



Tuomas Sandberg

KARTOITUS JA SELVITYS RFID- SEKÄ VIIVAKOODITEKNIIKAN TUOMISTA HYÖDYISTÄ PIIRIKORTTITUOTANTOPROSESSIIN

**KARTOITUS JA SELVITYS RFID- SEKÄ VIIVAKOODITEKNIIKAN
TUOMISTA HYÖDYISTÄ PIIRIKORTTITUOTANTOPROSESSIIN**

Tuomas Sandberg
Opinnäytetyö
Syksy 2012
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka, langaton tietoliikenne

Tekijä: Tuomas Sandberg

Opinnäytetyön nimi: Kartoitus ja selvitys RFID- sekä viivakooditekniikan tuomista hyödyistä piirikorttituotantoprosessiin

Työn ohjaaja: Ensio Sieppi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2012

Sivumäärä: 44 + 0

Opinnäytetyön aiheena oli kartoittaa RFID- ja viivakooditekniikoiden tuomat hyödyt terveysteknologiayrityksen piirikorttituotantoprosessiin. Tavoitteena oli suunnitella toimivia ehdotuksia piirikorttituotantoprosessin tehostamiseksi ja kustannustehokkuuden parantamiseksi. Lopputuloksena oli tarkoitus saada ehdotuksista käytännössä toimivia. Jatkossa yritys voisi hyödyntää ehdotuksia tai niiden variaatiota.

Työ aloitettiin tutustumalla piirikorttituotantoprosessiin ja toiminnanohjausjärjestelmän toimintaan. Opinnäytetyöhön sisältyi kartoitus- ja selvitystyötä, jonka aikana oltiin yhteydessä moniin asiantunteisiin yhteyshenkilöihin. Työn aikana myös kartoitettiin eri RFID- ja viivakoodilaitteistoja, joita voitaisiin hyödyntää eri tuotannon vaiheissa. Toteutusvaiheeseen kuului toteutusehdotusten ja niihin liittyvien kustannuslaskelmien teko.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tehokkuutta lisäävät ehdotukset suunniteltua ja niihin liittyvät kustannuslaskelmat laskettua.

Asiasanat: RFID, viivakoodit, piirikorttituotanto, toiminnanohjausjärjestelmät, kustannuslaskelmat

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Information Technology, Wireless Telecommunication

Author: Tuomas Sandberg

Title of thesis: The survey and report on RFID and barcode technology benefits of the printed circuit board production process

Supervisor: Ensio Sieppi

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2012 Pages: 44 + 0

The purpose of this thesis was to identify how RFID and barcode technologies can benefit medical technology company's printed circuit board production process. The goal was to design proposals for printed circuit board process more efficient and cost-effective. The end result was to make the proposals that could work in practice. In the future company could take advantage of proposals or variations of them.

The work began by learning about the printed circuit board production process and enterprise resource planning activities. Thesis included a survey and analysis by which the contact was made with a number of knowledgeable contact persons. During the work also charted the various RFID and barcode equipment that could be used in different stages of production. The implementation phase consisted of proposals relating to the cost calculations and the proposals.

The result of this thesis was the planned proposals to increase effectiveness and the related cost calculations.

Keywords: RFID, bar code, printed circuit board process, enterprise resource planning, cost calculation

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty kevään ja syksyn 2012 välisenä aikana terveysteknologia-alan yritykselle.

Haluan kiittää opinnäytetyöni tilaajaa, jolta sain opinnäytetyön aiheen, ja myös muita ohjausryhmääni kuuluvia henkilöitä. Kiitokset myös yrityksen piirikorttituotannon työntekijöille avusta ja myös muulle henkilökunnalle, joka on auttanut minua opinnäytetyöni onnistumisessa.

Oulussa 2.7.2012

Tuomas Sandberg

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	9
2 VIIVAKOODITEKNIikka	10
2.1 Viivakoodityypit	10
2.1.1 Koodi 39	10
2.1.2 Interleaved 2/5	11
2.1.3 EAN/UPC	12
2.1.4 Code 128	13
2.1.5 Code 49	14
2.1.6 Data Matrix	14
2.2 Tunnistustekniikat	15
2.2.1 Laserlukijat	15
2.2.2 CCD-lukijat	15
2.2.3 Kameralukijat	16
2.3 Tuottamistavat	16
2.3.1 Lämpösiirtotulostus	16
2.3.2 Suoralämpötulostus	17
2.3.3 Matriisitulostus	17
2.3.4 Laserkaiverrus	17
3 RFID-TEKNIikka	19
3.1 Tunnisteet ja käyttökohteet	19
3.2 Taajuusalueet	21
3.3 Rakenne	21
4 TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN LIIKETOIMINTAPROSESSISSA	23
4.1 Toiminnanohjaus	23
4.1.1 Kehitysvaiheet	24
4.1.2 Toiminnanohjausjärjestelmien edut ja haitat	25
4.2 iScala	26
4.3 Tuotannonohjaus	27
4.4 TeamexTime	28
5 PIIRIKORTTITUOTANTOPROSESSI	30

