

Saku Luttinen

LANGATON MUISTITIKKU

LANGATON MUISTITIKKU

Saku Luttinen
Opinnäytetyö
Syksy 2014
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma, langattomien laitteiden suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Saku Luttinen
Opinnäytetyön nimi: Langaton muistitikku
Työnohjaaja: Eero Nousiainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2014
Sivumäärä: 34

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja kehittää langattomasti toimiva muistitikku. Tiedonsiirron tuli tapahtua radiolinkin välityksellä ja energian saannin langattomasti. Työn tilaajana toimi Oulun ammattikorkeakoulun tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö.

Työn tarkoituksena oli selvittää, millä olemassa olevilla tekniikoilla laite voitaisiin parhaiten toteuttaa. Tiedonsiirto päätettiin toteuttaa Wi-Fi-yhteyden välityksellä, sen yleisen käytön ja tiedonsiirtonopeuden takia. Laite sai tarvitsemansa energian sähköhammasharjojen ja hiljalleen puhelintenkin latauksessa yleistyneen induktiolaturin kautta. Tietokoneen selaimella päästiin tiedonsiirtoa hallitsevaan www-käyttöliittymään.

Työn tuloksena syntyi laite, joka rakentui induktiovastaanottimesta, Arduino Mega 2560 -kehitysalustasta ja sille suunnitelluista Wi-Fi- ja NFC-lisälevyistä. Valitettavasti Arduino Mega 2560 -kehitysalusta sisälsi tiedonsiirtonopeuteen vaikuttavia pullonkauloja.

Asiasanat: Arduino, induktio, langaton tekniikka, massamuisti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Information Technology, Option of Wireless Devices

Author: Saku Luttinen

Title of thesis: Wireless Memory Stick

Supervisor: Eero Nousiainen

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2014

Pages: 34

The assigner of this thesis was Oulu University of Applied Sciences and the goal was to design and develop a wireless Memory Stick. This thesis had two main objectives. The main objectives were to achieve a stable file transferring via radio link and a wireless transmission of electric energy from a power source to the Memory Stick.

Communication between the Memory Stick and a PC was done via Wi-Fi connection by using HTTP protocol. Wireless electric energy transferring was done by using electromagnetic induction.

The outcome was fully wireless product that was built around an Arduino Mega 2560 single-board microcontroller. A Wi-Fi network was provided by the PC and a user interface for a file management was accessible by writing the Arduino's IP-address to the PC's web browser. The Memory Stick read the Wi-Fi network's SSID and network security key from a NFC tag.

This allowed the Memory Stick to join individual Wi-Fi networks. Power was supplied wirelessly by an electromagnetic inductive transmitter. Because of this the Memory Stick had to be equipped with an electromagnetic inductive receiver.

Keywords: Arduino, induction, mass storage, wireless communication

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	9
2 MASSAMUISTI	10
2.1 Historia	10
2.1.1 Reikäkortti ja -nauha	10
2.1.2 Magneettinauha	11
2.1.3 Magneettikiekkokiintolevy	12
2.1.4 Levyke	13
2.1.5 CD-levy	13
2.1.6 Flash-muisti	15
2.2 Tiedonsiirto nyt ja tulevaisuudessa	17
3 TYÖLLE ASETETUT TAVOITTEET	18
4 LANGATTOMAT TEKNIIKAT	19
4.1 Wi-Fi	19
4.2 NFC	19
4.3 Langaton energiansiirto	20
5 KÄYTETTY LAITTEISTO	21
5.1 Arduino	21
5.1.1 Historia	21
5.1.2 Arduino Mega 2560	21
5.1.3 Arduino-ohjelmointiympäristö	21
5.2 Arduino WiFi Shield	22
5.3 RFID/NFC Shield	23
6 TOTEUTUS	24
6.1 Järjestelmän suunnittelu	24
6.2 Järjestelmän kokoaminen	25
6.3 Ohjelmointi	25
6.4 Verkkoon liittyminen	27

6.5 Järjestelmän toiminta	28
7 JATKOKEHITYS	29
8 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31

SANASTO

802.11	IEEE:n standardi WLAN-tekniikalle.
Arduino	Avoimen lähdekoodin elektroniikkakehitysalusta.
AJAX	Lyhenne sanoista Asynchronous JavaScript and XML. AJAX on yleisnimitys monen web-sovellustekniikan yhteiskäytölle. AJAX:n avulla www-sivuista voidaan tehdä vuorovaikutteisempia, ilman sivun täydellistä uudelleen lataamista.
FTP	Lyhenne sanoista File Transfer Protocol. FTP on tiedonsiirtotekniikka, joka käyttää TCP-protokollaa. Tiedonsiirto tapahtuu kahden laitteen välillä, jossa toinen laite toimii palvelimena ja toinen asiakkaana.
HTML	Lyhenne sanoista Hypertext Markup Language. HTML on avoimesti standardoitu kuvauskieli, jolla tehdään www-sivuja.
HTTP	Lyhenne sanoista Hypertext Transfer Protocol. HTTP on hypertekstin siirtoprotokolla.
IEEE	Lyhenne sanoista Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE on kansainvälinen tekniikan alan järjestö ja sen toimintaan kuuluu mm. alan keskeisten standardien laatiminen.
Induktio	Induktio on fysiikan sähkömagneettinen ilmiö. Sähkömagneettisen kentän avulla sähköenergiaa voidaan siirtää ilmateitse.
JavaScript	JavaScript on ohjelmointikieli, joka mahdollistaa dynaamisen sisällön Internet-sivulla.

NFC	Lyhenne sanoista Near Field Communication. NFC on lähietäisyydellä toimiva etälukutekniikka. NFC-laite voi toimia sekä lukija että tunnisteena.
WLAN	Lyhenne sanoista Wireless Local Area Network. WLAN tarkoittaa kaikkia langattomasti toimivia lähiverkkotekniikoita.
Wi-Fi	Wi-Fi on kaupallinen termi WLAN-tekniikalle, joka perustuu IEEE:n 802.11-standardiin.
Wi-Fi Alliance	Wi-Fi Alliance on WLAN-valmistajien yhteinen sertifiointi- ja markkinointiorganisaatio. Wi-Fi Alliance takaa, että kaikki Wi-Fi-tekniikkaa käyttävät tuotteet toimivat saumattomasti yhteen.
XMLHttpRequest	XMLHttpRequest-objekti on ohjelmointirajapinta, joka on tarjolla esimerkiksi JavaScript-kielelle.

1 JOHDANTO

Perinteinen muistitikku on helppo ja vaivaton tapa siirtää ja säilöä digitaalista dataa. Suurin osa muistitikuista on varustettu USB-liittimellä. Yleensä USB-liitäntä toimii muistitikulle sekä energialähteenä että tiedonsiirtoväylänä.

Idean opinnäytetyöhön sain koululta ja opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa langattomasti toimiva muistitikku. Muistitikun langattomuus avaa uusia mahdollisuuksia lähietäisyydellä tapahtuvalle tiedonsiirrolle. Langattomuus saavutetaan luopumalla muistitikun fyysisestä kontaktista tiedonsiirto-kohteen ja energialähteen kanssa.

Muistitikku rakennettiin Arduino Mega 2560 -kehitysalustalle. Tavoitteena oli saavuttaa langaton tiedonsiirtoyhteys, jonka avulla dataa voidaan lähettää tiedonsiirtokohteisiin sekä ladata tiedonsiirtokohteista.

