tieto katoaisi signaaleista, olisi tallentimen jatkettava toisten tietojen tallentamista.

Tulevaisuudessa mustaan laatikkoon olisi tarkoitus integroida lisäsignaaliliitoksia, jotta sen rakennetta ei tarvitsisi muuttaa lyhyin väliajoin. Muuttaminen vaatii rahaa ja aikaa. Sen takia on parempi miettiä tulevaisuuden tarpeita jo nyt. Onneksi jo lähitulevaisuudessa kaikki autokohtaiset tiedot liikkuvat auton tietoliikenneväylien kautta. Mikä ratkaise lisäliittimien ratkaisua. Seuraavassa on muutamia esimerkkejä lisäliittimien avulla tulevaisuudessa mahdollisesti katettavista tarpeista.

### 3.3.1 Unitutka

Unitutka voisi olla hyvä väline onnettomuuksien ehkäisyyn. Unitutka tarkkailisi kuljettajan silmiä ja selvittäisi niiden liikedynamiikan perusteella, onko kuljettaja väsynyt. Silmän pohjasta heijastuvan valon perusteella pystyttäisiin laskemaan, ovatko silmäluomet raskaat. Järjestelmä lukisi unitutkan tiedot ja tallentaisi ne. Unitutka saattaa jo olla olemassa, vaikka en olekaan löytänyt tällaista laitetta koskevia täsmällisiä tietoja. Löysin tietoja ”häätäpysäytysavustajasta”, joka aktivoituu kun ihminen ei enää itse pysty ohjamaan autoa. (The Motor Report 2009.)

Vaikka unitutka olisikin jo olemassa, sitä ei ole vielä vakiovarusteena saatavana autoihin. Unitutkan kaltaiselta laitteelta mustaan laatikkoon tallentuviin tiedoista voisi olla paljon apua liikenneonnettomuuksien selvittämisessä.

### 3.3.2 Alkometri

Alkometri olisi erittäin hyödyllinen auton lisävaruste. Laitteen toiminnan ajatuksena on, että kuljettajan olisi ennen auton moottorin käynnistämistä puhallettava alkometriin. Alkometri lähettäisi signaalin auton tietokantaan toimintojen jatkamiseksi. Suomen laki ”sallii”, 0,5 ‰ juopumuksen. Järjestelmä tallentaisi veren alkoholipitoisuuden, myös 0–0,5 ‰ lukemat. Yli 0,5 ‰ lukemat ovat lainvastaisia. Autolla ei saa ajaa. Alkometrin kaikki puhallustiedot olisi syytä tallentaa. Joku voi joskus yrittää huijata alkometriä. Tämän takia mustan laatikon käyttöjärjestelmä pitäisi ohjelmoida niin, että se tallentaa tarvittavat tiedot jo ennen moottorin käynnistystä. Musta laatikko aloittaa tietojen tallennuksen vasta sitten, kun moottori on käynnissä. Jos on tapahtunut onnettomuus, on selvitettävä kuljettajan ajokunto. Tällöin ei alkometrin tulos toimi todisteena. Nykyään todisteeksi käy vain verikoe tai poliisin alkometrillä tehty koe. Autoihin on saatavilla alkometrejä lisävarusteena, mutta ei vakiovarusteena. Lisävarusteena saatavat alkometrit eivät ole autonvalmistajan

tuotteita. Nämä lisävaruste-alkometrit pystytään liittämään tai ne pitäisi pystyä liittämään auton tietokantaan. Sillä, että kuljettajan on ennen moottorin käynnistämistä puhallettava alkometriin, estetään rattijuoppoutta. Jos kuljettajalla ei ollut promilleja veressä, hän saa luvan käynnistää auton.

### **3.3.3 Auton tunnistaminen radiosignaalien kautta**

Myös auton tunnistaminen on käyttökelpoinen tieto. Jokaisessa autossa voisi olla laite, joka lähettäisi auton rekisterinumeron, radiosignaalin välityksellä toiselle autolle. Lähettimen lisäksi autossa olisi myös tietojen vastaanottojärjestelmä. Signaalin kantaman ei tarvitsisi olla kovin pitkä: noin 10–20 metriä riittäisi. Tällaisella toiminnolla saatujen tietojen avulla voitaisiin tunnistaa kolariin osallisten autot, mikäli esimerkiksi onnettomuuteen syyllinen sattuisi karkaamaan tapahtumapaikalta. Järjestelmälle voisi olla käyttöä myös satamissa, rajanylityspaikoissa tai varastettujen autojen etsinnässä.

## 4 MUSTAN LAATIKON OMINAISUUDET

### 4.1 Tallennuksen aikajakso

Järjestelmä tallentaa viimeiseen 30 sekunnin tiedot alkaen auton moottorin käynnistymisestä ja päättyen moottorin sammumiseen. Ennen törmäyshetkeä tallennettua aikaa kutsutaan "tallennusajaksi A". Törmäyshetken jälkeen tallennettua aikaa kutsutaan "tallennusajaksi B". 30 + 10 sekuntia on riittävä aika liikenneonnettomuuden selvittämiseen tietokannasta saatavien tietojen avulla. Tallennusaikaa B tarvitsee täällä hetkellä ainoastaan kiihtyvyyssanturi. Kiihtyvyyssanturin tärkeysluokitus on hyvin korkea.

Taulukko 2. Mustan laatikon toimintoarvot.

0	Toiminnot	Aika	Aikaväli
1	Nopeus	30	1
2	Turvavyöt		kyllä/ei
3	Ajovalot		kyllä/ei
4	Pitkät valot		kyllä/ei
5	Sumuvalot		kyllä/ei
6	Valojen kunto		kyllä/ei
7	Polttoaineen ruiskutus	30	0,25
8	Moottorin lämpötila		1
9	Moottorin käyntinopeus		1
10	Jarrujärjestelmä		kyllä/ei
11	Vilkut		kyllä/ei
12	Renkaat		kyllä/ei
13	GPS		5
14	Puhelin		10 numero
15	Stereojärjestelmä		kyllä/ei
16	Kiihtyvyyssanturi	30	0,25
17	Törmäysanturit		kyllä/ei
18	Liikesignaali		kyllä/ei
19	Ulkolämpötila		10
20	ABS		kyllä/ei
21	ESC	30	kyllä/ei
22	Sadeanturi	10	kyllä/ei
23	Tulevaisuus	~30	kyllä/ei/~10
	Yhteenveto	maks. 30	maks. 5

Taulukosta 2 käyvät ilmi kaikki toiminnot ja vastaavasti suunnitellut toimintoarvot. Kyllä/ei kertoo, tallennetaanko tiedot tai arvot vai ei. Jos toiminnot tallennetaan, kuuluu myös siihen tallennusaikaa. Taulukon kohdassa 16 tallennusaika B jatkuu vielä 10 sekuntia.

## 4.2 Tietojen siirtäminen mustaan laatikoon

Mustan laatikon ulkopuolelta tarvittavat tiedot saadaan autoon tiedonsiirtoväylästä. Väylästandardeja ja -nopeuksia on erilaisia. Kuusi eniten käytettyä standardia ovat IBus CAN, LIN, e J1850, FlexRay, MOST ja Van. Tiedot siirtyvät autossa kuparijohtojen, valojohdojen tai langattoman tiedonsiirtojärjestelmän kautta. Uusimmissa standardeissa käytetään 2–4 sähköjohtoa tai optista signaalia valokaapelin kautta. (Interfacebus 1998.)

Taulukko 3. Väylien siirtonopeudet ja signaalijohtojen määrät ovat seuraavat. (Interfacebus 1998.)

Väylä	Johtoa	Mbit/s
FlexRay	2\4	20
MOST	1 optic	23
IBus CAN	2	1
LIN	1	0,02
e J1850	1\2	0,04
VAN	2	0,13



Taulukko 4. Taulukossa on lueteltu muutaman autonvalmistajan käyttämät tiedonsiirtoväylät. (Interfacebus 1998.)

Protokolla	Aloitusvuosi	Tuottaja	Tyyppi
FlexRay	2008?	BMW	henkilöautot
FlexRay	2008?	Volkswagen	henkilöautot
FlexRay	2008?	Daimler AG	henkilöautot
FlexRay	-	General Motors	henkilöautot
CAN	1986	many (ISO 11898-1)	kaikissa
MOST	?	Ford, BMW, DaimlerChrysler, and GM	henkilöautot
J1850	-	GM	henkilöautot
J1850	2008?	Chrysler	henkilöautot
J1850	-	Ford	henkilöautot
APC	-	Ford	henkilöautot
ISO-9141-I/-II	2008?	Ford	henkilöautot
VAN	2008?	PSA Peugeot Citroën	henkilöautot
VAN	2008?	Renault	henkilöautot
J1939	2005-present	many	kuorma autot
J1708/1587	1985-present	Volvo AB, most US truck manufacturers	kuorma autot

Mustan laatikon sisäpuolelta saadaan kiihtyvyyssanturin tiedot. Kaikki muut tiedot tulevat laatikoon ulkopuolelta, minkä takia signaalivirran ymmärtäminen voi muuttua vaikeaksi. Ajoneuvon oman järjestelmän signaalit ovat nykyaikana digitaalisessa muodossa. Se tarkoittaa, että A/D (analogi-digitaalinen)-muuntujaa ei enää tarvita. Tiedonsiirtoväylällä varustetuissa autoissa signaalit voidaan hakea suoraan väyläjärjestelmästä. Nykyaikana autoissa on entistä enemmän elektroniikkaa ja erilaisia antureita, mikä suo lisämahdollisuuksia mustan laatikon tallennustoimintoja varten.