6 RFID- JA VIIVAKOODITEKNIikka PIIRIKORTTITUOTANTOPROSESSISSA	32
6.1 RFID	32
6.2 Viivakoodi	34
6.3 Kustannuslaskelmat	36
6.4 Ehdotus A	36
6.5 Ehdotus B	38
7 POHDINTA	40
LÄHTEET	42

MERKKIEN SELITYKSET TAI SANASTO

A/D	Analog/Digital, muunnos analogisesta digitaaliseksi
CCD	Charge-Coupled Device, kameroissa käytettävä valonherkkä kenno
DPI	Dots Per Inch, tulostustarkkuus
EAN	European Article Number, viivakoodityyppi
EMI	Electromagnetic Interference, sähkömagneettiset häiriöt
EPC	Electronic Product Code, sähköinen tuotekoodi
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
FSK	Frequency Shift Keying, taajuusmodulointimenetelmä
HF	High Frequency, taajuusalue välillä 3–30 MHz
LF	Low Frequency, taajuusalue välillä 30–300 kHz
MRP	Material Requirements Planning, tuotannonohjaus
MRP II	Manufacturing Resource Planning, paranneltu MRP
PDA	Personal Digital Assistant, kämmentietokone
PSK	Phase Shift Keying, vaihemodulointimenetelmä
QAM	Quadrature Amplitude Modulation, modulointimenetelmä
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus
ROI	Return of Investments, investoinnin takaisinmaksuaika
SMD	Surface Mount Device, pintaliitoskomponentti
UHF	Ultra High Frequency, taajuusalue välillä 0,3–3 GHz
UPC	Universal Product Code, viivakoodityyppi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin vuonna 1994 perustetulle terveysteknologiaan erikoistuneelle yritykselle, jonka asiakkaita ovat kansainväliset johtavat yhtiöt sekä kotimaiset kasvavat yritykset. Yrityksellä on toimipisteitä Suomessa ja ulkomailla. (1.)

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella yritykselle toimiva ja käytännöllinen ratkaisu piirikorttituotannon tuotantoprosessin tehostamiseen. Tällä hetkellä tuotanto muodostuu pääsääntöisesti piirikortti- ja kokoonpanotuotannosta.

Päivittäin tehdyt työt kirjataan reaaliaikaisesti työnajanseurantajärjestelmään, joka on integroitu toiminnanohjausjärjestelmään. Kirjaaminen tapahtuu manuaalisesti valmistuneiden kappalemäärien mukaan tuotantosolussa. Työn kirjaamisen myötä ostomateriaalit poistuvat automaattisesti toiminnanohjausjärjestelmän varastosta ja tuotannonohjaus saa reaaliaikaisen tiedon valmistuneista kappaleista.

Manuaalinen kirjaaminen aiheuttaa inhimillisiä virheitä, joiden jälkikorjaaminen toiminnanohjausjärjestelmästä on työlästä. Opinnäytetyön tarkoitus on kartoittaa eri ratkaisuja RFID- (Radio Frequency Identification) ja viivakooditekniikasta tuotantoprosessin tehostamiseen sekä manuaalisen kirjaamisen tuomien virheiden minimoimiseen.

2 VIIVAKOODITEKNIikka

2.1 Viivakoodityypit

Viivakoodityypeistä vanhimmat ovat lineaarisia 1D-viivakoodeja. Yleisimpiä 1D-viivakoodeja ovat Koodi 39, Interleaved 2/5 ja EAN/UPC (European Article Numbering/Universal Product Code). Lineaariset koodit vievät paljon tilaa ja niihin voi sisällyttää tietoa varsin vähän. Tieto on vain sivuttaissuunnassa ja koodin pituus vaihtelee tyyppin mukaan. Joissakin koodeissa on vain kahden levyisiä elementtejä, joista kapeammat ovat binäärisesti nollia ja leveämmät ovat ykkösiä. Joissakin koodeissa on myös useamman levyisiä elementtejä, kuten EAN/UPC-koodissa. Jotkut 1D-koodit ovat pelkästään numeerisia, mutta on myös alfanumeerisia koodeja. Useimmat koodit ovat itsetarkastavia, jotta virheluennan mahdollisuus minimoitaisiin. Itsetarkastus tapahtuu esimerkiksi tarkastusluvun avulla. (2.)

2D-koodeissa on suurempi tietokapasiteetti, ja ne mahtuvat pienemmälle alueelle. Kaksiulotteisuuden ansiosta koodit sisältävät tietoa sekä pysty- että leveysuunnassa. Mustat elementit ovat koodeissa ykkösiä ja vaaleat ovat nollia. Pinotut koodit koostuvat useammasta päällekkäisestä lineaarisesta koodista. Tietokapasiteettia lisätään useammalla kerroksella, jolloin kapasiteetti voi olla kymmenestä merkistä tuhanteen merkkiin. Matriisikoodit voivat olla pyöreitä tai nelikulmaisia, ja ne ovat myös itsekorjaavia. Matriisikoodien lukusuunta on vapaa ja niihin voi sisällyttää tietoa kymmenistä useisiin tuhansiin merkkeihin. (2.)