2 MASSAMUISTI

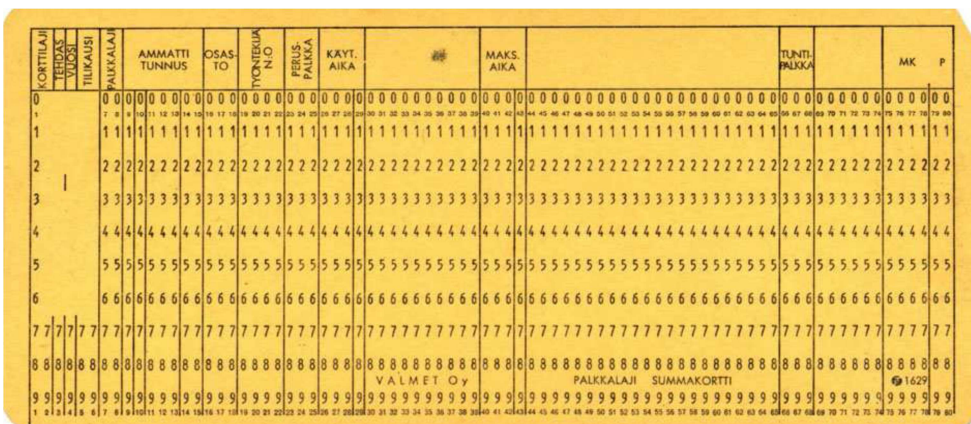
Muistitikku on massamuistilaite. Massamuistilaitteiden tarkoituksena on säilöä dataa myös virrattomassa tilassa. Massamuistilaitteen toiminta voi perustua mekaaniseen, optiseen, sähkömagneettiseen tai puolijohteelliseen toimintaan. (1.) Muistitikut ovat puolijohteellisia muisteja. Massamuistilaite toimii helppona ratkaisuna tiedostojen taltiointiin ja tiedostojen siirtämiseen eri tietokoneiden välillä.

2.1 Historia

Muistitikun esi-isinä voidaan pitää kaikkia koneellisesti käytettäviä muisteja, jotka tarvittaessa säilyttävät tallennetun tiedon. Siirrettäviä muisteja ovat muistit, jotka voidaan poistaa yhdestä koneesta ja yhdistää toiseen ilman, että koneita tulee käynnistää uudelleen. Tämän luvun alaluvuissa perehdytään juuri tämän kaltaisiin tekniikoihin.

2.1.1 Reikäkortti ja -nauha

Kuvassa 1 on tyypillinen reikäkortti, jota rei'ittämällä siihen voidaan merkitä numeroita, kirjaimia ja erikoismerkkejä. Reikäkorttien käyttö oli hyödyllistä suurten tietokantojen käytössä. Esimerkiksi 1890-luvun Yhdysvalloissa reikäkortteja käytettiin apuna kansalaisten perustietojen käsittelyssä. Reikäkorttikoneella kortteja pystyttiin lajittelemaan halutuin parametrein. (2.)



KUVA 1. Käyttämätön reikäkortti (3)

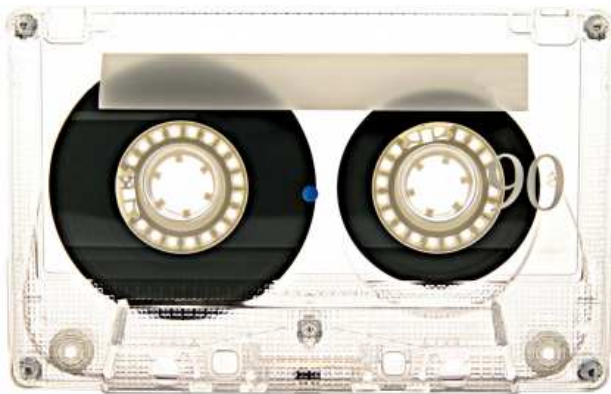
Reikäkortti sai alkunsa jo 1800-luvulla. Reikäkortteja käytettiin kutomakoneissa, joissa reikäkortti ohjasi kutomakoneiden loimilankojen asentoja. Reikäkorttien käyttö mahdollisti automatisoidun kudonnan. (4, s. 1–2.)

Reikäkortti oli ensimmäinen koneellisesti käsiteltävä muisti. Reikäkortista suunniteltiin nauhamainen versio, joka toimi samalla periaatteella kuin reikäkortti.

Vuoden 1944 Colossus Mark 1 -tietokoneen toiminta perustui reaaliaikaiseen datan syöttöön reikänauhalla. Vuoden 1949 Manchester Mark 1 -tietokone luki dataa reikänauhalla ja tallensi sen tietokoneen sisäiseen muistiin myöhempää käyttöä varten. Reikänauhan käyttö oli yleistä 70-luvulle asti kunnes magneettinauhatekniikka yleistyi. (5.)

2.1.2 Magneettinauha

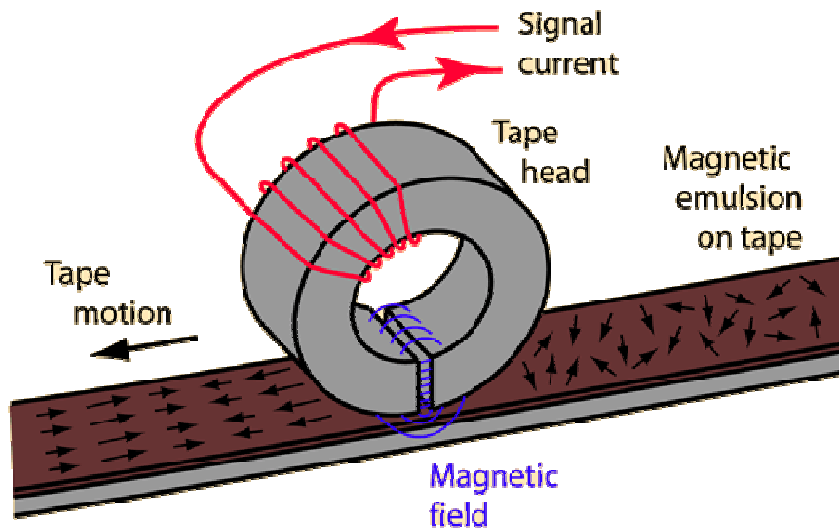
Magneettinauhaa käytettiin ensimmäistä kertaa tietokoneen muistilaitteena jo 50-luvulla. Sen käyttö yleistyi vasta 70-luvun lopulla, kun nauhakasettien koot pienentyivät. Kuvassa 2 on 70-luvulla yleistynyt C-kasetti. (6; 7.)



KUVA 2. C-kasetti (9)

Magneettinauha oli ensimmäinen yleisesti käytössä ollut siirrettävä tiedontallennuslaite. Magneettinauhan yleistymistä ajoi eteenpäin sen edullisuus, luotettavuus ja tietokoneiden samanaikainen kotikäyttöön yleistyminen. Tietokoneiden yleistyminen johtui tietokoneiden pienentyneestä koosta ja yksinkertaistumisesta. (6; 8.) Yksi magneettinauhan huonoista ominaisuuksista on sen hidas lukunopeus, joka on seuraus lukupaikan vaihdossa tapahtuvasta kelaamisesta.

Nauhan pinta on päällystetty magneettisesti reagoivalla aineella, kuten rautaoksidilla (6). Rautaoksidi on ferromagneettista ainetta, joka säilyttää magneettisen tilansa. Tieto on tallennettu nauhalle magneettisina muutoksina. Kuvassa 3 demonstroidaan, kuinka magneettista tilaa voidaan lukea ja muuttaa ulkoisella magneettikentällä. Kasettiasema toimii juuri tällä ulkoisen magneettikentän periaatteella.



KUVA 3. Kasettiaseman toimintaperiaate (10)

2.1.3 Magneettikiekko-kiintolevy

Kiintolevyn eli kovalevyn kehitti IBM-niminen yritys vuonna 1956. Ensimmäinen kiintolevy oli 152 cm pitkä, 172 cm korkea, 74 cm leveä, noin 1000 kg painava ja sen tiedontallennuskapasiteetti oli alle 5 Mt. (11; 12.)

Kiintolevyjä käytetään tietokoneiden massamuistilaitteina. Kiintolevyn ideana on olla kiinteä osa tietokonetta, jossa sijaitsee tietokoneen käyttöjärjestelmä, sovellukset ja halutut tiedostot.

Magneettikiekolla toimivien kiintolevyjen toimintaperiaate ei ole vuosien saatossa muuttunut. Bitit tallennetaan kiekolla oleviin uriin magneettisina varauksina. Kiekolta dataa luettaessa bittipaikan magneettinen varaus indusoi lukupäähän sähkövirran. Sähkövirrasta päätellään bitin arvo. Kiintolevyjen yleistyminen kotitietokoneissa alkoi 1980-luvun alussa. (13; 14.)