Kaikki auton tiedot eivät kulje tiedonsiirtoväylän kautta, ja eikä niitä siksi voida haakea. Jos mustan laatikon ja tietoja välittävän anturin välille vedettäisiin johto, anturin tiedot olisivat luettavissa. Jos tietty anturi puuttuu kokonaan, se olisi asennettava. Kuinka musta laatikko osaisi sen lukea tällaisessa tilanteessa? Mustan laatikon käyttöjärjestelmä olisi ohjelmoitava uudelleen. Jos tarvittavassa kohteessa olisi tarvittava anturi, mutta tietoja ei siirrettäisi auton tietokantaan, tiedot olisivat periaatteessa luettavissa anturin nastoista. Tällaisessa tapauksessa kumpikaan tietojen lukija ei välttämättä ymmärtäisi signaalia, koska signaalien lukijat voivat lähettää häiriöitä anturin virtapiiriin ja lukeminen ei onnistu. Tämä ajanjakso on auton tiedonsiirtoväylän kannalta toiminnallisesti heikkoa aikaa. Autossa voi olla antureita, mutta niiden tietoja käyttää vain jokin ohjausyksikkö, eikä tietokantaan siirry mitään tietoja. Uusien autojen elektroniset järjestelmät ovat käytännössä täysin digitalisoitu väyläjärjestelmän kautta. Halvimmissa autoissa kaikki toiminnot eivät kuitenkaan ole elektronisia ja siksi tarvitaan pakolliset anturit. Näillä antureilla on tärkeä merkitys moottorin ja ohjausyksiköiden työn kannalta.

### **4.3 Mustan laatikon ja auton yhteensopivuus**

Tietojen siirtäminen tietokannasta mustaan laatikoon on yksi tärkeimmistä prosesseista. Kaikki autot eivät käytä samaa väylästandardia. Pääasia on, että kaikissa autoissa käytetään samaa liitintä mustan laatikon kytkemistä varten. Olisi hyvä, jos liitin voisi olla kaikissa autoissa ja mustissa laatikoissa saman standardin mukainen. Autonvalmistajat pitävät itse huolen siitä, että liitännän johdot tulevat oikeaan paikkaan. Autojen valmistajat eivät muuta tietokannan signaaleja mustalle laatikolle sopiviksi vaan musta laatikko lukee tietoja auton tietokannasta ja muuntaa signaalit itse sopiviksi, jos tähän on tarvetta. Tämä edellyttää, että mustan laatikon käyttöjärjestelmä ymmärtää tarvittavat tiedot ja erottaa ne tiedonsiirtoväylässä liikkuvista tiedoista. Auton tiedonsiirtoväylässä kulkee muitakin tietoja, kun vain

ne, joita musta laatikko tarvitsee. Tietojen tunnistaminen edellyttää, että eri autojenvalmistajien tiedonsiirtoväylissä liikkuvat tiedot osataan lukea.

#### 4.4 Jatkuvien tietojen lähettäjät

Jotkut sisään tulevat signaalit ovat hetkellisiä ja toiset jatkuvia. Hetkelliset signaalit sisältävät toimintoja, joita suoritetaan kerran. Muut signaalit ovat jatkuvia, eli signaali ei lopu. Jatkuvien signaalien tulon lopettaa virran katkeaminen tai signaalin lähettäjään liittyvät ongelmat. Jatkuva signaali on yksi pitkä arvojen jono. Jatkuvia signaaleja lähettää esimerkiksi GPS-vastaanotin, nopeustunnistin, käyntinopeusmittari ja sadetunnistin. Ne ovat ulkoisia jatkuvan signaalin lähettäjiä. Mustan laatikon sisällä on myös jatkuvien signaalien lähteitä. Kiihtyvyyssanturi on jatkuvien signaalien lähettäjä. Mustan laatikon sisällä liikkuvat tiedot, eivät kuormita auton tiedonsiirtoväylää. Se, että musta laatikko vie auton tiedonsiirtoväylästä tehokkuutta, ei todennäköisesti muodostu ongelmaksi. Uusissa autoissa on nykyään nopeat tiedonsiirtoväylät, esimerkiksi IBus CAN -väylästandardi, jonka nopeus on 1 Mbit/s. Se on hyvinkin riittävä nopeus mustan laatikon väylää varten. IBus CAN-väylä on pian historiaa, kun käyttöön tulevat uudet väylästandardit, mutta se soveltuu mustan laatikon suunnitteluprosessia varten. Auto itse lukee tietoja jatkuvasti omista antureistaan. Signaalit siirtyvät tiedonsiirtoväylän kautta auton tietokantaan, kun musta laatikko on yhdistetty samaan tiedonsiirtoväylään auton muiden signaalien käyttäjien ja lähettäjien kanssa. Tiedot voidaan siten lukea samanaikaisesti auton ja mustan laatikon puolelta. Väylätekniikan käyttö auttaa poistamaan ylimääräiset johdot.

## 4.5 Käyttöjärjestelmä

Mustan laatikon tietojen luvusta ja tallennuksesta huolehtii käyttöjärjestelmä. Autossa ja mustassa laatikossa käytetään samanlaisia yhteensopivia liittimiä, mutta jos tiedonsiirtoväylät käyttävät eri standardeja, käyttöjärjestelmän pitäisi voida lukea myös eri standardien mukaisia tietoja. Paras tähän olisi ohjelmoitava käyttöjärjestelmä, joka tunnistaisi auton tiedonsiirtoväylässä kulkevat tiedot automaattisesti. Yhdessä autossa ei käytetä samanaikaisesti kahta eri väylästandardia. Autonvalmistajat käyttävät eri standardien johdoissa samoja liittinnastoja, mikä voi aiheuttaa ongelmia tietojen siirrossa. Yksi ratkaisu tähän olisi käyttää riittävän isoa liittintä, jossa jokaisella väylätiedon siirtostandardilla olisi omat nastansa. Toisten väylästandardeiden nastat jäisivät tyhjäksi. Mustan laatikon kaikki liittinnastat kytketään prosessoriin. Prosessori tunnistaa automaattisesti, mikä tiedonsiirtoväylä on käytössä. Tunnistuksen jälkeen prosessori tietää, mikä käyttöjärjestelmä on kyseessä.

GPS-tiedot muodostavat jatkuvan signaalijonon, mutta ne tallentuvat joka 5. sekunti. Käyttöjärjestelmä voisi toimia niin, että se lukisi muistiin 4–6 sekunnin tiedot. Jos käy niin, että 5. sekunti on mennyt hukkaan, käytettäisiin 4. tai 6. sekunnin tietoja. Tieto voi mennä hukkaan, jos yhteys johonkin satelliittiin katkeaa ja tiedot häviävät. Jos signaalin puute jatkuu, tallennusta ei tapahdu. Näin voi käydä, jos autolla on ajettu tunneliin tai ollaan kaupungissa talojen varjossa eikä satelliitista saada signaaleja.

## 4.6 Kello

Kellonajalla on prosessissa kaikkein suurin merkitys. Auto lukee tarkan kellonajan GPS-vastaanottimen kautta satelliitilta. Musta laatikko voi päivittää kellon tiedot, auton tietokannasta. Päivitys voisi tapahtua joka kerta, kun auton moottori käynnistetään. Jos mustan laatikon kellonaika on väärin, liikenneonnettomuuden tutki-

jat, eivät pysty selvittämään onnettomuuden tarkkaa tapahtumisaikaa. Kaikki tallentuu hyvin, kun mustassa laatikossa on sisällä jatkuvatoiminen kello. Jos kello jostakin syystä on nollatunnut eikä sen päivitys ole mahdollista auton tietokannasta, lukeminen alkaa nollasta. Tallentamiseen tarvitaan aikaa ja sen takia kellonajan määrittäminen on tärkeää. Riippumatta siitä, alkoiko lukeminen nollasta tai oikeasta kellonajasta, tallennuksen yhteydessä tarvitaan aina tapahtuma-aika. Vaikka kellon-aika olisi väärä, oikea aika pystytään simuloimaan onnettomuuden jälkeen tallennettujen tietojen avulla.

#### 4.7 Tärkeysluokat

Tärkeät ja vähemmän tärkeät tiedot, asetetaan tärkeysjärjestykseen. Joidenkin tietojen puuttuessa, simuloiva ohjelma ei pysty enää simuloimaan tarkasti liikenneonnettomuuksia. Niinkin voi käydä, että simuloiva ohjelma ei tietojen puuttumisen takia kykene simuloimaan enää mitään. Tärkeystason tiedot ovat tärkeät, simuloivalle ohjelmalle. Jos näistä kolmesta simulointiohjelmalle tärkeimmästä tiedosta häviäisi nopeus, pystyisi järjestelmä GPS-tietojen avulla laskemaan nopeuden. Kiihtyvyyssanturista nähdään vain auton kulkusuunnat. Jos GPS-tiedot häviävät, voidaan nähdä vain että auto on liikkunut, kääntynyt ja pyörinyt. Jos nämä kolme tietoa puuttuvat, onnettomuutta ei pystytä simuloimaan.