2.1.1 Koodi 39

Koodi 39 on ensimmäinen kehitetty alfanumeerinen 1D-koodi, joka mahdollistaa numeroiden, kirjaimien sekä erikoismerkkien koodaamisen. Koodilla 39 on mahdollista koodata 44 merkkiä. Yksi merkki muodostuu yhdeksästä viivasta, joista viisi on mustaa ja neljä valkoista. Kolme viivaa on aina leveitä. Tästä tulee nimi Koodi 39. Leveät viivat ovat binäärisiä ykkösiä "1" ja kapeat nollia "0". (Kuva 1.) (3, s. 27–28; 4, s. 4.)

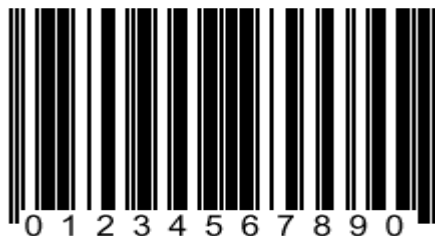


KUVA 1. Code 39 -viivakoodi (5)

Koodin pituus voi vaihdella, mutta yleensä koodissa on 15–25 merkkiä. Koodin aloitus- ja lopetusmerkkinä on tähti (*), sekä eri merkkien välissä on aina yksi tyhjä väli. Jokaisella merkillä on oma binäärinen koodinsa. Koodin alussa ja lopussa on oltava tyhjää tilaa, jotta se voidaan tulkita oikein. Koodi 39 on itsetarkastava, eli sen virheet havaitaan automaattisesti sen rakenteen ansiosta. (4, s. 4–5.)

2.1.2 Interleaved 2/5

Interleaved 2/5 on itsetarkastava 1D-koodi, jolla koodataan vain numerot. Sen merkit muodostuvat viidestä viivasta, joista kaksi on leveitä. Merkit lomitetaan niin, että ensimmäinen merkki muodostuu tummista viivoista ja jälkimmäinen vaaleista tummien välissä. Koodi on binääristä, jolloin leveät viivat tarkoittavat ykköstä ja kapeat nollaa. Koodissa on aloitusmerkkinä "00" ja lopetusmerkkinä "10". Koodissa merkkejä täytyy olla aina parillinen määrä lomituksen vuoksi, mutta sen ansiosta merkit saadaan mahtumaan pienemmälle alueelle. Jos merkkejä on pariton määrä, lisätään eteen nolla. (Kuva 2.) (4, s. 5–6.)



KUVA 2. Interleaved 2/5 -viivakoodi (5)

Interleaved 2/5 ei ole täysin virheetön, koska jos luetaan vain osa viivakoodista, dekodauksessa saattaa merkkejä jäädä pois. Tämä johtuu osittain siitä, että jotkut merkit sisältävät aloitus- ja lopetusmerkin. Esimerkiksi "0" on koodattu binäärisenä "00110". Tämä sisältää aloitus- ja lopetusmerkin. Ratkaisuna ongelmaan määritetään lukijalle luettavan koodin pituus etukäteen. Jos koodi on lyhyempi kuin määrätty, se hylätään. Lukijoihin voidaan määrittää koodin pituus, mutta jotkut lukijat asettuvat automaattisesti ensimmäisen luetun koodin pituudelle. Tämä kuitenkin rajoittaa käyttämään aina samanpituista koodia. (3, s. 30–31.)

2.1.3 EAN/UPC

EAN-koodi on Euroopasta lähtöisin, mutta sitä käytetään myös Euroopan ulkopuolella. UPC-koodi on Amerikan vastine EAN:lle. EAN-skanneri pystyy lukemaan myös UPC-koodia, mutta kaikki UPC-lukijat eivät välttämättä pysty lukemaan EAN-koodia. Yleisin EAN-koodi on EAN-13. (3, s. 75; 6.)

EAN-13 koostuu neljästä osasta ja 13 luvusta. Ensimmäiset kaksi lukua kertovat tuotteen valmistusmaan. Seuraavat neljä lukua kertovat tuotteen valmistajan, sekä seuraavat kuusi lukua kertovat tuotteen. Viimeinen luku on tarkistusnumero, jotta voidaan varmistaa, että koodi on luettu oikein. Tarkistusluku on laskettu kaikista edellisistä luvuista. (kuva 3.) Lukija laskee tarkistusluvun itse, ja jos se täsmää viivakoodissa olevaan lukuun, viivakoodi on luettu oikein. Tarkistusluku lasketaan taulukon 1 mukaan. (6.)



KUVA 3. EAN-13 -viivakoodi, jossa valmistusmaa, valmistajan ja tuotteen koodi sekä tarkistusluku (6)

TAULUKKO 1. EAN-13 -tarkistusluvun laskenta. Tulojen summa on 63, tähän lisätään 7, jotta saadaan kymmenellä jaollinen luku. Tarkistusluvuksi saadaan siis 7. (6.)