2.1.4 Levyke

Levyke, jota kutsutaan myös disketiksi, keksittiin 1960-luvulla. Levykkeen käytön yleistymistä hidasti levykeaseman kalliimpi hinta verrattuna tietokoneeseen. Vaikka markkinoiden levykkeet olivat samankokoisia, ne eivät toimineet eri valmistajien levykeasemissa, eli yhteistä standardia ei ollut. Levykkeen käyttö yleistyi kotikäytössä vasta vuonna 1984, kun Apple valitsi Sonyn 3,5 tuuman levykeformaatin uusiin Macintosh-tietokoneisiin. Applen ratkaisu pakotti 3,5 tuuman levykkeen markkinoiden standardiformaatiksi. Tätä ennen C-kasetit olivat olleet markkinoiden johtava tiedonsiirtotapa kasettien ja kasettiasemien halvan hinnan takia. Kuvassa 4 näkyy, kuinka levykkeen koko on muuttunut vuosien varrella 8 tuumasta 3,5 tuumaan. Samalla kun levykkeen fyysinen koko on pienentynyt, sen tallennuskapasiteetti on kasvanut. (15.)



KUVA 4. 8 tuuman, 5,25 tuuman ja 3,5 tuuman levykkeet (16)

Levyke itsessään koostuu magneettisesta muistilevystä ja suojakotelosta. Magneettisesti muutettavissa oleva levy on jaettu kiekkoa kiertäviin uriin, joille data tallennetaan. Levykeaseman luku- ja kirjoituspää liikkuu sivuittain, kun taas magneett kiekko pyörii sen alla. (15; 17).

2.1.5 CD-levy

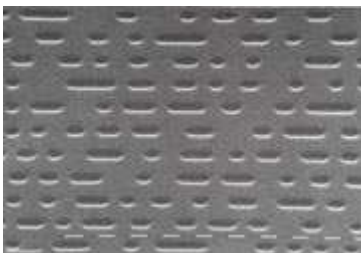
Compact Disc eli CD (kuva 5) julkistettiin vuonna 1982. Sen alkuperäinen käyttötarkoitus oli musiikinsäilöntä. Vuonna 1985 kehitettiin CD-ROM-levy, jota voi-

tiin käyttää tietokonetiedostojen siirrossa. Kuten nimikin sanoo, CD-ROM oli "read only memory" eli vain luettavissa oleva muisti. Vuosituhannen alussa lähes kaikissa tietokoneissa oli lukevat CD-asetat ja joissakin jopa kirjoituksen osaavia CD-R-aseamia. Jotta kotioiloissa levyille pystyttiin kirjoittamaan tietoa, tuli levyn olla CD-R (Recordable)-muotoa. Pian vuosituhannen jälkeen keksittiin CD-RW-levyt (ReWritable), joita CD-RW-asetilla varustetut tietokoneet pystyivät lukemisen lisäksi jopa tyhjentämään ja uudelleen kirjoittamaan. CD-levyn normaali koko on 700 Mt, joka on 450-kertainen tyypillisen 3,5 tuuman levykkeen kokoon verrattuna. (18.)



KUVA 5. Tyypillinen CD-levy (18)

Data on kirjoitettu CD-levylle laserilla, joka muokkaa levyä hyvin pienillä urilla, kuten kuvasta 6 näkyy. Levyn luku perustuu heijastusmuutoksen tunnistukseen. Levyt luetaan vakionopeudella, jotta bittien tilat voidaan tunnistaa oikein. Urien harjanteiden alku- ja loppukohdat ovat tiloja yksi. Harjanteiden alkujen ja loppujen väliset kohdat ovat tiloja nolla. Harjanteiden väliset tasangot ovat myös tiloja nolla. (18.)



KUVA 6. Lähikuva CD-levyn pinnasta (19)

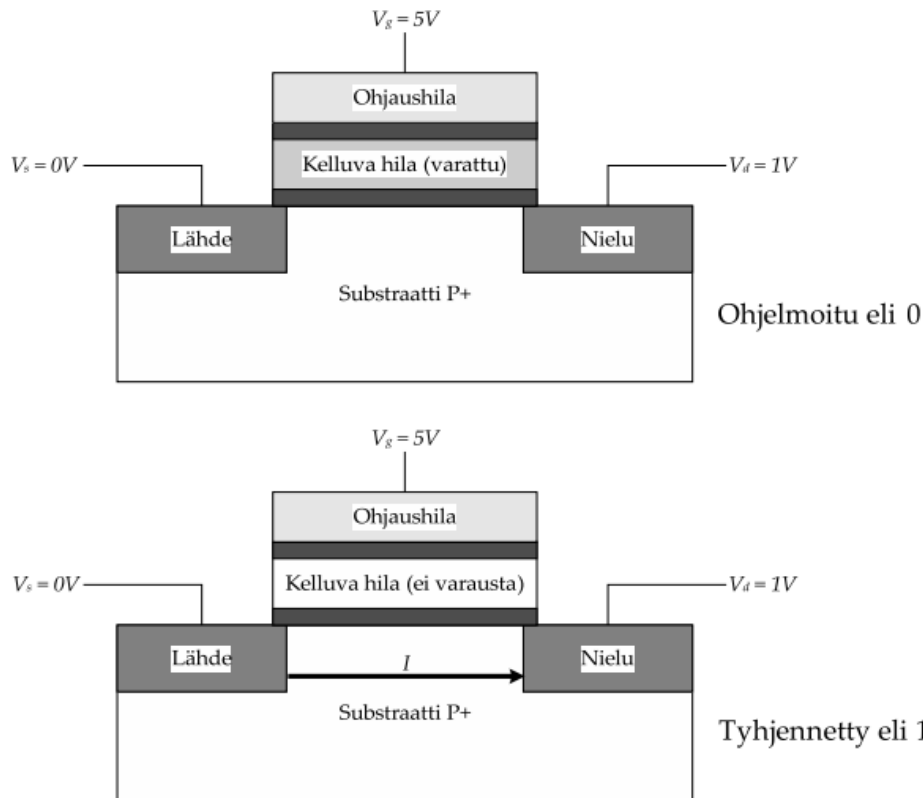
DVD- ja BlueRay-levyt perustuvat CD-levyissä käytettyyn tekniikkaan. DVD- ja BlueRay-levyt tarjoavat CD-levyjä suuremman tallennuskapasiteetin.

2.1.6 Flash-muisti

Flash-muisti on haihtumaton puolijohdemuisti, joka säilyttää tilansa myös sähköttömissä tilassa. Muistin keksi Toshiba-niminen yritys 1980-luvulla. (20, s. 11.)

Flash-muisti rakentuu muistisolusta, joiden rakenne perustuu muuteltuun MOSFET-transistoriin. Erona MOSFET-transistoriin on hilan ja kanavan välissä oleva kelluva hila. Kelluvaan hilaan voidaan eristää sähkövaraus, joka edustaa tilabittä. Kelluva hila on hyvin eristetty, ja käytännössä sähkövaraus ei pääse karkaamaan. Sähkövaraus saattaa säilyä virrattomana olleessa flash-muistissa jopa kymmenen vuotta. (20, s. 11.)

Yksitasoisissa solu-flash-muistissa (SLC flash memory) yhteen muistisoluun voidaan tallentaa vain yksi bitti. SLC-flash-muistin luku tapahtuu tuomalla jännite ohjaushilalle ja mittaamalla virta lähteen ja nielun väliltä. Kuvassa 7 nähdään, miten kelluvan hilan sähkövaraus vaikuttaa kanavan käyttäytymiseen. Mitatusta virta-arvosta voidaan päätellä kelluvaan hilaan tallennettu bitti. Jos kelluvassa hilassa ei ole sähkövarausta, kanava lähteen ja nielun välillä johtaa, joten bitin arvo on yksi. Negatiivisella sähkövarauksella kanava lähteen ja nielun välillä ei johda, joten bitin arvo on nolla. (20, s. 11.)