Taulukko 5. Simuloivalle ohjelmalle tärkeät tietolähteet.

1	Nopeus
2	Kiihtyvyyssanturi
3	GPS

Vaikka nopeus pystytään laskemaan myös GPS-tiedoista, ovat auton tiedonsiirtoväylästä tulevat tiedot kaikissa olosuhteissa olemassa. Tiedetään nopeus, kiihtyvyys, kääntymissuunnat ja iskusuunnat. GPS-tiedoilla pystytään liittämään simuloi-

tava auto kartalle. Kiihtyvyyksanturilta tulevien tietojen pohjalta voidaan selvittää auton pyöriminen onnettomuuden aikana.

Taulukko 6. Toiseksi tärkeimmät tietolähteet.

4	ESC
5	Jarrujärjestelmä
6	Törmäysanturit
7	Vilkut
8	Ulkolämpötila
9	Sadeanturi
10	Turvavyöt
11	Polttoaineen ruiskutus
12	Moottorin käyntinopeus
13	Ajovalot
14	Sumuvalot
15	Pitkät valot
16	ABS
17	Renkaat

Toiseksi tärkeimmät tietolähteet ovat tärkeimpien tietojen ohella oleellisia liikenneonnettomuuksien selvittämisessä. Toiseksi tärkeimmistä tiedoista pystytään selvittämään onnettomuuksien syyt. Tärkeimpien tietojen pohjalta pystytään selvittämään auton liikkumis- ja pyörimissuunnat, myös iskukohtat. Kolmanneksi tärkeimmät tiedot voivat toisinaan olla. Liikenneonnettomuuden syynä on voinut olla esimerkiksi puhelimeen puhuminen.

Taulukko 7. Kolmanneksi tärkeimmät tiedot.

18	Liikesignaali
19	Moottorin lämpötila
20	Valojen kunto
21	Puhelin
22	Stereo

#### **4.8 Mustan laatikon käyttöjärjestelmän päivittäminen**

Mustan laatikon toimintaa ohjaa käyttöjärjestelmä, jota on voitava päivittää. Musta laatikko on yhdistetty auton tiedonsiirtoväylään, joten sitä olisi helppo päivittää auton tiedonsiirtoväylän kautta. Päivitykset saisi luvalla siirtää esim. vakuutusyhtiölle tai fyysiselle henkilölle. Päivityksiä tarvitaan, jos käyttöjärjestelmän ohjelmoinnissa on tapahtunut virheitä. Ennen käyttöönottoa käyttöjärjestelmä testataan toiminnan varmistamiseksi. Käyttöjärjestelmän kaatumista ei voi tällaisessa paikassa tapahtua. Heti alussa on suunniteltava valmiiksi melko täydellinen käyttöjärjestelmä, että sitä ei tarvitse heti päivittää. Erikoistilanteita voi syntyä, jos autoon on laitettu joku uutta signaalia käyttävä uusi laite, josta voisi olla apua liikenneonnettomuuksien selvittämisessä. Tällöin tarvitaan uusi käyttöjärjestelmä, joka ymmärtää uuden laitteen signaalit ja tallentaa ne.

#### **4.9 Tietojen lukeminen mustasta laatikosta**

Mustan laatikon tiedot voisivat lukea kaikki ne, joilla on tarvittavat työkalut siihen. Lukeminen onnistuisi myös auton tiedonsiirtoväylän kautta. Tilanne on tietysti toisenlainen silloin, kun tietoja ei voida enää lukea auton tiedonsiirtoväylän kautta. Tällöin tiedot saadaan luettua mustan laatikon liitännän kautta. Mustan laatikon liitännän kautta lukeminen vaatisi erillisen, erikoisliittimellä varustetun johdon, joka olisi vapaasti saatavilla. Tapauksissa, joissa tietoja ei pystytä lukemaan auton tiedonsiirtoväylän kautta, on kyseessä vakavampi onnettomuus. Tällaisessa tapauksessa musta laatikko on irrotettava autosta ja lukemista on kokeiltava liittimen kautta. Jos lukeminen ei onnistu myöskään mustan laatikon liittimen kautta, musta laatikko on avattava.

#### 4.10 Mustan laatikon virransyöttö

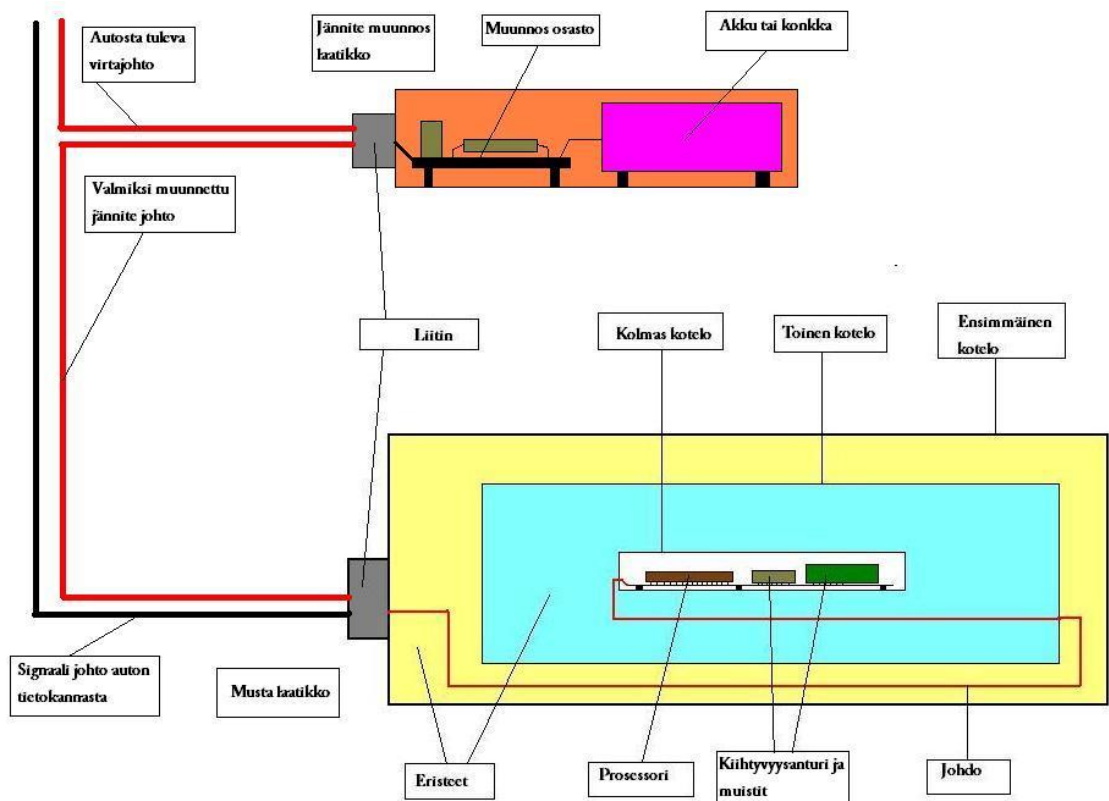
Musta laatikko saa sähköenergiansa auton sähköjärjestelmästä. Auton sähköjärjestelmä käyttää 12 V tasavirtaa. (Autohausaz 1998.) 12 V:n muuntaminen pienemmäksi voi mustan laatikon sisäpuolella olla vaikeaa. Kaikkien muunnosten hyötysuhde ei ole 100 %, mikä tarkoittaa että osa energiasta menee hukkaan. Hukkaan menevä energia muuttuu lämmöksi. Mustan laatikon sisäpuolella ei tarvita lisälämpöä. Hyvillä komponenteilla lämmön muodostuminen voi olla vähäisempää mutta silti kaikki ylimääräinen lämpö mustan laatikon sisäpuolella on liikaa.

Kolarin yhteydessä voi auton sähköjärjestelmässä tapahtua sähkökatko ennen kuin musta laatikko on suorittanut tehtävänsä loppuun. Jos törmäys kohdistuu suoraan auton akkuun ja auton virransyöttö katkeaa, loppuu myös mustan laatikon tallennustoiminto. Tällaisessa tapauksessa musta laatikko ei ehdi tallentamaan kaikkia sille määriteltyjä tietoja. Tämän takia tarvitaan mustan laatikon rinnalle lisälaitte, joka käyttää auton sähköjärjestelmän 12 V:n jännitettä ja muuntaa sen mustalle laatikolle sopivaksi. Lisäyksikkö muuntaa jännitteen sopivaksi ja tasoittaa jännitteen katkeamisesta aiheutuneet tilanteet. Yksikkö saa energiansa auton sähköjärjestelmästä. Lisäyksikkö ylläpitää tarvittavaa jännitettä niin kauan, että musta laatikko päättää tehtävänsä. Lisäjänniteyksikkö on suojattu ulkopuoliselta oikosululta, jos autoon tulee sellainen. Näin oikosulku ei syö jänniteyksikön energiaa. Auton moottorin sammumisen jälkeen jänniteyksikkö kytkee itsensä pois auton virtapiiristä auton akun varaustilan säilyttämiseksi. Katkaisu ei tapahdu heti moottorin sammuttamisen jälkeen, vaan yhden minuutin kuluttua. Jos lisäjänniteyksikön akku on heikentynyt ja se on vapaasti auton virtapiirissä, se voi kuluttaa auton akun energiaa eikä auton moottori enää käynnisty. Lisäjänniteyksikkö huolehtii myös jännitehäiriöiden tasoittamisesta.