Viivakoodi	7	5	0	1	0	5	4	5	3	0	1	0
Paino	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Tulo	7	15	0	3	0	15	4	15	3	0	1	0

2.1.4 Code 128

Code 128 on korkeatiheyksinen 1D-viivakoodi, joka otettiin käyttöön vuonna 1981. Code 128 alkoi yleistyä 1990-luvulla monissa eri käyttötarkoituksissa monipuolisuutensa ansiosta. Sillä on mahdollista koodata ASCII-taulukko käyttäen kolmea eri merkkiluokkaa: A, B ja C. Jokaisessa kirjainmerkissä on 11 moduulia, jotka ovat yhtä leveitä. Moduulit muodostavat 3 erilevyistä mustaa viivaa ja 3 erilevyistä valkoista väliä (kuva 4). Jokainen kirjainmerkki alkaa viivalla ja loppuu väliin. (3, s. 34–36.)

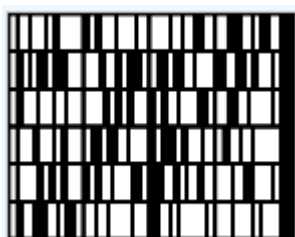


KUVA 4. Yksi kirjainmerkki koodattuna Code 128:lla (3)

Jokaisessa merkkiluokassa on 106 eri merkkikuviota käytettävänä ja jokaisella kuviolla on eri merkitys käytettävän merkkiluokan mukaan. Eri aloitusmerkit kertovat lukijalle, mitä kirjainmerkkiluokkaa käytetään. Koodia käytetään mm. jakelusovelluksissa pakkausten jäljittämiseksi. (3, s. 36–37.)

2.1.5 Code 49

Code 49 on ensimmäinen pinottu kaksiulotteinen viivakoodi, joka kehitettiin viemään vähemmän tilaa tuotteesta. Koodissa voi olla kahdesta kahdeksaan riviä, mikä mahdollistaa enemmän tietokapasiteettiä pienempään tilaan. Riveissä on 18 mustaa viivaa ja 17 vaaleaa viivaa. Rivit erotetaan toisistaan moduuliviivoilla ja ne alkavat aloituskoodilla sekä loppuvat lopetuskoodiin. (kuva 5.) Jokaisella rivillä on neljä kahden merkin pituista "sanaa". Yhdelle riville on koodattu kahdeksan merkkiä. Koodi 49:ään on mahdollista koodata 128-merkkinen ASCII-taulukko. (3, s. 48–51.)



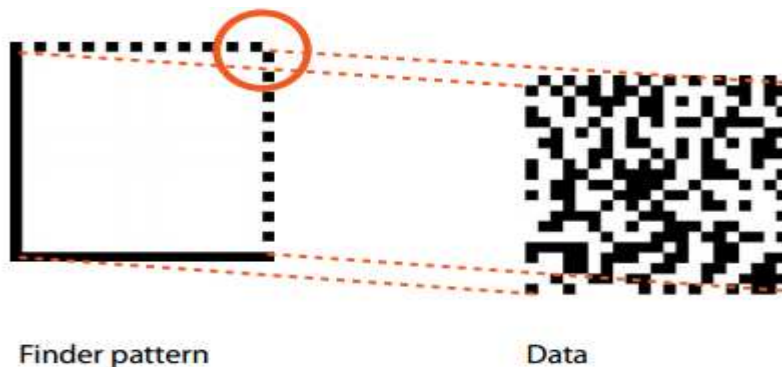
KUVA 5. Code 49 (7)

2.1.6 Data Matrix

Data Matrix -koodi on neliön tai suorakulmion muotoinen 2D-viivakoodi, jonka symbolit muodostuvat erikokoisista yksittäisistä tummista ja vaaleista pisteistä. Koodia pystytään käyttämään pienen kokonsa ansiosta piirikorteissa ja lääkepakkauksissa, ja virheellisen lukemisen mahdollisuus on erittäin pieni. Koodi on mahdollista lukea oikein, vaikka koodi olisi osittain tuhoutunut. Data matrix -koodia on kolme eri versiota: ECC 000, ECC 140 ja uusin ECC 200. Kaksi ensimmäistä versiota käyttävät konvoluutiokoodausta virheenkorjaukseen ja uusin versio Reed-Solomon -virheenkorjausta. ECC 200:n maksimikapasiteetti on 3116 numeerista merkkiä tai 2335 alfanumeerista merkkiä. (3, s. 59.)

ECC 200 muodostuu kahdesta osasta: Finder pattern ja Data. Ensimmäinen määrittää matriisikoodin muodon ja koon ja Data on koodattuna Finder patternin

sisälle. Finder pattern toimii aloitus- ja lopetuskoodin tavoin, jotta viivakoodinlukija pystyy tunnistamaan koodin. (Kuva 6.) (9, s. 10.)