KUVA 7. Yksitasoisen solu-flash-muistin lukemis-periaate (20, s. 12)

Monitasoisessa solu-flash-muistissa (MLC flash memory) yhteen soluun voidaan tallentaa useampia bittejä. MLC-flash-muisti on SCL-flash-muistia halvempi ja tallennuskapasiteetilta tilavampi, mutta rakenteeltaan kompleksisempi ja tästä johtuen vikaherkempi ja hitaampi. (21, s. 7.)

Flash-muistin kaksi yleisintä rakennetyyppiä ovat NAND ja NOR. Nimet NAND ja NOR tulevat muistisolujen järjestystavasta, jotka muistuttavat samannimisiä elektroniikassa käytettäviä loogisia portteja. Muistityyppien tekniikoissa on eroja. NOR-tyyppisen muistin etuja ovat datan luotettava säilyminen ja satunnaisen muistipaikan nopea lukeminen, joka mahdollistaa sovelluksen lukemisen suoraan flash-muistista. Suoraan flash-muistista lukemisella vältetään työmuistin käyttö. NAND-tyyppisen muistin etuja ovat sen halvempi hinta, rakenteesta johtuva suurempi tallennustiheys, tiedon kirjoitusnopeus ja poistonopeus. (21, s. 8–9.) Näiden syiden takia massamuistilaitteet käyttävät NAND-tyypin muistia. Flash-muistia käyttävät kiintolevyt ovat alkaneet yleistymään, mutta niiden hinta on tällä hetkellä huomattavasti suurempi kuin perinteisten kiintolevyjen.

2.2 Tiedonsiirto nyt ja tulevaisuudessa

Muistitikut ovat edelleen hyvin yleinen tiedonsäilöntätapa, mutta tiedostojen tallennus pilveen (palveluntarjoajan palvelimelle) on yleistynyt. Pilvipalveluiden luotettavuutta ovat syöneet viimeaikaiset tietomurtoskandaalit, joissa krakkerit (yleisesti mutta virheellisesti käytetään myös termiä hakkerit) ja eri maiden viranomaiset ovat päässeet käsiksi käyttäjien yksityisiin tiedostoihin.

Muistitikut ovat tietoturvaisempi kuin pilvipalvelut, mutta fyysisesti hukattavissa oleva tiedonsäilöntätapa. Tietoturvaisuus on todennäköisin syy, minkä takia muistitikut eivät tule katoamaan.

3 TYÖLLE ASETETUT TAVOITTEET

Perinteinen muistitikku on varustettu NAND-tyypin flash-muistilla ja USB-liittimellä. USB-liitäntä on yleinen osa nykyajan tietokoneita ja perinteiselle muistitikulle liitäntä toimii tiedonsiirtokanavana ja energialähteenä.

Työn tavoitteena oli luoda langattomasti toimiva muistitikku. Luopumalla liittimistä saavutetaan nopea ja vaivaton liitettävyyys tiedonsiirtokohteeseen ja samalla säilytetään tiedostojen turvallinen mukana kulkevuus. Liittimestä luopuminen tarkoitti sitä, että vähintään tiedonsiirron tuli olla langatonta.

Työn tilaajan kehotuksesta laite päätettiin rakentaa Arduino-kehitysalustalle. Työn tavoite eli laitteen langaton toiminta päätettiin saavuttaa valitsemalla tiedonsiirtotavaksi Wi-Fi-tekniikka ja energialähteeksi induktiolaturi akun sijaan.

Tiedonsiirtoon tarvittava Wi-Fi-verkko päätettiin ylläpitää tietokoneella. Tiedonsiirtoyhteyden avaamiseksi Wi-Fi-verkon turvallisuustiedot päätettiin kirjoittaa NFC-tunnisteeseen, jotta muistitikun olisi mahdollista lukea ne. Tämän takia muistitikku varustettiin NFC-lukijalla. Tiedonsiirron hallinta nähtiin parhaaksi toteuttaa tietokoneen selaimella, joka tarkoitti sitä, että muistitikun tuli tarjota selaimelle tiedonsiirron hallintaan tarkoitettu www-sivu.

4 LANGATTOMAT TEKNIIKAT

4.1 Wi-Fi

Wi-Fi on Wi-Fi Alliancen kaupallinen termi WLAN-tuotteille, joiden toiminta perustuu IEEE:n 802.11-standardiin (23).

Wi-Fi on lähiverkkotekniikka, jolla eri tietotekniikan laitteet voidaan liittää samaan langattomaan lähiverkkoon. Lähiverkossa voidaan siirtää tiedostoja eri laitteiden välillä ja voidaan ottaa yhteys Internetiin, jos lähiverkkoa ylläpitävä tukiasema on yhdistetty modeemiin. Modeemin tulee olla yhdistettynä Internet-palveluntarjoajan ylläpitämään tietoliikenneverkkoon.

Wi-Fi:n toimintataajuuudet ovat noin 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n välissä. 802.11b-standardin teoreettinen huippunopeus on 11 Mt/s ja 802.11g-standardin 54 Mt/s. (24.)

4.2 NFC

NFC, eli Near Field Communication, on lyhyen kantaman langaton tiedonsiirto-tekniikka. NFC-tekniikan tiedonsiirtokantama on parhaimmillaan kaksikymmentä senttimetriä, mutta yleensä muutamia senttimetrejä. Tekniikka perustuu Radio Frequency Identification- eli RFID-tekнологiaan. Suurin ero tekniikoiden välillä on, että NFC-tekniikassa laite voi toimia lukijana ja tunnistena. NFC-yhteys perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Lukijalaitteella voidaan myös kirjoittaa tietoa tunnisteesiin. (25.)

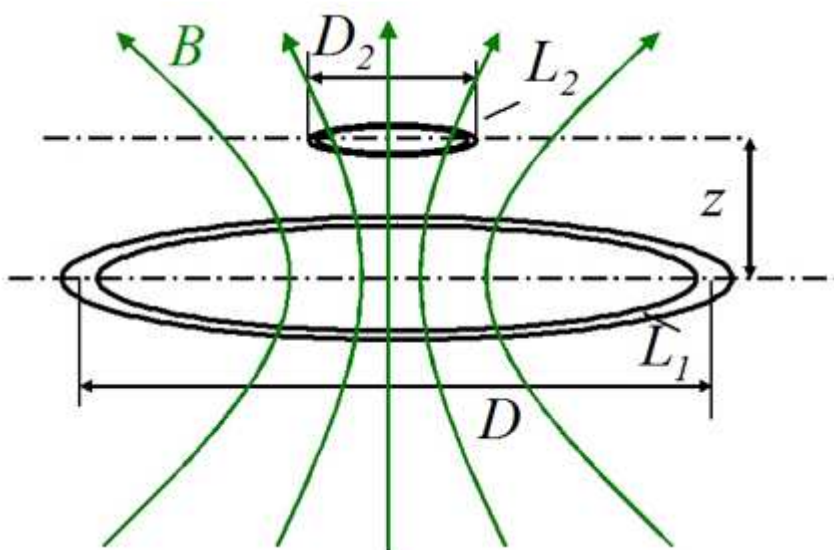
NFC-kommunikaatiossa on aina kaksi osapuolta. Osapuolet ovat aloitteentekijä ja kohde. NFC-tekniikka tukee passiivista sekä aktiivista kommunikointitilaa. Passiivinen kommunikointi tapahtuu moduloimalla aloitteentekijän luoman radiosignaalin kantoaaltoa. Tässä tilassa kohde voi ottaa tarvittavan energian aloitteentekijän sähkömagneettisesta kentästä. Aktiivisessa kommunikoinnissa molemmat, sekä aloitteentekijä että kohde, kommunikoivat vuorotellen muokkaamalla omaa radiosignaalia. Vastaanottava laite sulkee oman sähkömagneettisen kentän tiedonsiirron ajaksi. Aktiivinen kommunikointitila vaatii molemmilta

laitteilta omat tehonlähteet. Tiedonsiirto tapahtuu 13,56 MHz:n taajuudella tiedonsiirtonopeuden ollessa tunnusteen tyypistä riippuen joko 106, 212 tai 424 kb/s. (26; 27; 28.)