Lisäjänniteyksikön komponentit voidaan sijoittaa mustan laatikon sisäpuolelle.. Sen akku voi heikentyä, jolloin se on vaihdettava. Akun vaihto tulisi kalliiksi. Lisä-



jänniteyksikkö tuottaa lämpöä ja se on joskus mahdollisesti vaihdettava. Akun kapasiteetin ei tarvitse olla iso. Akuille on tarvetta 10 sekunniksi, mikä on akkukesto-vaatimuksia ajatellen hyvin lyhyt aika. Akku voitaisiin myös korvata kondensaattorilla, jonka virrantuotto kestäisi noin 15 sekuntia. Kondensaattori olisi myös kestävämpi kaikissa olosuhteissa.



Kuva 10. Musta laatikko ja sen rinnalla oleva jännitemuunnosyksikkö.

## 5 MUSTAN LAATIKON KOKOONPANO

### 5.1 Komponenttien valinta

Kaikkien mustassa laatikossa tarvittavien komponenttien on oltava sekä kylmän- että kuumankestäviä. Kylmänkestävä tarkoittaa noin  $-30\text{ °C}$ , joka on talvisin pohjoisissa oloissa mahdollinen lämpötila. Kuumankestävä tarkoittaa, että mustan laatikon sisäpuolelle voi muodostua hieman lämpöä, mutta ei merkittävästi. Komponenteiksi valitaan sellaiset, jotka eivät tuota paljon lämpöä. Musta laatikko on hyvin eristetty ulkopuolelta tulevalta lämmöltä ja pakkaselta. Jos auto on talvella useita viikkoja kovassa pakkasessa, voi myös mustan laatikon sisälämpötila laskea. Komponenttien nopeusluokituksen ei tietojen käsittelyä ja siirtoa varten tarvitse olla huippuluokkaa. Mustan laatikon täytyy kestää ainakin tunnin verran auton tulipaloa, jonka aikana lämpötila voi nousta normaalia korkeammalle. Mustan laatikon käytön komponenteilla ei ole jäähdytystä. Kotelo on hyvin eristetty ulkopuolelta lämmöltä ja pakkaselta. On hyvin tärkeää, että komponentit ovat tehokkaita ja että niiden hyötysuhde on korkea. Yksikön sisäinen lämpötila ei saa kohota liikaa. Kun hyötysuhteeltaan hyvä komponentti ylikellotetaan, nousee hukkaan menevän energian määrä jyrkästi.

#### 5.1.1 Prosessori

Normaaleissa kodin tietokoneissa käytettävä prosessori on ko. laitteen suurin lämpöä vapauttava komponentti. Sen hyötysuhde on matala. Nykyään tehokkaiden tietokoneiden prosessori kuluttaa noin 100 - 150 W sähköä, josta 75–80% muuttuu lämmöksi. Tällöin prosessorin hyötysuhde on huono. Sitä voidaan hyvin verrata 100 W hehkulamppuun, jossa 90 % kulutetuista energiasta muuttuu lämmöksi ja vain 10 % nähtäväksi valoksi. (School Of Computer Science 2009.)

Suunnittelussa ei tarvita niin tehokasta prosessoria. Prosessorimaailmassa on tarjolla monenlaisia komponentteja. Kodin tietokoneiden prosessorit ovat eri luokkaa verrattuna sulautetuissa järjestelmissä käytettäviin mikroprosessoreihin. Suunnittelussa etsitään mikroprosessoria, joka on pieni ja riittävän tehokas, Niiden energian kulutus on vähäinen ja hinta sopiva. Mikroprosessorien hyötysuhde on korkea, ja sen takia ne eivät lämpene juuri ollenkaan.

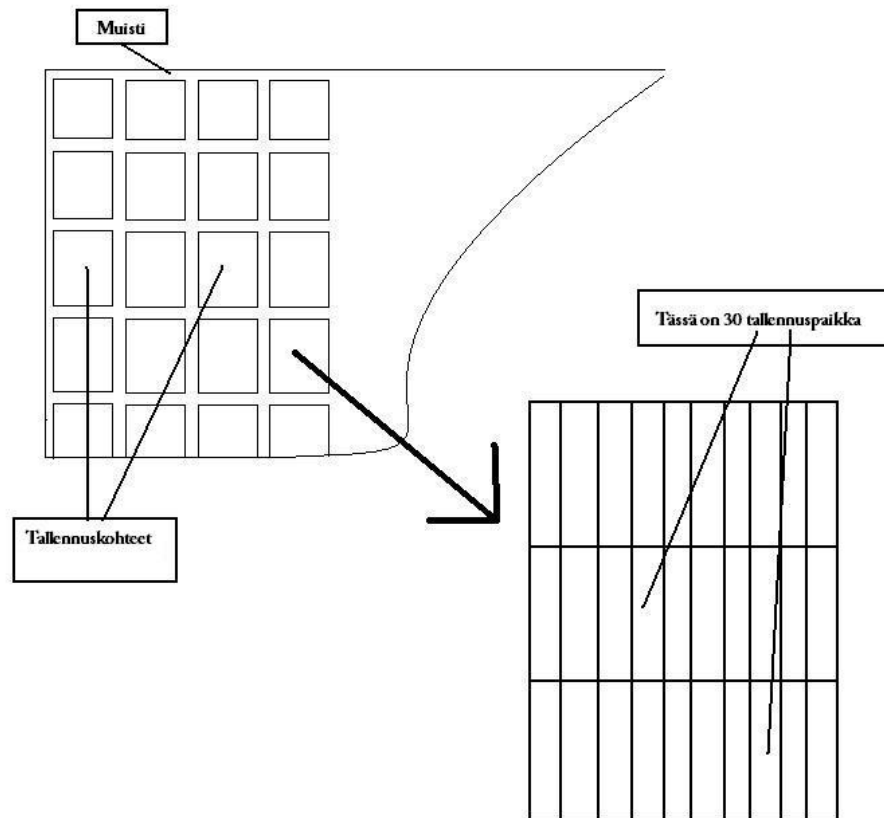
Jos prosessorin kellotaajuus on matalalla, se tarvitsee vähemmän tehoa. Onneksi mustan laatikon prosessorin kellotaajuuden ei tarvitse olla korkealla. Prosessorin käsittelemistä tiedoista vain pieni osa on jatkuvia signaaleja, ts. tietoja, joita prosessori käsittelee jatkuvasti. Suurin osa tiedoista on hetkellisiä, ne tarvitsevat vain pienen sekunnin osia kestävän osuuden prosessorin suorituskyvystä. Prosessori tai mikrokontrolleri -valinta on hyvin tärkeä. Jos prosessorissa on riittävästi data-muistia, prosessiin ei tarvitse lisätä enää muistimoduuleita. Prosessorin kannattaisi olla sellainen, jossa olisi auton tiedonkannasta tuleville signaaleille riittävästi sisään-tuloja. Näin ei sisään-tulevia signaaleja varten tarvittaisi laajennusväyliä. Kaikki lisäkomponentit vievät tilaa ja prosessin resursseja. Sisään-tulevien signaalien liitin suunnitellaan niin, että eri tiedonsiirtoväylien standardeille on omat nastansa.

### **5.1.2 Muisti**

Prosessorin valmiiksi käsittelemät tiedot tallennetaan haihtumattomaan muistiin. Tällaisia muistityyppejä ovat Flash- ja ROM-muistit (PROM, EPROM, EEPROM). Mustassa laatikossa käytetään nopeita ja luotettavia muisteja. Musta laatikko on suunniteltava varmuuden vuoksi niin, että tietojen tallentamiseksi käytetään kahta muistia. Molempiin muisteihin tallennetaan samat tiedot samanaikaisesti. Muistit liitetään emolevyn niin, että ne ovat nopeasti irrotettavissa. Muistien liittäminen emolevylle tapahtuu muistikorttien kiinnityksiä käyttämällä. Järjestelmässä käytetään vähemmän nastoja sisältäviä muistikortteja, koska tilantarve on tällöin vähäi-

sempi. Mitä enemmän muistikortissa on nastoja, sitä enemmän tarvitaan lisänastoja myös prosessorissa. Käytettävät muistikortit voivat olla esimerkiksi Secure Digital -tyyppisiä. Pienestä koostaan huolimatta niiden kapasiteetti ja nopeus ovat riittävään suuret. Tallentamista varten käytetään kahta muistikorttia, mistä johtuen prosessorin sisään- ja ulostuloja on oltava kaksinkertainen määrä. Jos muistit kytketään sähköisesti rinnakkain, poistuu varmuuskopiointia ei tarvita. Eli kun muistiin kirjoitus on loppunut, muistikortilta saadaan raportti tallennettujen tietojen valmiudesta. Jos muistit tallentavat rinnakkain, jompikumpi muisti antaa raportin ja toisella muistilla tallennus voi jäädä kesken. Tästä selviää, että samantyyppisten muistikorttien tallennusaika voi olla erilainen. Muistikortit liitetään tästä syystä prosessoriin eri liitäntäporttien kautta ja tallennus toimii erikseen.