KUVA 6. Data Matrix -koodin pääosat (9)

2.2 Tunnistustekniikat

Peruseriaatteeltaan viivakoodien lukeminen perustuu optiikkaan. Jotkut lukijat saavat viivakoodien tiedon takaisin heijastuneesta valosta, jonka avulla ne muuttavat valon prosessoitavaksi signaaliksi. Kameralukijat ottavat viivakoodista kuvan, jonka avulla ne pystyvät käsittelemään koodissa olevan tiedon. (4, s. 12,14.)

2.2.1 Laserlukijat

Laserlukijoiden toiminta perustuu koodista takaisin heijastuvaan valoon. Heijastunut valo generoidaan sähköiseksi analogiseksi signaaliksi valodiodissa. Signaali menee A/D (Analog/Digital) -muuntimeen, jossa se muunnetaan digitaaliseksi. A/D-muuntimen ulostulo on binääristä ykköstä tai nollaa. A/D-muuntimen jälkeen digitaalinen signaali menee prosessoriin, jossa signaali käsitellään. (2; 3, s. 109.)

2.2.2 CCD-lukijat

CCD (Charge-Coupled Device) -lukijoiden tekniikka perustuu valonherkkään CCD-kennoon. Lukupäässä on ledit, jotka valaisevat koodin. Koodista heijastuu valo takaisin ja osuu CCD-kennoon. Kennon signaaleista tulkitaan kuvattu koodi. (2.)

2.2.3 Kameralukijat

Kameralukijoiden tekniikka vastaa CCD-lukijoiden tekniikkaa. Koodi valaistetaan ulkoisella valonlähteellä ja viivakoodista heijastunut valo muodostuu kameran valonherkkiin elementteihin. Elementeistä saadaan analoginen signaali, joka lähetetään dekooderille, missä se muutetaan digitaaliseksi signaaliksi. (2.)

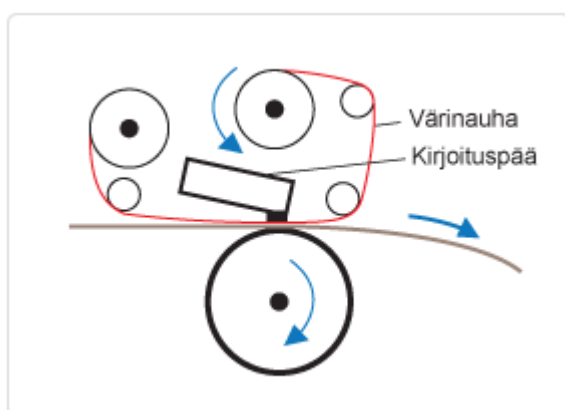
2.3 Tuottamistavat

Suurin osa viivakoodeista on tulostettuja, mutta erityistapauksissa niitä voidaan myös kaivertaa laserilla tai syövyttää kemiallisesti (3, s.159).

2.3.1 Lämpösiirtotulostus

Lämpösiirtotulostus on yleisin viivakoodien tulostukseen käytetty tekniikka, jota käytetään, kun tulostettavan koodin käyttöikä on oltava pitkä.

Lämpösiirtotulostuksen tarkkuus on nykyään jopa 200–600 DPI (Dots Per Inch) eli 8–24 pistettä/mm. Tulostusjälki syntyy erillistä kertakäyttöistä värinauhaa käyttämällä, ja tulostusleveydet ovat 50–216 mm (kuva 7). Tekniikalla voidaan kirjoittaa monille eri materiaaleille, kuten paperille, kartongille tai vinyylille. Tulostusnopeudet vaihtelevat laitteiden välillä. (2.)

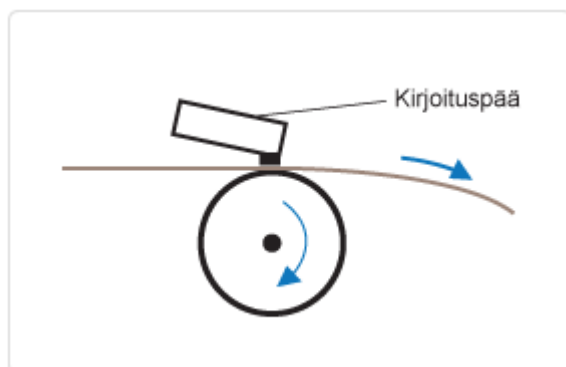


KUVA 7. Lämpösiirtotulostus (2)

Lämpösiirtotulostuksen etuna on nopeampi tulostusnopeus kuin suoralämpötulostuksessa. Sillä saa paremman tulostusjäljen sekä pystyy tulostamaan erikoismateriaaleihin teollisuusympäristöön. (10.)

2.3.2 Suoralämpötulostus

Suoralämpötulostusta käytetään, jos merkintöjen ei tarvitse olla pitkäikäisiä. Merkinnät kestävät yleensä noin vuoden ja tulostettava materiaali tummuu helposti auringonvalossa. Suoralämpötulostuksessa ei käytetä värinauhaa kuten lämpösiirtotulostuksessa (kuva 8). Yleensä tulostetaan tarroja tai lipukkeita. (2.)