4.3 Langaton energiansiirto

Yleisesti puhutaan langattomasta latauksesta. Langaton lataus perustuu sähkömagneettiseen induktioon, jossa sähköenergiaa pystytään siirtämään langattomasti lähietäisyyksillä. Sähkömagneettisessa induktiossa lähetin luo sähkömagneettisesti muuttuvan kentän kahden laitteen välille. Lähettimen sähkömagneettista kenttää vahvistetaan käyttämällä yhden induktiosilmukan sijaan usean silmukan käämiä. Lähetin ja vastaanottaja muodostavat teknisesti sähkömuuntajan. Lähetin toimii ensiökääminä ja vastaanotin toisiokääminä. Kun ensiökäämiin johdetaan sähkövirtaa, se muodostaa käämin ympärille muuttuvan magneettikentän. Kun toisiokäämi tuodaan magneettikentän alaisuuteen, siihen alkaa indusoidua sähkövirtaa. (29.)

Kuvassa 8 näkyy induktiolatauksen periaate. L_1 on lähettimen ensiökäämi ja L_2 vastaanottimen toisiokäämi. Lähetin luo muuttuvan magneettikentän, jonka kautta sähköenergia siirtyy vastaanottimeen. (22.)



KUVA 8. Induktiolatauksen periaate (22)

5 KÄYTETTY LAITTEISTO

5.1 Arduino

Arduino on avoimen laitteiston ja lähdekoodin kehitysalusta. Pääasiassa Arduino-kehitysalustat on tarkoitettu opetus-, kokeilu- ja prototyypikäyttöön. Kehitysalustoille on saatavilla useita eri lisälevyjä eli Shieldejä, joiden avulla kehitysalustan toimintaa voidaan monipuolistaa. Esimerkiksi WiFi-lisälevy mahdollistaa tiedonsiirron langattomassa Wi-Fi-verkossa. Kehitysalustan nastoilla voidaan myös hallita muita oheislaitteita, kuten sensoreita ja ledejä. (30.) Kehitysalustalla on takana suuri käyttäjäyhteisö, jonka jäsenet auttavat toisiaan Arduino-foorumien kautta.

5.1.1 Historia

Arduino-projekti aloitettiin vuonna 2005 italialaisessa tekniikka-alan koulussa. Koulun oppilaat olivat käyttäneet siihen asti Basic Stamp-nimistä kehitysalustaa. Koulun mielestä tämä 100 dollari maksava laite oli liian kallis oppilaille maksettavaksi. Yksi projektin tavoitteista oli myydä Arduinoa opiskelijasuotuisalla hinnalla eli noin 30 dollarilla. Koulu suljettiin vuoden 2005 aikana, mutta osa projektin alkuperäisistä tekijöistä jatkoi Arduinon kehittämistä. (30.)

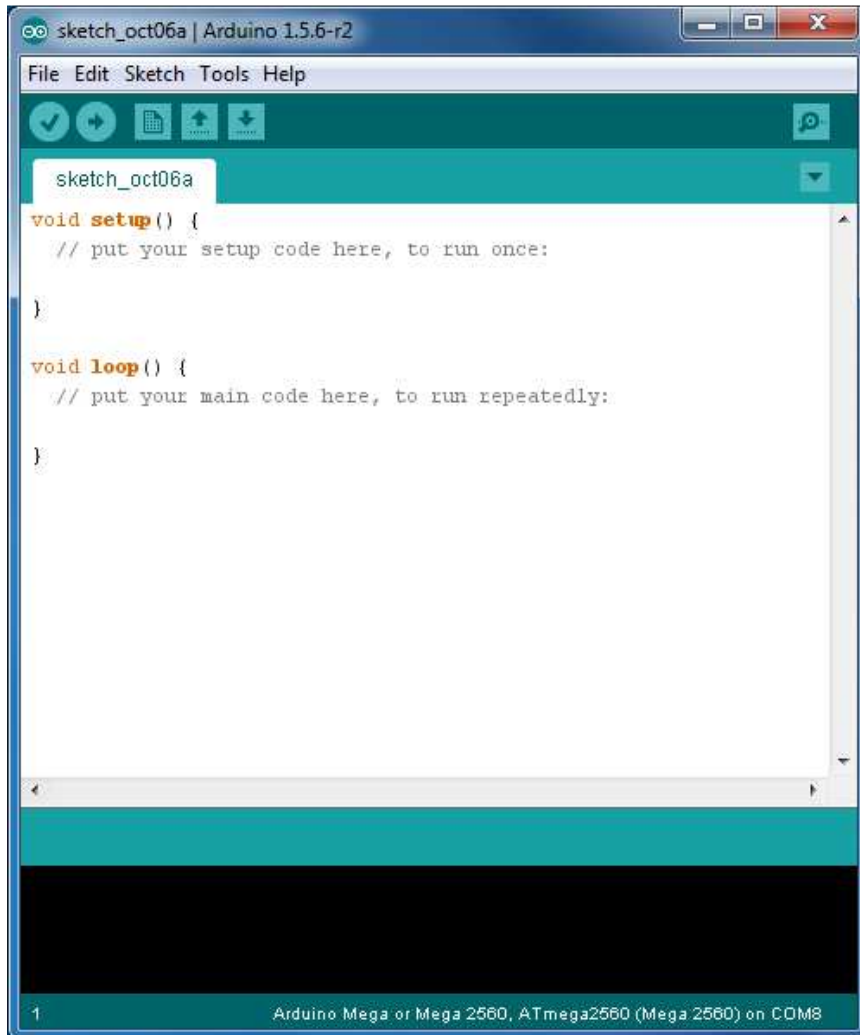
5.1.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 on Arduinon kehitysversio, joka perustuu ATmega2560-mikrokontrolleriin. Arduino Mega 2560:ssa on 54 digitaalista sisääntulo-uloistolonastaa (joista 15 tarjoaa PWM-uloitulo mahdollisuuden), 16 analogista sisääntulonastaa, neljä UART-liitäntää, 16 megahertsin kideoskillaattori, USB-liitäntä, virtaliitäntä, ICSP-liitäntä ja RESET-näppäin. Suositeltu sisääntulojännite on 7–12 V, eli 9 V:n paristokin riittää Arduino Mega 2560:n kevyeen käyttämiseen. Virrantarve vaihtelee käytön mukaan. (31.)

5.1.3 Arduino-ohjelmointiympäristö

Kehitysalustan ohjelmointi tapahtuu Arduino-ohjelmointiympäristöllä. Kuvassa 9 on ohjelmointiympäristön aloitusnäky. Ohjelma on ladattavissa laitevalmista-

jan Internet-sivulta. Laitteiston ohjelmointi tehdään C++:aan perustuvalla Arduino-ohjelmointikielillä ja suoritetaan joko sarjaportti-, Bluetooth-, Wi-Fi- tai USB-yhteyden kautta.



KUVA 9. Arduino IDE

5.2 Arduino WiFi Shield

Arduino WiFi Shield on Arduino-kehitysalustoille suunniteltu lisälevy, jonka avulla käytössä oleva kehitysalusta voidaan yhdistää Wi-Fi-verkkoon. Arduino WiFi Shield tukee IEEE:n 802.11b- ja 802.11g-standardeja. Lisälevy sisältää myös paikan SD-muistikortille; tosin kaikki Arduino-kehitysalustat eivät voi tukea tätä ominaisuutta. Kehitysalustan ja lisälevyn välinen kommunikointi tapahtuu nastojen 10–13 kautta. Wi-Fi-radio ja SD-muistikorttipaikka kommunikoivat kehitysalustan kanssa samojen nastojen kautta, mikä aiheuttaa sen, että ne eivät voi

kommunikoida samanaikaisesti. Lisälevy tukee WEP- ja WPA2-tietoturvastandardeja. Lisälevyllä ei ole näkyvää antennia, vaan se on integroitu kortin piirille. Laiteohjelmiston päivitys tapahtuu mini-USB-liitännän kautta. Lisälevy asetetaan kehitysalustan päälle siten, että kehitysalustan nastoihin on yhteys myös lisälevyn nastarimasta. Tämä mahdollistaa sen, että lisälevyn päälle voidaan asettaa toinen lisälevy, josta on myös yhteys kehitysalustan nastoihin. Lisälevy tukee UDP- ja TCP-tietoliikenneprotokollia. Lisälevyllä varustettua kehitysalustaa ei voi yhdistää verkkoon, jos verkon verkkotunnus on piilotettu. (32.)