Kun muistikapasiteetti alkaa loppua, alkaa tallennus vanhimpien tietojen päälle. Tällaisessa tapauksessa musta laatikko pystyisi tallentamaan tietoja niin kauan kuin muistissa on vapaata tilaa jäljellä. Tällainen toimintatapa voi hidastaa tietojentallennusprosessia, koska prosessorin on etsittävä viimeistä tallennettua tietoa ja sitten kirjoittaa sen yli. Suositeltavampi toimintatapa on jakaa muisti tiettyihin alueisiin. Jokaisella toiminolla on oma alueensa ja omalla alueella on jokaista ajanjaksoa varten oma tallennus kohteensa. Näin järjestelmän ei tarvitsisi etsiä vanhinta muistissa sijaitseva tallennusalue, vaan se on merkitty suoraa prosessorin datamuistissa olevaan rekisteriin.



Kuva 11. Muistin tallennuskohteet ja tallennuspaikat.

Esimerkiksi auton nopeustiedot tallentuvat sekunnin välein ja 30 sekunnin ajalta. Tällöin muistista on varattava nopeusosastolta 30 tallennuskohdetta. Nopeusosastomuistissa on yksi osa koko muistissa sijaitsevasta osastosta. Suunnitteluprosessin aikana mustassa laatikossa on 22 eri toimintoa, mutta tulevaisuudessa tilanne voi muuttua. Muistissa tarvitaan 22 eri osastoa ja jokaisella osastolla on saman verran tallennuskohteita, kuin sillä on osastolle merkattuja tallennusjaksoja. Monet osastot ovat suurempia. Koko riippuu siitä, kuinka usein tallennus (aikaväli) tapahtuu ja kuinka pitkä on tallennusaika, sekä siitä, kuinka suuri kullekin tiedolle varattu paikka on. Tiedolle varatun paikan koko riippuu tietoiimpulssin koosta. Tietoiimpuls-

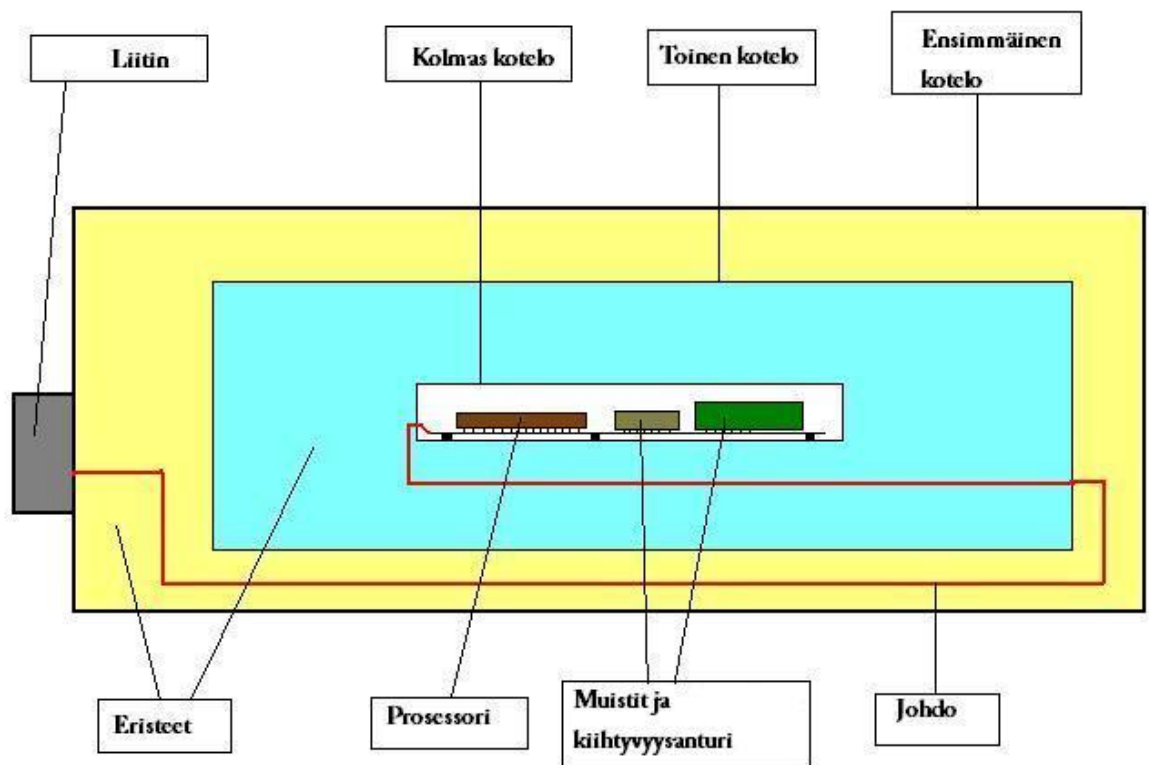
si sisältää tiedon tallennusajasta ja siitä, mitä on tapahtunut signaalin tarkistuksen aikana. Tietoiimpulssi sisältää kellonajan (tunnit, minuutit, sekunnit ja millisekunnit) sekä perustiedot ja sen koko riippuu toiminnosta.

Taulukko 8. Taulukossa on laskettu tarvittavan muistin kapasiteetti, yhteensä 19204 kilotavua.

0	Toiminnot	Aika	Aikaväli	Sanan pituus	Tavua	Yht.
1	Nopeus	30	1	00.00 XXX	11 bit	330
2	GPS	30	5	00.00 XX.XX.XX.XX XX.XX.XX.XX	33 bit	198
3	Kiihtyvyyssanturi	30 + 10	0,1	00.00.00 XX.XX XX.XX XX.XX	28 bit	11200
4	ESC	30	kyllä/ei	00.00 X	7 bit	210
5	Jarrujärjestelmä	30	kyllä/ei	00.00 X	7 bit	210
6	Törmäysanturit	30	kyllä/ei	00.00 XXXXXXXXXXXXXXXX	24 bit	720
7	Polttoaineenruiskutus	30	0,25	00.00.00 XXXX	15 bit	1800
8	Moottorin käyntinopeus	30	1	00.00 XX	10 bit	300
9	Vilkut	30	kyllä/ei	00.00 XXXXXXXX	16 bit	480
10	Turvavyöt	30	kyllä/ei	00.00 XXXXXXXX	18 bit	540
11	Pitkät valot	30	kyllä/ei	00.00 XX	10 bit	300
12	Ajovalot	30	kyllä/ei	00.00 XX	10 bit	300
13	Sumuvalot	30	kyllä/ei	00.00 XX	10 bit	300
14	Ulkolämpötila	30	10	00.00 XXXX	12 bit	36
15	ABS	30	kyllä/ei	00.00 XXXX	12 bit	360
16	Sadeanturi	30	kyllä/ei	00.00 XXXX	12 bit	360
17	Renkaat	30	kyllä/ei	00.00 XXXX	12 bit	360
18	Liikesignaali		kyllä/ei	info		
19	Moottorin lämpötila	30	1	00.00 XXXX	12 bit	360
20	Valojen kunto	30	kyllä/ei	00.00 XXXXXXXX	16 bit	180
21	Puhelin		10 numero	00.00 XXXXXXXXXXXXXXXX 00.00	30 bit	300
22	Stereo	30	kyllä/ei	00.00 XXXX	12 bit	360
						19204

### 5.1.3 Mustan laatikon liitin ja johdot

Mustan laatikon liittimen ei tarvitse olla kuumuutta kestävä. Lämpö ei voi kulkea mustan laatikon sisätiloihin liittimien kautta. Tämän takia mustalla laatikolla on oltava kolme koteloa. Ensimmäinen on suojakotelo, jossa on kiinni liitin ja mustan laatikon kiinnityskohteet. Toinen kotelo on paksumpi ja voi olla valmistettu ruostuvasta materiaalista. Kolmannessa kotelossa sijaitsevat komponentit (emolevy). Johdot, jotka yhdistävät liittimen ja emolevyn, ovat pidennettyjä. Johto kiertää pidemmän matkan yhdestä yksiköstä toiseen ja sillä pystytään estämään lämmön siirtymistä. Kovassa kuumuudessa lämpöä kulkeutuu pitkin johtoa. Lämmön poistamiseksi asennetaan eristeen sisälle pidempi johto. Lämmönjohtavuuden pienentämiseksi käytetään mahdollisimman pieniä johtoja.



Kuva 12. Tässä kuvasta ilmenee suunnitellun mustan laatikon materiaalien ja komponenttien asento. Kuvan mittakaava ei ole oikea.

#### 5.1.4 Esimerkkikomponentit

Tässä käydään läpi minkälainen olisi sopiva kiihtyvyyssanturi mustalle laatikolle ja kuinka monta sisään- ja ulostuloa kiihtyvyyssanturi tarvitsee prosessorista. Lisäksi lasketaan muistikorteille tarvittavat sisään- ja ulostulot prosessorista. Kun on selvitetty, millaiset prosessorin vaatimukset ovat, löydetään mustalle laatikolle vastaava prosessori. Ensiksi tutkitaan, montako johtoa auton eniten käytetyt tiedon-



siirtoväylät tarvitsevat ja selvitetään, ovatko kaikki signaalit sähköisessä muodossa.