KUVA 8. Suoralämpötulostus (2)

2.3.3 Matriisitulostus

Matriisitulostimissa käytetään erillistä värinauhaa, ja sillä voi myös tulostaa useille erilaisille materiaalityypeille. Kirjoittimessa on pieniä neuloja, jotka lyövät värinauhaan. Värinauhan alla on tulostusmateriaali, johon pisteet painuvat. Kirjoittimien kirjoitustarkkuus on alle 200 DPI eli alle 8 pistettä/mm. Matriisitulostin on myös äänekäs, ja värinauhan kuluessa tulee kontrastiongelmia. (2; 3,s.166.)

2.3.4 Laserkaiverrus

Tehokkaalla laserilla voidaan kaivertaa viivakoodeja tietyille materiaaleille. Se polttaa pintakerrosta pois muodostaen viivakoodin esimerkiksi piirikortille. (3, s.181–182.)

Yleensä kaiverrukseen käytetään hiilidioksidilaseria, jonka käyttämässä kaasuseoksessa on laseroivan hiilidioksidikaasun lisäksi myös typpeä ja heliumia. Typpi toimii herättäjänä ja helium kaasuseoksen jäähdyttäjänä.

Tyypillisesti kaasussa on 60–85 % heliumia, 1–9 % hiilidioksidia ja 13–35 % tyyppiä. Hiilidioksidilaserin aallonpituus on tyypillisesti 10,6 μm ja 9,6 μm . (11, s. 54.)

Laserkaiverruksessa käytetään myös YAG-lasereita, joiden aallonpituus on 1064 nm. YAG-laserit ovat kidelasereita, jotka voidaan jakaa mm. jatkuvatoimisiin ja pulssattaviin lasereihin. (11, s. 58.)

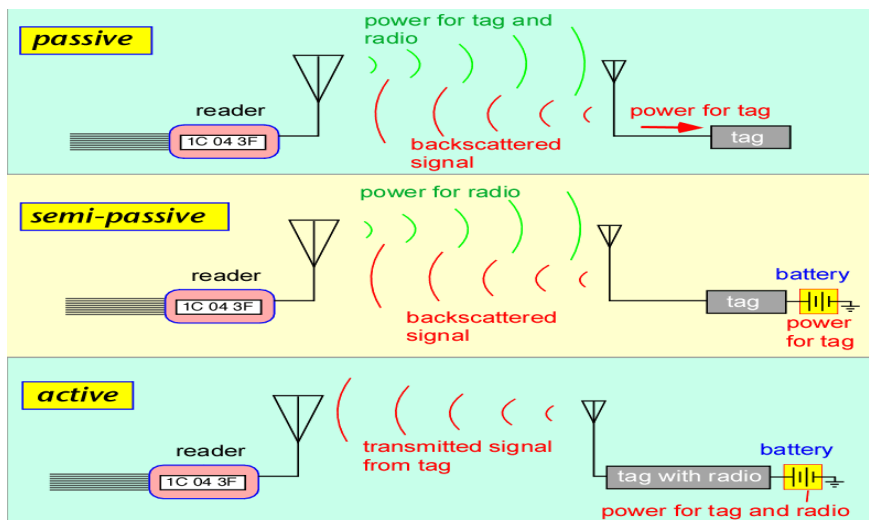
3 RFID-TEKNIikka

RFID on radiotaajuinen tekniikka, jota käytetään tuotteiden ja asioiden havainnointiin, tunnistamiseen ja yksilöintiin. Tekniikka perustuu tiedon tallentamiseen tunnisteeseen ja sen lukemiseen radiotaajuuksien avulla. RFID toimii kuten viivakoodit: tunniste kiinnitetään kohteeseen ja se luetaan lukijalla. Erona viivakoodeihin on se, että kohteen tunnistaminen onnistuu ilman näköyhteyttä. RFID-tunnisteen sisältöä voi muuttaa, kun taas viivakoodeissa sisältö pysyy samana viivakoodin tulostamisen jälkeen. RFID-tunnisteet on mahdollista lukea likaantuneessa ympäristössä, kun viivakoodin likaantuessa lukumahdollisuudet heikkenevät selvästi. (12.)

Tekniikkaa on hyödynnetty kulkukorteissa ja eläinten merkitsemisessä. Sitä käytetään myös laadunvalvonnassa, varastoissa ja tuotannon tehostamisessa. Tulevaisuudessa RFID-tekniikkaa on mahdollista käyttää myös kaupan kassoilla. (12.)