5.3 RFID/NFC Shield

RFID/NFC Shield on ElecFreaksin kehittämä lisälevy Arduino-kehitysalustoille. Se mahdollistaa RFID- ja NFC-protokollien mukaisen kommunikoinnin. Lisälevyn ja kehitysalustan välinen kommunikointi tapahtuu nastojen 10–13 kautta. Levyllä on integroitu antenni, jonka tiedonsiirtokantamaksi luvataan yksi senttimetri. (33.)

6 TOTEUTUS

Järjestelmä koostuu muistitikusta eli kehitysalustasta ja sen lisälevyistä, ulkoisesta energialähteestä, tiedonsiirtokäyttöliittymästä ja tiedonsiirtokohteesta. Järjestelmän hallintaa varten laitteelle tuli tehdä tietokoneella hallittava käyttöliittymä. Työ alkoi tutustumalla tekniikoihin, joilla voitiin taata kehitysalustan vakaa langaton toiminta niin tiedonsiirron kuin energian saannin suhteen. Langaton tiedonsiirto toteutettiin muistitikun ja tietokoneen välille.

6.1 Järjestelmän suunnittelu

Kun käytettävät tekniikat olivat suunnilleen selvillä, alkoi selvitys siitä, kuinka paljon energiaa kehitysalusta lisälevyineen tarvitsee.

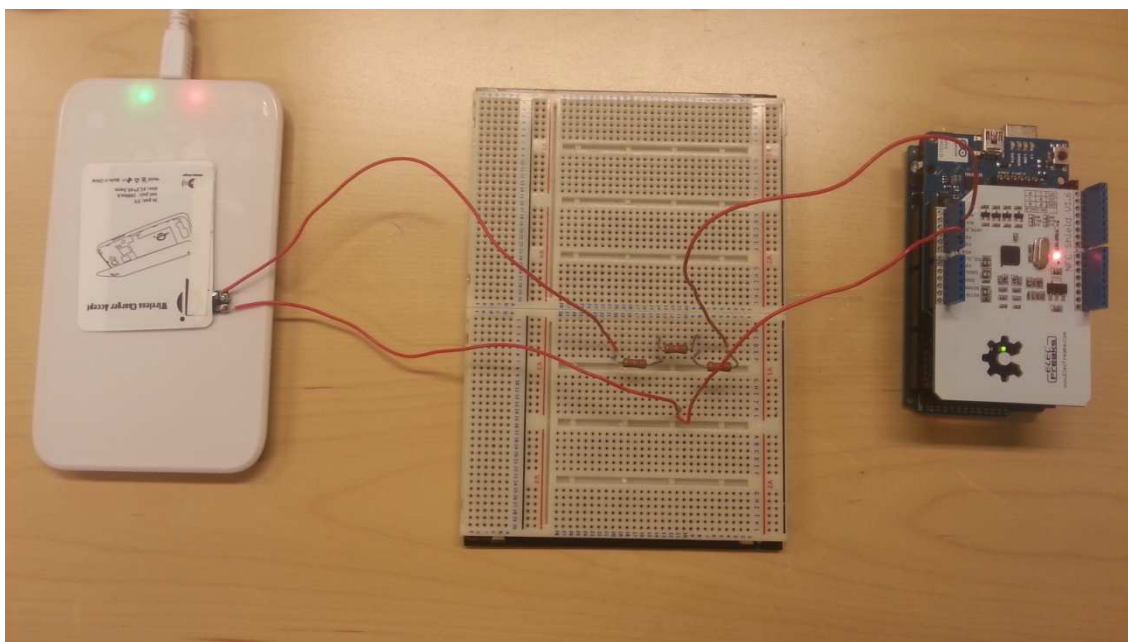
Kuten kuvassa 10 näkyy, kehitysalustan maksimaalinen virrantarve jäi kauas siitä, mitä pystyttiin tarjoamaan. Kehitysalustan jännitetarve oli noin 5 V, eli sen suhteen kuljettiin kriittisillä rajoilla. Ajatuksena oli parantaa käyttövarmuutta jännitehakkurilla, mutta valitettavasti sopivaa hakkuria ei ollut saatavilla, eikä työntekijällä ollut tietotaitoa ja aikaa rakentaa vastaavaa.

Induktiolähetin		Arduino Mega 2560	
Input	Output	Current consumption	
5	5 V	max	
2	1 A	0,05 A	
Induktiovastaanotin		NFC Shield	
Input/Output		Current consumption	
~	5 V	max	
~	1 A	0,15 A	
		Wi-Fi Shield 802.11g	
		Current consumption	
		max	
		0,22 A	
		Virran tarve	
		max	
		0,42 A	

KUVA 10. Maksimaalinen virrantarve

6.2 Järjestelmän kokoaminen

Järjestelmän kokoaminen oli hyvin helppoa, sillä kehitysalusta ja sen lisälevyt oli suunniteltu koottavaksi toistensa päälle. Induktiolähetin liitettiin verkkovirtaan ja induktiovastaanotin kehitysalustan VIN- ja GND-nastoihin. Kuvassa 11 näkyy koottu järjestelmä. Tietokone varustettiin Wi-Fi-adapterilla.