Taulukko 9. Tästä taulukosta käyvät ilmi kuusi yleisintä tiedonsiirtoväylästandardia, niiden nopeudet ja johtojen määrät. (Interfacebus 1998.)

Väylä	Johtoa	Mbit/s
FlexRay	2\4	20
MOST	1 optic	23
IBus CAN	2	1
LIN	1	0,02
e J1850	1\2	0,04
VAN	2	0,13
Varaa	4	
Johdot yht.	10	

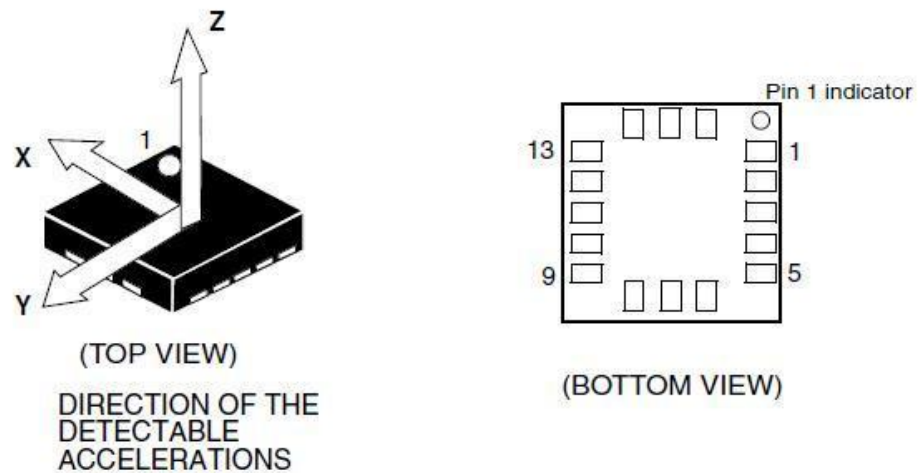
MOST-tyypissä väylästandardissa tiedot kulkevat valokaapelia pitkin. Tällainen signaali on muutettava optisesta muodosta sähköiseen. Autosta, jossa käytetään optista tiedonsiirtoväylää, voitaisiin tiedonsiirtoväylän ohjausyksikön kautta hakea mustalle laatikolle sähköinen signaali, koska väylän tiedot ohjausyksikön sisällä liikkuvat sähköisesti. Tällaisessa tapauksessa olisi syytä sopia autonvalmistajan kanssa, että tiedonsiirtoväylän signaalit siirretään mustaan laatikkoon asti sähköisessä muodossa. MOST-väylästandardille varataan signaalitulo 2. Tästä selviää, että kuudelle eniten käytetylle auton tiedonsiirtoväylälle tarvitaan 12-nastaista liitintä ja 12 sisääntuloa prosessorille. Varmuuden vuoksi jätetään sisääntulolle 4 nastaa, koska väylästandardeja on paljon erilaisia. Yhteensä autojen tietoväylistä tulee 16 johtoa.

Järjestelmässä tarvitaan sellaista prosessoria, jossa on 16 sisääntuloa auton tietokannasta, kiihtyvyyssanturista ja muistista tulevia signaaleja varten. Valinta kiihtyvyyssanturiksi oli IC MEMS 3AXIS 2G/8G 16-LLGA, koska se kestää 8G:n maksimikiihtyvyysovoiman. 8 G:n kiihtyvyys on riittävä mustalle laatikolle, sillä tehtävänä

on tunnistaa auton asento ja iskun suunta. Myös kiihtyvyyssanturin tiedoilla olisi mahdollista laskea törmäysnopeus likimääräisesti. Sen perusteella pitäisi valita kiihtyvyyssanturi, joka voisi mitata merkittävästi isompia kiihtyvyysoimia. Jos musta laatikko on jokaisessa autossa, tähän ei ole tarvetta. Ainakin vielä 20–30 vuoden ajan liikenteessä on autoja, joissa ei ole mustaa laatikkoa. Törmäysvoiman mittaushmahdollisuus olisi hyvä olla olemassa. Jos yhden auton tiedot voidaan lukea nopeudesta, toisen auton nopeus pystytään laskemaan törmäysvoiman avulla. Tällöin tarvittaisiin voimakkaampaa kiihtyvyyssanturia ja se maksaa enemmän. Vaikka käytettäisiin voimakkaampaa kiihtyvyyssanturia, olisi noin 20 vuoden kuluttua kuitenkin suunniteltava uusi komponentti, koska niin voimakasta kiihtyvyyssanturia ei enää tarvittaisi. Tänä aikana on jokaisessa uudessa autossa jo musta laatikko. Suunnitelman mukaisesti mustan laatikon sisälle sijoitetaan kiihtyvyyssanturi, jonka maksimi kiihtyvyysoima on  $\pm 8G$ . Plus ja miinus tarkoittavat, että kiihtyvyysoima voidaan mitata molempiin suuntiin. Valitun komponentin hinta on 3,6 € ja 5 000 kpl maksaa 8192 €. Näin yhden anturin hinnaksi saadaan 1,64 €. Tämä kiihtyvyyssanturi tarvitsisi viisi sisään- ja ulostuloa prosessorilta.

### Kiihtyvyyssanturi LIS33DE

- käyttöjännite 2,16 V - 3,6 V
- virrankulutus <1 mW
- kiihtyvyysoima  $\pm 2G / \pm 8G$
- sensorin muunnos lämpötila kohteen  $0 \pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$
- anturin tarkkuus  $\pm 2G \pm 60 \text{ mG} / \pm 8G \pm 80 \text{ mG}$
- koko 3x3x1 mm. (STMicroelectronics 1994.)



Kuva 13. Kiihtyvyyssanturin mittaussuunnat ja nastojen asettelu. (STMicroelectronics 1994.)

Väylille ja kiihtyvyyssanturille tarvitaan yhteensä 21 sisään- ja ulostulonastaa. Secure Digital -muistikortti varaa kuusi paikkaa. Muistikortteja on kaksi, jolloin nastoja tarvitaan tuplasti eli 12. Prosessorilta tarvitaan nyt 33 nastaa. Muistin ei tarvitse olla kapasiteetiltaan kovin iso. Laskentataulukossa numero 6 on tarvittavan muistin kapasiteetiksi laskettu 19 kilotavua. Periaatteessa mustan laatikon muistikapasiteetiksi sopisi 1 megatavu. Yhden megatavun muisti on ollut tuotannossa ja se on pienin Secure Digital -tyyppisen muistikortin kapasiteetti. Esimerkkikomponenttien valinnassa ei löytynyt 512 MB pienempiä muistikortteja. Se on liian paljon, mutta

kun pieniä muistikortteja ei valmisteta enää, on pakko käyttää kapasiteetiltaan suurempaa muistikorttia 64 MB:n ja 512 MB:n muistikortin hintaero on käytännössä hyvin pieni. Valmistajalta olisi varmasti mahdollista tilata kapasiteetiltaan pienempiä muistikortteja, mutta hinnasta ei ole tietoja. Jos käytetään kapasiteetiltaan liian suuria muisteja, se on resurssien väärinkäyttöä. Sellaisessa tapauksessa, mikäli valmistetaan muutama tuhat mustaa laatikkoa, merkittävää hukkaa ei synny. Jos mustia laatikoita ryhdytään valmistamaan koko maailmalle, saisi kaikissa komponenteissa olla tarkka.

#### Muistikortti Secure Digital

- Käyttöjännite 2.7 - 3.6V
- Liitinpintoja 9
- Siirtonopeus jopa 20 megatavua/s
- Suurin kansainvälisesti tarjolla oleva kapasiteetti 64GB
- koko 24X32x2,1 mm. (Digikey 1995.)

Suunnitteluun sopiva prosessori olisi Atmel AT91SAM7S128-AU-001, siinä on 32 sisään- ja ulostuloa. Prosessorin hinta on 6,35 € ja 100 kpl 354,40 €. Kappalehinta olisi tällöin 3,54 €

#### Prossessori Atmel AT91SAM7S128-AU-001

- prosessorin tyyppi ARM7
- koko 12x12x1,6 mm
- käskykanta 16/32-Bit
- kellotaajuus 55MHz
- ohjelman muisti 128KB
- käyttöjännite 1.65 V ~ 1.95 V
- käyttölämpötila -40 °C ~ 85 °C
- yhteensopivuus I<sup>2</sup>C, SPI, SSC, UART/USART, USB
- 32 sisään ja ulostuloa nastaa( I/O)
- sisäinen muisti 32 Kbytes. (Atmel Embedded Systems 1998.)



Kuva 14. Kuvassa on Atmel AT91SAM7S128-AU-001 prosessori. (Digikey 1995.)

Komponenttien hinnat ovat edulliset, mikä tarkoittaa, että mustan laatikon elektrooniikkajärjestelmän tuottaminen ei ole kallista. Kotelointi saattaa olla tuotannon kallein prosessi.

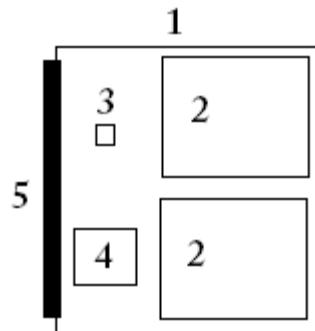
Taulukko 10. Esimerkki mustaan laatikkoon tulevien komponenttien hinnoista. Hinnat ovat varmasti muuttuvia.