3.1 Tunnisteet ja käyttökohteet

RFID-tekniikassa käytetään kolmea erilaista tunnistetta: passiiviset, puolipassiiviset ja aktiiviset (kuva 9). Passiiviset tunnisteteet eivät käytä omaa virtalähdettä. Tunnisteessa on kuparisia silmukoita, jotka toimivat antennina. Tunniste ja lukija keskustelevat moduloimalla oskilloivaa antennikenttää, jonka lukija luo johtamalla vaihtovirtaa antenniinsa, josta tunnisteen siru saa tarvittavan virran takaisinlähetykseen. Tunnisteen täytyy olla tarpeeksi lähellä lukijaa, jotta tunnisteen lukeminen onnistuu. (13.)



KUVA 9. Eri tunnistetyyppien lähetystavat (16)

Puolipassiivisissa tunnisteissa on oma virtalähde, jota käytetään tietojen lähettämiseen lukijalle. Oma virtalähde mahdollistaa pidemmän lukuetaisyyden kuin passiivisissa tunnisteissa. Toimintaperiaate on muuten sama kuin passiivisissa tunnisteissa. (14, s. 10–11.)

Aktiivisessa tunnisteessa on oma virtalähde. Tunniste keskustelee lukijan kanssa kahden radion tavoin. Tunniste pystyy käyttämään amplitudimodulaatiota passiivisen ja puolipassiivisen tavoin, mutta kykenee myös käyttämään PSK (Phase Shift Keying)-, FSK (Frequency Shift Keying)- ja QAM (Quadrature Amplitude Modulation) -modulaatiota. Aktiivisten tunnisteiden lukuetaisyydeksi on mitattu jopa yli 100 m, mutta se riippuu käytettävästä taajuudesta, lähetysvoimakkuudesta ja ympäristöstä. (15 s. 39–40.)

Passiiviset tunnisteet maksavat minimissään noin 20 senttiä, joten käytännössä niitä voidaan käyttää kulutustavaroiden tunnistamiseen suuressa mittakaavassa. Puolipassiivisia tunnisteita hyödynnetään tietullin keräämisessä, jossa tietullin lukija lähettää lukusignaalin ja tunniste lähettää virtalähteensä voimalla tietonsa lukijalle. Tietulli voidaan periä, vaikka auto liikkuisi useamman metrin päässä lukijasta. Aktiivisia tunnisteita käytetään esimerkiksi antureiden tiedon lähettämässä. Anturi mittaa esimerkiksi lämpötilaa ja tunniste lähettää

anturin datan lukijalle, kun tunniste on lukuetaisyyden päässä lukijasta. (14, s. 10–11.)

3.2 Taajuusalueet

RFID-järjestelmässä tunniste ja lukija on suunniteltu keskustelemaan tietyllä taajuudella. LF (Low Frequency)- ja HF (High Frequency) -taajuuksilla käytetään induktiivista kytkentää, UHF (Ultra High Frequency)- ja mikroaaltotaajuuksilla käytetään radioaaltoja. (17.)

LF-taajuusalueilla järjestelmä toimii 125 kHz:n taajuudella. Taajuusaluetta ei nykyään käytetä paljoa, vaan sen käyttö rajoittuu eläintunnistukseen ja kulunvalvontaan. (17.)

HF-taajuusalueella käytetään 13,56 MHz:n taajuutta. Se on yleisesti käytetty taajuusalue varsinkin kulunvalvonnassa ja lähietäisyydeltä tunnistamisessa. Käytännössä lukuetaisyys vaihtelee muutamista sentteistä metriin. HF-tekniikan etuina ovat parempi läpäisykyky vettä sisältäviin aineisiin, häiriösietoisuus ja ongelmattomuus heijastusten suhteen. (17.)

UHF-järjestelmät toimivat Euroopassa 869 MHz:n ympärillä. Sitä käytetään logistiikan sovelluksissa. UHF-tekniikka poikkeaa edellisistä siten, että se kommunikoi käyttämällä radioaaltoja tunnisteeseen ja lukijan välillä. Myös UHF-tekniikassa on mahdollista käyttää hyväksi lukijan lähellä olevaa magneettikenttää. Tällöin lukuvarmuus nesteiden ja metallien lähellä kasvaa, ja voidaan käyttää pienempiä ja edullisempia antennejä. (17.)

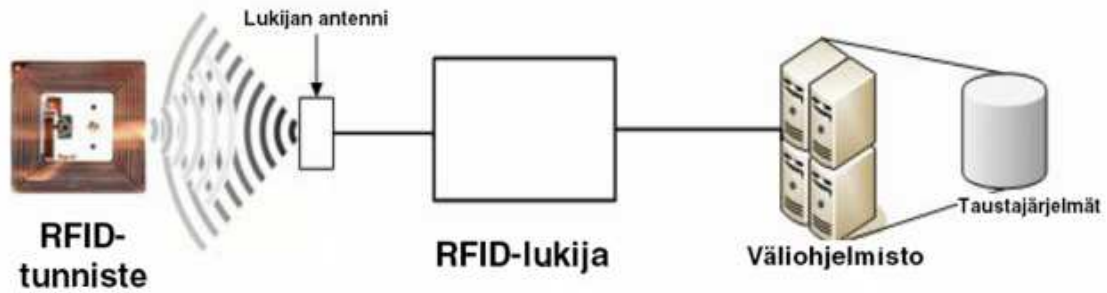
Mikroaaltoaluetta käytetään enimmäkseen aktiivisissa tunnisteissa.