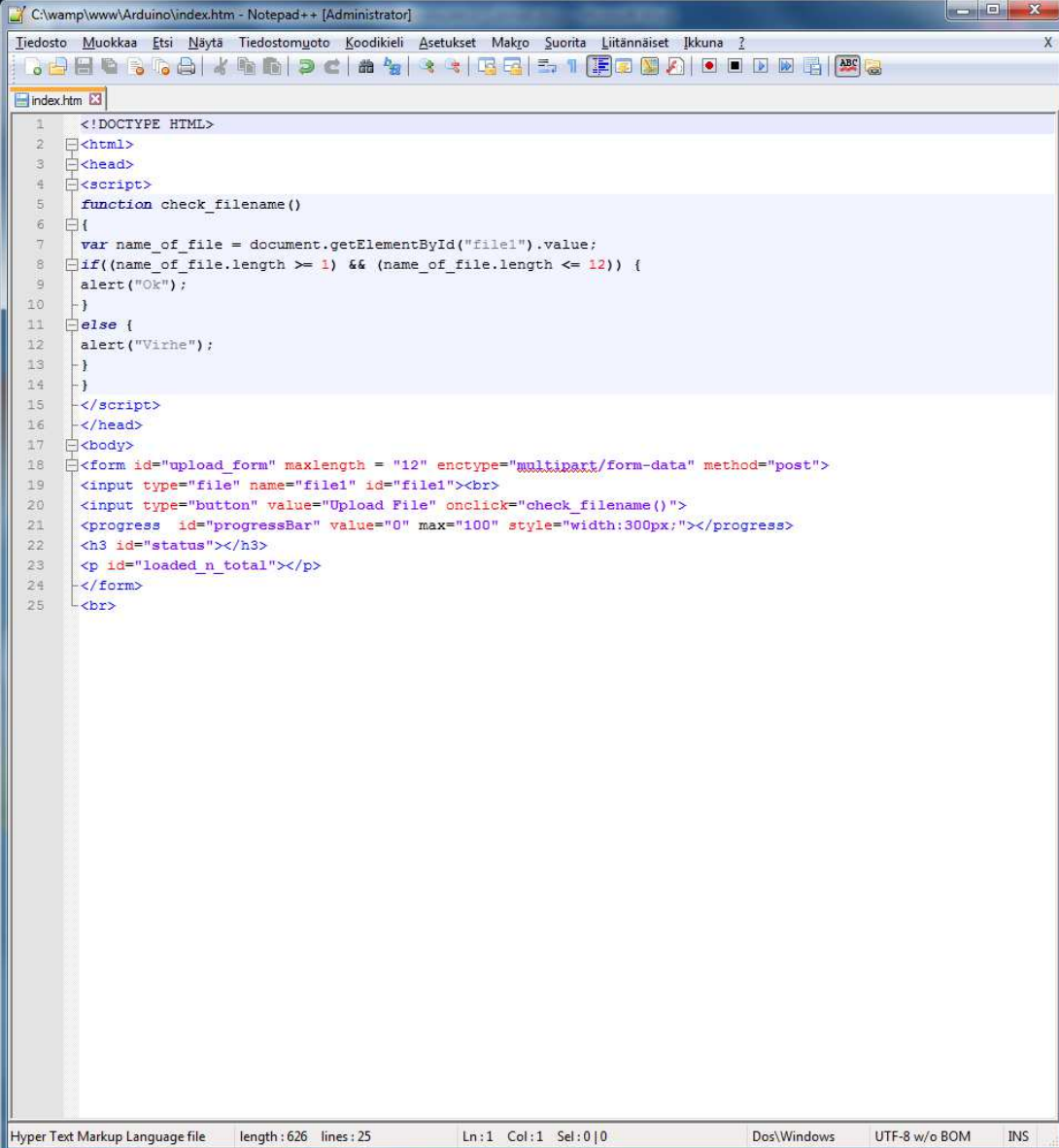
KUVA 11. Järjestelmä

6.3 Ohjelmointi

Muistitikku ohjelmoitiin siten, että se liittyy Wi-Fi-verkkoon lukemalla NFC-tunnisteesta liittymiseen tarvittavat tiedot. Muistitikun tehtävänä on tarjota verkkoon Internet-käyttöliittymäsivu, jolla tiedonsiirtoa voidaan hallita.

Käyttöliittymä suunniteltiin HTML- ja JavaScript-kielillä. AJAX-tekniikan avulla sivulle pystyttiin tekemään ominaisuuksia, jotka eivät pakottaneet sivun uudelleenlataamiseen. XMLHttpRequest-objektin avulla saatiin aikaiseksi tiedostojen lähettäminen selaimelta palvelimelle (kehitysalustalle). Käyttöliittymään pääsi käsiksi kirjoittamalla muistitikulle annetun IP-osoitteen Internet-selaimen osoitepalkkiin.

Käyttöliittymä kirjoitettiin alun perin Notepad++-ohjelmalla ja koodin toimivuutta testattiin tietokoneella ylläpidetyllä www-palvelimella. Palvelinta ylläpidettiin WampServer-ohjelmalla. Kuvassa 12 näkyy käyttöliittymään suunniteltu funktio, joka tarkistaa, onko siirrettävän tiedoston nimi halutun pituusrajan sisällä.



```
1 <!DOCTYPE HTML>
2 <html>
3 <head>
4 <script>
5   function check_filename()
6   {
7     var name_of_file = document.getElementById("file1").value;
8     if((name_of_file.length >= 1) && (name_of_file.length <= 12)) {
9       alert("Ok");
10    }
11   else {
12     alert("Virhe");
13   }
14 }
15 </script>
16 </head>
17 <body>
18 <form id="upload form" maxlength = "12" enctype="multipart/form-data" method="post">
19 <input type="file" name="file1" id="file1"><br>
20 <input type="button" value="Upload File" onclick="check_filename()">
21 <progress id="progressBar" value="0" max="100" style="width:300px;"></progress>
22 <h3 id="status"></h3>
23 <p id="loaded_n_total"></p>
24 </form>
25 <br>
```

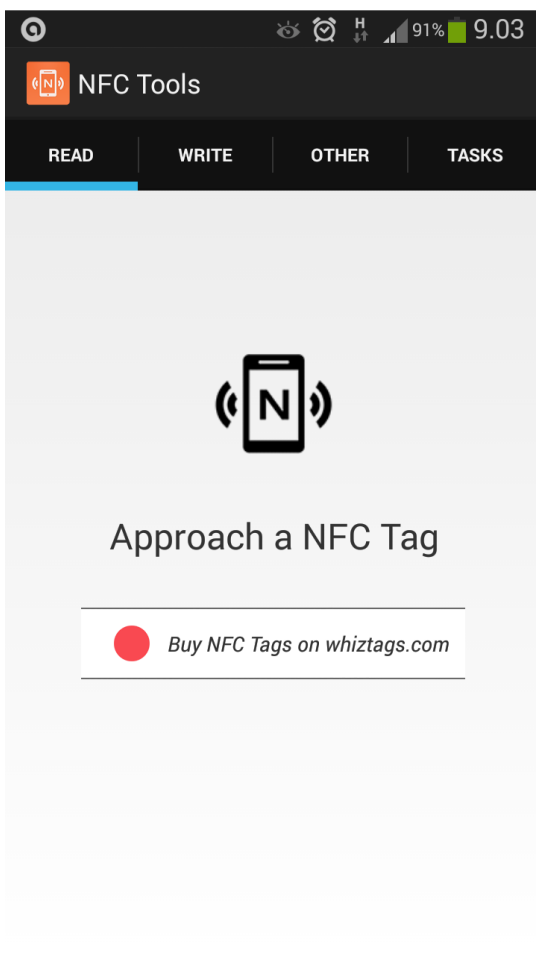
KUVA 12. Notepad++

Koodiosuus, joka käsitteli selaimen palvelimelle lähettämiä HTTP-pyyntöjä (tiedoston lataus- ja lähetyspyyntöä), suunniteltiin Microsoft Visual Studio -ohjelmointiympäristössä. Tämä johtui suurimmaksi osaksi siitä, että Arduinon omasta ohjelmointiympäristöstä puuttui kunnollinen virheentunnistusominais-

suus. Toimivat koodiosuudet yhdistettiin ja lopuksi muunnettiin Arduino-ohjelmointiympäristössä toimivaksi.

6.4 Verkkoon liittyminen

Tietokone ylläpiti Wi-Fi-verkkoa, jonka verkkotunnus ja salausavain kirjoitettiin NFC-tunnisteeseen. NFC-tunnisteen kirjoitus tapahtui kuvan 13 NFC tools - Android-ohjelmalla. Salautietojen luku tunnisteesta mahdollisti sen, että kehitysalustalla pystyttiin liittymään haluttuihin Wi-Fi-verkkoihin. Kehitysvaiheessa kehitysalustalle annettu IP-osoite saatiin selville sarjaporttiyhteyden kautta. Tämä vaihtoehto ei tietenkään ollut mahdollinen lopulliselle tuotteelle, joten Wi-Fi-verkon ylläpitäminen siirrettiin Connectify-ohjelmalle. Tähän ohjelmaan päädyttiin, koska siinä oli muista ohjelmista poiketen ominaisuus näyttää verkkoon liittyneiden laitteiden IP-osoitteet.



KUVA 13. NFC Tools

6.5 Järjestelmän toiminta

Muistitikku otti induktiolähtimestä toimintaansa tarvittavan energian ja luki NFC-tunnisteesta turvallisuustiedot, joiden avulla voitiin liittyä tiedonsiirtokohteen ylläpitämään Wi-Fi-verkkoon. Tiedonsiirtoon tarvittavaan käyttöliittymään päästiin käsiksi kirjoittamalla kehitysalustalle annettu IP-osoite tietokoneen Internet-selaimen osoitepalkkiin. IP-osoite saatiin selville Wi-Fi-verkkoa ylläpitävästä tietokoneohjelmasta.

7 JATKOKEHITYS

Projektin edetessä mietittiin jo parempia järjestelmän toteutusmenetelmiä, joiden avulla kokonaisuudesta saataisiin toimivampi ja käyttövarmempi.

Esimerkiksi www-käyttöliittymä kaipaa hieman lisää toimintoja. Sivulla voisi näkyä esimerkiksi muistikortin vapaa tila. Tämän toteutus ei ollut mahdollista Arduino-ohjelmointiympäristön mukana tulleella SD-kirjastolla. Muistitikulle siirrettävälle tiedostolle olisi hyvä asettaa suurin sallittu koko, jotta tiedostojen siirron voisi estää, jos muistitikulla ei ole tarpeeksi vapaata tilaa. Käyttöliittymän ulkoinen olemus tulisi myös uudistaa visuaalisemmaksi.