Komponentit	€
Muistikortin liitin 2pkl.	2,3
Muistikortti 512MB 2kpl.	2,8
Prosessori	3,54
Kiihtyvyyssanturi	1,64
	10,33

Esimerkkikomponenteiksi valittiin edellä mainitut siksi, että niiden hinta on halpa hinta ja koot pienet. Tähän laatikkoon sopivia prosessoreita on useita. Ei kannata hakea liian tehokasta prosessoria, koska se maksaa enemmän eikä tehoa tarvita enempää. Jos mikä tahansa komponentti maksaisi vaikka 0,05 € enemmän, lisähinta 1 000 000 mustan laatikon tuotantoerälle olisi 50 000 €. Mustien laatikoiden sarjatuotantoa varten komponentit ostettaisiin suoraan tehtaalta, jotta hintaa saataisiin edelleen laskettua.

## 5.2 Mittakaava

Komponenttien koko määrittää emolevyn koon. Mustan laatikon koko määräytyy emolevyn fyysisen koon mukaan. Ensin suunnitellaan emolevy valmiiksi ja vasta sen jälkeen suunnitellaan, kuinka suuri koteloointi sen ympärille tarvitaan. Emolevyn ympärille tulee kolmas kotelo ja sen ympärille tulee toinen kotelo. Eristeen paksuutta pystytään testaamaan, kun emolevy ja kolmas kotelo ovat valmiita. Toisen ja kolmannen kotelon välillä olevat eristeet testataan sitten, kun edellinen vaihe on valmis. Tarkempi kuva koteloinnista kohteessa on kohdassa 5.4 Mustan laatikon kokoonpano.



Kuva 15. Emolevyn koko on suurin piirtein tämä. Kokoa voitaisiin pienentää, edelleen, mutta tämä on esimerkkikuva. Paksuus on noin 5 mm.

Proessorin ja kiihtyvyyssanturin koosta ei voida tinkiä paljoakaan, mutta muistit voitaisiin pienentää. Secure Digital-tyyppiset muistit, joiden kapasiteetti on vähintään 16 megatavua, ovat kooltaan kompakteja, mutta hinnaltaan melko kalliita.

### 5.3 Materiaalien käyttö

Ensimmäisessä kotelossa käytetään ruostumatonta, mutta kovaa metallia. Sisään sijoitetaan toinen kotelo, joka on tehty paksummasta materiaalista. Kotelon on kestettävä ainakin noin tunnin verran kovaa kuumuutta. Ensimmäinen kotelo voi kovassa kuumudessa sulaa tai vahingoittua. Ensimmäisen ja toisen kotelon välissä on eristysmateriaalia. Eristeen on kestettävä kovaa kuumuutta. Ensimmäisessä ja toisessa eristekerroksessa käytetään samaa materiaalia. Kolmas kotelo on jotta ohutta metallia johon emolevy kiinnitetään korokkeiden päälle. Johdot voisivat lämmönsiirron pienentämistä varten olla ohuita. Johdot on suojattu erikoiseristeellä, joka ennen syttymistään kestää hetken aikaa kuumuutta.

### 5.4 Mustan laatikon kokoaminen

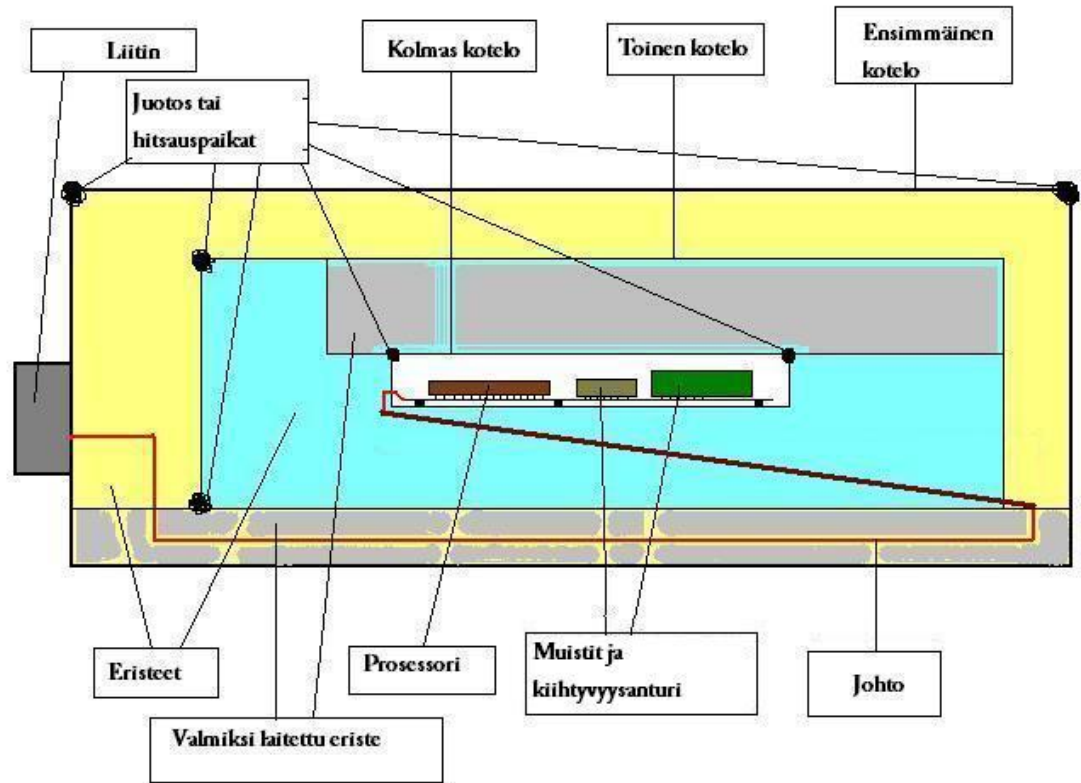
Mustan laatikon kokoaminen on ehkä suurin työ koko tuotantoprosessissa. Toimenpiteessä tarvitaan muutamia lisämateriaaleja ja -työkaluja. Kokoaminen on tehtävä käsin.

- Kolmannen kotelon sisään asennetaan emolevy ja se sijoitetaan korotusten päälle niin, että emolevyn alapuoliset nastat evät ylety kolmannen kotelon pintaan.
- Johtoja varten tehdään kolmanteen koteloon riittävän kokoinen rako.
- Kolmannen kotelon kansi suljetaan juottamalla.
- Ensimmäinen kotelo asennetaan toisen kotelon sisälle, toiseen koteloon on laitettu valmiiksi eristekerros.
- Kolmannesta levystä tulevat johdot viedään läpi toisen levyn johtoraosta.
- Kolmas kotelo liimataan eristepalan päälle kiinni.
- Johdot, jotka tulevat ulos kolmannesta kotelosta ja kulkevat läpi toisen kotelon johtoraosta kiristetään. Johto kiristetään sen takia, että se ei kulkisi kotelon seinää pitkin. Näin saadaan paras mahdollinen lämmöneristystulos.

- Toisen kotelon luukku hitsataan kiinni.
- Luukkuun tehdään kaksi reikää, joista yhdestä ruiskutetaan sisään eristeainetta, joka kovettuu käyttökelpoiseksi. Kotelon toisesta reiästä tulee ylimääräinen ilma pois, kun koteloon ruiskutetaan eristeainetta.
- Reiät hitsataan umpeen.
- Toisesta kotelosta ulostulevat johdot kiinnitetään saman kotelon kylkeen kiinni samaan seinään, jonka kautta se on liimattu ensimmäiseen koteloon.
- Ensimmäiseen koteloon valmiiksi asennettu eristepala liimataan kiinni.
- Johto viedään läpi ensimmäiseen koteloon ja liitetään liittimeen kiinni.
- Ensimmäiseen kotelon kansi suljetaan ja hitsataan kiinni.
- Kanteen porataan kolme reikää, yksi keskelle (tuuletusreikä), toinen laatikon yhteen reunaan ja kolmas toiseen reunaan.
- Laatikon sisään ruiskutetaan eristeainetta
- Kun aine on kovettunut, ylimääräinen aine leikataan pois
- Reiät hitsataan umpeen.

Musta laatikko on nyt koottu.





Kuva 16. Kuvassa on mustan laatikon kokoonpanokohteet.

## 5.5 Mustan laatikon sijainti autossa

Musta laatikko on asennettava sellaiseen paikkaan, joka liikenneonnettomuudessa vahingoittuu viimeisenä. Tästä syystä musta laatikko sijoitetaan auton keskelle. Erittäin vakavassa kolarissa auton kori kärsii yleensä pahoja vaurioita. Auton keskiosa säilyy kolareilta hyvin. (Automobilesreview 2005.) On kuitenkin erikoistapauksia, joissa kolarin jälkeen ei enää ole helppo selvittää edes, mikä auton merkki on. Suuremman kolarin jälkeen jotkin signaalit saattavat kadota. Signaalikatko voi tapahtua siksi, että auton tietokanta on kärsinyt onnettomuudessa.

## 5.6 Mustan laatikon avaaminen

Jos mustan laatikon muistia ei enää voida lukea sen liittimen kautta, laatikko on avattava. Mustan laatikon avaaminen on hyvin yksinkertaista. Laatikoiden päät sahataan metallisahalla auki ja muisti otetaan ulos. On huomattava, että mustaa laatikkoa ei saa sahata keskeltä. Paras paikka sahaamiseen ovat kansien kiinnitys- tai juotoskohdat. Sahaamisessa olisi syytä suosia kylmää työtapaa, ts. toimenpidettä ei pidä suorittaa kulmahiomakoneella, koska roiskuvat kipinät voivat vahingoittaa muistia.

## 5.7 Simulointiohjelma

Simulointiohjelmalla pystytään mustan laatikon tietojen pohjalla simuloimaan liikenneonnettomuuden kulku. GPS-tietojen pohjalta saadaan tarkka kuva siitä, missä onnettomuus on tapahtunut. Karttapohjalle piirretään auton mallikuva. Kaikki tapahtuu 3D-ympäristössä. Ohjelmaan syötetään kaikki arvot mustan laatikon tietokannasta ja ohjelma simuloi niiden perusteella onnettomuuden kulkurajat ja tapahtumat. Ohjelmaan voidaan syöttää toisten mustan laatikon tietoja ja eri tapauksien kohteita. Eri tapauksina voivat olla esimerkiksi polkupyöräilijä, moottoripyöräilijä tai jokin muu objekti. Simulointiohjelmaan voidaan syöttää kaikki ne tiedot, joita luetaan mustasta laatikosta, mutta simuloinnissa käytetään vain tiettyjä osia siitä.

Taulukko 11. Taulukossa ovat ne tiedot, joita simuloiva ohjelma käyttää simuloitiprosessissa. Kaikki muut ovat informoivia tietoja.

1	Nopeus
2	GPS
3	Kiihtyvyyssanturi
4	ESC
5	Jarrujärjestelmä
6	Törmäysanturit
7	Vilkut
8	Ajovalot
9	Pitkät valot
10	Sumuvalot
11	Ulkolämpötila
12	Sadeanturi

Jos tulevaisuudessa simuloivasta ohjelmasta tulee virallinen todiste liikenneonnettomuuksissa, sen suunnittelu on saavuttanut tarkoituksensa.

## 6 YHTEENVETO

Työn ideana oli suunnitella musta laatikko autoon. Idealla oli jo historia ja siitä oli tehty joitain kokeiluja ja sovelluksia. Idea ei siis ollut aivan uusi. Valmistetut mustat laatikot ovat kuitenkin olleet liian yksinkertaisia. Elektroniikka kehittyy nykyään nopeasti ja sen takia syntyi ajatus suunnitella nykyelektroniikan tason mukainen auton musta laatikko. ”Nykyelektroniikka” on likimääräinen termi, koska kehitys kehittyy ja uusia komponentteja ilmestyy jatkuvasti. Nyt laaditun suunnitelman mukaan pystytään selvittämään oleelliset onnettomuuksien syyt. Onnettomuuksien syistä ovat kiinnostuneita niin poliisit, vakuutusyhtiöt kuin uhrien omaisetkin. Tällainen musta laatikko olisi toteutuessaan aluksi vain lisävarustelistalla. Ihmiset eivät asentaisi sitä autoonsa, koska kyseessä on auton omistajalle ylimääräinen kustannus. Tässä suunnitelmassa pyrkimyksenä olisi, että mustasta laatikosta tulisi vakiovaruste jokaiseen autoon samaan tapaan kuin esimerkiksi ajonvakautusjärjestelmästä (ESC), josta vuonna 2011 tulee vakiovaruste uusiin autoihin.

Tällainen auton musta laatikko voisi olla hyvä liikeidea. Mustan laatikon avulla helpotettaisiin liikenneonnettomuuksien selvitystyötä ja mustan laatikon massavalmistus loisi uusia työpaikkoja.

## LÄHTEET

SensorsONE. 2006 Pressure Measurement Glossary. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://www.sensorsone.co.uk/pressuremeasurement-glossary/bar-pressure-unit.html>

Trimble. 2007 GPS Tutorial. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://www.trimble.com/gps/howgps.shtml>

Economic Expert. 2004 RPM/KMH/MPH. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://www.economicexpert.com/a/Rpm.htm>

Nist. 1995 SI derived units with special names and symbols. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/sec-04.html>

How Stuff Works. 1998 Auto Parts & Systems/Brakes/Brake Types [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/anti-lock-brake.htm>

About. 1996 New Technology. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://cars.about.com/od/thingsyouneedtoknow/a/ESC.htm>

Aydinsari. 2003 Traffic Safety. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla [http://www.aydinsari.com.tr/eng/traffic\\_safety.php](http://www.aydinsari.com.tr/eng/traffic_safety.php)

How Stuff Works. 1998 Electronics. Solid State Electronics. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://www.howstuffworks.com/flash-memory.htm>

SD Card. 2008 Developers. SD Technology. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://www.sdcard.org/developers/tech/>

Physics. 1998 The physics hypertextbook. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://physics.info/acceleration/>

Liikenneturva. 2009 Suomen tieliikenneonnettomuudet tilastokirja. [Verkkodokumentti] [Viitattu 7.4.2010.] Saatavilla <http://www.liikenneturva.fi/www/fi/tilastot/tilastokirja.php>

XL Crash. 2008 Car Crash Photos. [www-lähde] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://xlcrash.com/crash-photos/car-crash-photos/>

Princeton University Computer Science Department. 2010 Links and References. [Verkkodokumentti] [Viitattu 26.5.2010.] Saatavilla <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall03/cs323/links/cauer.pdf>

How Stuff Works. 1998 How Black Boxes Work. [www-lähde]. [Viitattu 7.4.2010.] Saatavilla <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/black-box6.htm>

Slate. 2003 Does Your Car Have a Black Box? [www-lähde]. [Viitattu 7.4.2010.] Saatavilla <http://www.slate.com/id/2087207/>

American Bar Association. 2005 Defending Liberty Pursuing Justice. Decoding 'The Black Box' with Expert Advice. Lange, T. D. [www-lähde]. [Viitattu 7.4.2010.]. Saatavilla <http://www.abanet.org/genpractice/newsletter/lawtrends/0506/litigation/decodingblackbox.html>

ABC News. 2010 Technology. Is That a 'Black Box' in Your Car? [www-lähde] [Viitattu 7.4.2010.]. Saatavilla <http://abcnews.go.com/Technology/MelodyHobson/car-black-box-records-key-data/story?id=9814181&page=2>

U.S.News. 1998 Automotive. Toyota to Reveal Black-Box Recorder Data. [www-lähde] [Viitattu 7.4.2010.]. Saatavilla <http://usnews.rankingsandreviews.com/cars-trucks/daily-news/100301-Toyota-to-Reveal-Black-Box-Recorder-Data/>

Wired. 2008 Autopia. Road to the future. "Black Box" Technology Comes to Cars. [www-lähde]. [Viitattu 7.4.2010.]. Saatavilla <http://www.wired.com/autopia/2009/06/black-box-for-the-car/>

Honest John. 2004 Back Room. Motoring discussion. [www-lähde]. [Viitattu 25.5.2010.]. Saatavilla <http://www.honestjohn.co.uk/forum/post/index.htm?t=81120>

International Telecommunication Union. 2008 Workshop on ICT in Vehicles [www-dokumentti]. [Viitattu 25.5.2010.]. Saatavilla <http://www.itu.int/ITU-T/worksem/ict-auto/200503/presentations/s4horncastle.pdf>

The Motor Report. 2009 BMW Developing Medical Emergency-Detecting Anti-Crash System. [www-lähde] [Viitattu 7.4.2010.]. Saata-

villa <http://www.themotorreport.com.au/33610/bmw-developing-medical-emergency-detecting-anti-crash-system>

Interfacebus. 1998 Buses. Automotive. [www-lähde] [Viitattu 7.4.2010.]. Saatavilla [http://www.interfacebus.com/Design\\_Connector\\_Automotive.html](http://www.interfacebus.com/Design_Connector_Automotive.html)

Autohausaz. 1998 Auto Repair #9. Understanding Your Import Car's Electrical. System [www-lähde] [Viitattu 7.4.2010.]. Saatavilla [http://www.autohausaz.com/html/auto\\_electrical\\_systems.html](http://www.autohausaz.com/html/auto_electrical_systems.html)

School Of Computer Science. 2009 FAWN damentally Power-efficient Clusters [www-lähde]. [Viitattu 12.4.2010.]. Saatavilla <http://www.cs.cmu.edu/~vrv/papers/hotos2009/>

STMicroelectronics. 1994 [www-dokumentti]. [Viitattu 16.4.2010.]. Saatavilla <http://www.st.com /stonline/products/literature/ds/15596.pdf>

Digikey. 1995 Electronics components. [www-lähde]. [Viitattu 16.4.2010.]. Saatavilla <http://www.digikey.com/>.

Atmel Embedded Systems. 2010 [www-dokumentti]. [Viitattu 16.4.2010.]. Saatavilla [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/6175s.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/6175s.pdf)

Automobilesreview. 2005 Euro Car Body Award. [www-lähde]. [Viitattu 25.5.2010.]. Saatavilla <http://www.automobilesreview.com-/auto-news/euro-car-body-award-for-the-audi-q5/7479/>