Tietokoneelle voisi tehdä ohjelman, joka luo tietokoneesta Wi-Fi-tukiaseman ja näyttää tukiasemaan liittyneiden laitteiden IP-osoitteet. Tämän ohjelman avulla muistitikun IP-osoite saataisiin helposti tietoon. Projektin tekohetkelle ei ollut saatavilla kuin yksi maksullinen ohjelma, josta löytyi halutut ominaisuudet. Ohjelma sisälsi ilmaisen kokeilujakson.

8 YHTEENVETO

Työn aiheena oli suunnitella ja toteuttaa langattomasti toimiva muistitikku. Muistitikku rakennettiin Arduino Mega 2560 -kehitysalustalle.

Suunnitteluvaiheessa muistitikusta oli tarkoitus tehdä FTP-palvelin, mutta pian kävi ilmi, että tämä ei ole mahdollista Arduinon virallisella Wi-Fi-lisälevyllä, joten tiedonsiirto päätettiin toteuttaa HTTP-protokollan ja www-käyttöliittymän avulla.

Työssä käytettiin aluksi Arduino Uno -kehitysalustaa, mutta tämä vaihtui nopeasti suuremman muistin sisältävään Arduino Mega 2560 -kehitysalustaan. Vaihto oli pakollinen, sillä ohjelmakoodin koko kasvoi Arduino Unolle liian suureksi.

Työn edetessä kävi ilmi, että Arduino Uno ja Arduino Mega 2560 eivät voineet hyödyntää Wi-Fi-tekniikan mahdollistamia huippunopeuksia, vaan ne jäivät niistä todella kauas. Jo suunnitteluvaiheessa oli tiedossa, että käytettävissä olevilla Arduino-kehitysalustoilla ei voida valjastaa koko tiedonsiirtonopeutta, mutta eron ei odotettu olevan näin suuri.

Tiedonsiirrossa käytetty HTTP-protokolla ei ollut minulle entuudestaan kovin tuttu ja tästä syystä jouduin tutustumaan siihen tarkemmin. Tiedonsiirto-protokollaan tutustuminen selvensi minulle selaimen ja palvelimen välillä käytävää kommunikointia. Koska Arduino ei ole HTTP-palvelin ja näin ollen ei sisällä palvelinohjelmaa, joka automaattisesti vastaisi selaimelta lähetettyihin HTTP-komentoihin, tuli sen ohjelmakoodiin kirjoittaa vastaavat ominaisuudet.

Käyttöliittymän graafinen ilme oli hyvin yksinkertainen, sillä sivuston dynaamisten ominaisuuksien toteuttaminen minulle täysin tuntemattomalla JavaScript-kielellä vei aikansa. Uskon, että kokemus JavaScript-kielestä ja HTTP-protokollasta on tulevaisuudessa minulle hyödyksi.

LÄHTEET

1. Massamuisti. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Massamuisti>. Hakupäivä 27.10.2014.
2. Reikäkortti. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Reik%C3%A4kortti>. Hakupäivä 27.10.2014.
3. Reikäkortti. Saatavissa:
http://suomentietokonemuseo.fi/vanhat/fin/kuva_1_fin.htm. Hakupäivä 27.10.2014.
4. Lindström, M. 2002. Reikäkortin historia. Tietojenkäsittelytieteen laitos Helsingin yliopisto. Saatavissa:
<http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tkhist/k2002/alustukset/Reikakortit/reikakortinhist.rtf>. Hakupäivä 27.10.2014.
5. Edwards, B. 2010. International Data Group. From Paper Tape to Data Sticks: The Evolution of Removable Storage. Saatavissa:
http://www.pcworld.com/article/188661/evolution_of_removable_storage.html. Hakupäivä 27.10.2014.
6. Magnetic tape data storage. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_tape_data_storage. Hakupäivä 28.10.2014.
7. Tape drive. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Tape_drive. Hakupäivä 28.10.2014.
8. Compact Cassette. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Compact_Cassette. Hakupäivä 5.11.2014.

9. 1280x1024 Vintage Cassette desktop PC and Mac wallpaper. Saatavissa: http://wallpaperstock.net/vintage-cassette_wallpapers_37761_1280x1024_1.html. Hakupäivä 29.10.2014.
10. Tape Head Action. Saatavissa: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/audio/tape2.html>. Hakupäivä 29.10.2014.
11. Hard disk drive. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk_drive. Hakupäivä 30.10.2014.
12. History of IBM magnetic disk drives. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_IBM_magnetic_disk_drives#IBM_350. Hakupäivä 30.10.2014.
13. Kiintolevy. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kiintolevy>. Hakupäivä 30.10.2014.
14. Kiintolevy. 2014. Saatavissa: <http://www.ekurssit.net/kurssit/atk-asennus/kiintolevy.php>. Hakupäivä 31.10.2014.
15. Levyke. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Levyke>. Hakupäivä 31.10.2014.
16. Floppy disk. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Floppy_disk. Hakupäivä: 31.10.2014.
17. How Floppy Disk Drives Work. Blucora, Inc. Saatavissa: <http://computer.howstuffworks.com/floppy-disk-drive.htm>. Hakupäivä 1.11.2014.

18. CD-levy. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/CD-levy>. Hakupäivä 6.11.2014.
19. Philips Research. Koninklijke Philips N.V. Saatavissa:
<http://www.research.philips.com/technologies/projects/cd/technology.html>.
Hakupäivä 1.11.2014.
20. Mäntymaa, J. 2006. Haihtumattomat tallennusmenetelmät sulautetussa anturijärjestelmässä. Jyväskylän yliopisto. Saatavissa:
https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/12484/URN_NBN_fi_jyu-200746.pdf?sequence=1. Hakupäivä 30.10.2014.
21. Ainola, E. 2013. Ohjelmiston latausaseman suunnittelu taajuusmuuttajien massatuotantoon. Aalto-yliopisto Sähkötekniikan korkeakoulu. Saatavissa:
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/12018/master_Ainola_Eppu_2013.pdf?sequence=1. Hakupäivä 30.10.2014.
22. Langaton lataus - näin se toimii. 2013. Saatavissa:
<http://aani.nokia.fi/2013/01/14/nain-langaton-lataus-toimii/>. Hakupäivä 14.5.2014.
23. Wi-Fi. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>. Hakupäivä 15.5.2014.
24. WLAN. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Wifi>. Hakupäivä 15.5.2014.
25. NFC. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa:
http://fi.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication. Hakupäivä 6.10.2014.
26. Luukkonen, J. 2014. NFC-Near Field Communication. PowerPoint-esitys opintojaksolla T765703 Lyhyen kantaman radiot. Oulun Ammattikorkeakoulu

- Oy. Saatavissa: <https://oiva.oamk.fi>. Vaatii käyttäjätunnuksen. Hakupäivä 6.10.2014.
27. Pietola, M. 2008. Near Field Communication. PowerPoint-esitys opintojaksolla T765703 Lyhyen kantaman radiot. Oulun Ammattikorkeakoulu Oy. 2014. Saatavissa: <https://oiva.oamk.fi>. Vaatii käyttäjätunnuksen. Hakupäivä 6.10.2014.
28. Heikkilä, V. NFC, Near Field Communication. PowerPoint-esitys opintojaksolla T765703 Lyhyen kantaman radiot. Oulun Ammattikorkeakoulu Oy. 2014. Saatavissa: <https://oiva.oamk.fi>. Vaatii käyttäjätunnuksen. Hakupäivä 6.10.2014.
29. Induktiolataus. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Induktiolataus>. Hakupäivä 14.5.2014.
30. Arduino. 2014. Wikimedia Foundation Inc. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>. Hakupäivä 6.10.2014.
31. Arduino Mega 2560. 2014. Arduino Corporation. Saatavissa: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. Hakupäivä 6.10.2014.
32. Arduino WiFi Shield. 2013. Arduino Corporation. Saatavissa: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>. Hakupäivä 15.5.2014.
33. RFID/NFC Shield. 2014. ElecFreaks Corporation. Saatavissa: http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=RFID/_/_NFC_Shield&oldid=5201. Hakupäivä 6.10.2014.