Mikroaaltoalueella taajuutena käytetään 2,4 GHz:a. Sitä käytetään mm. automaattisen tietullin sovelluksissa. (17.)

3.3 Rakenne

RFID-järjestelmän rakenteeseen kuuluu kolme komponenttia: tunniste, lukija ja taustajärjestelmä (kuva 10). Lukijan antenni lähettää energian tunnisteelle, joka sisältää yksilöllisesti koodatun datan. Tunniste lähettää tiedon takaisin lukijan antennille, joka siirtää tunnisteeseen datan lukijalle. Lukija lukee tunnisteeseen datan ja

lähettää sen eteenpäin taustajärjestelmään, joka käsittelee tunnisteen datan sovelluksen mukaan. Lukija antaa myös antennille tarvittavan lähetyksenergian. Usein tunnisteeseen on kirjoitettu vain yksilöivä sarjanumero (EPC), ja varsinainen tieto haetaan taustajärjestelmän tietokannasta. (13.)



KUVA 10. RFID- järjestelmän rakenne (13)

4 TOIMINNAHOAJAUSJÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN LIIKETOIMINTAPROSESSISSA

Kehittyvässä ja globalisoituvassa taloudessa yritysten menestymisen määrää tiedon hallinnan ja hyödyntämisen tehokkuus. 1990-luvun aikana on kehitetty toiminnanohjausjärjestelmiä (Enterprise Resource Planning, ERP) yritysten liiketoiminnan tueksi. ERP-järjestelmien tarkoitus on integroida liiketoimintaprosessit tehokkaammin toimiviksi kokonaisuuksiksi yritysten sisällä ja niiden välillä. (18, s. 40.)

4.1 Toiminnanohjaus

Yritysten tarpeiden muuttuessa ja tietojärjestelmien kehittyessä laajempien tietojärjestelmien käyttöönotosta on vähitellen tullut yrityksille välttämätöntä. Yritysten tietokantojen ja sovellusten integraation kasvaessa erilaiset toiminnanohjausjärjestelmät tuovat ratkaisuja yrityksille. (18, s. 7.)

Toiminnanohjauksella ohjataan mm. yrityksen työtä ja resursseja. Töiden täytyy olla asiakkaan vaatimuksen mukaisia ja valmistua ajallaan. Resursseja täytyy käyttää tehokkaasti, jotta yrityksen toiminta olisi taloudellisesti kannattavaa. Työntekijät ovat yrityksen perusresursseja ja organisaatiossa työntekijät muodostavat erilaisia resurssiyksiköitä. (18, s. 41.)

Yrityksen liiketoiminnan ohjaus voidaan jakaa kolmeen tasoon: strateginen ohjaus, kehitystoiminnan ohjaus ja operatiivinen ohjaus. Ensimmäisessä asetetaan tavoitteita, seurataan tuloksia ja suunnitellaan toimenpiteitä. Kehitystoiminnalla luodaan edellytykset strategiassa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Operatiivinen toiminta tuottaa yritykselle tuloa ja sen ohjaus on yrityksen tärkeimpiä tehtäviä. (18, s. 42.)

Toiminnanohjausjärjestelmät koostuvat erilaisista toiminnallisista moduuleista, kuten taloushallinto, tuotanto, logistiikka, asiakashallinta, myynti, huolto jne. Nämä ohjelmistomoduulit integroidaan toisiinsa yhteisen tietokannan avulla. Käytännössä siis yhdessä paikassa järjestelmään syötetty tieto on heti käytettävissä koko järjestelmän laajuudessa. ERP-järjestelmillä pyritään

integroimaan kaikki yrityksen liiketoimintaprosessit ja esittämään kokonaisvaltainen kuva liiketoiminnasta yhdellä ratkaisulla. (19, s. 12–13.)

Tiedot täytyy kerätä ja varastoida standardimuotoisina, jotta niiden välitys eri toimintojen kesken onnistuu. Järjestelmiä on pyritty muokkaamaan eri toimialoille sopiviksi, kuten teollisuuteen, logistiikkaan ja oppilaitoksiin. Konkreettisesti toiminnanohjausjärjestelmä on operatiivinen työväline, joka on muokattu esimääritetystä järjestelmästä yrityksen tarpeita vastaavaksi työkaluksi. Toiminnanohjausjärjestelmät ovat siis valmiiksi ohjelmoituja, mutta yritys sovittaa järjestelmän omaan liiketoimintaansa sopivaksi. Tätä perustellaan sillä, että kaikilla yrityksillä on omat tarpeensa liiketoiminnassaan, sekä valmiiden järjestelmien ylläpitäminen ja muokkaaminen järjestelmän kehittäjältä on kallista. (19, s. 12–13.)

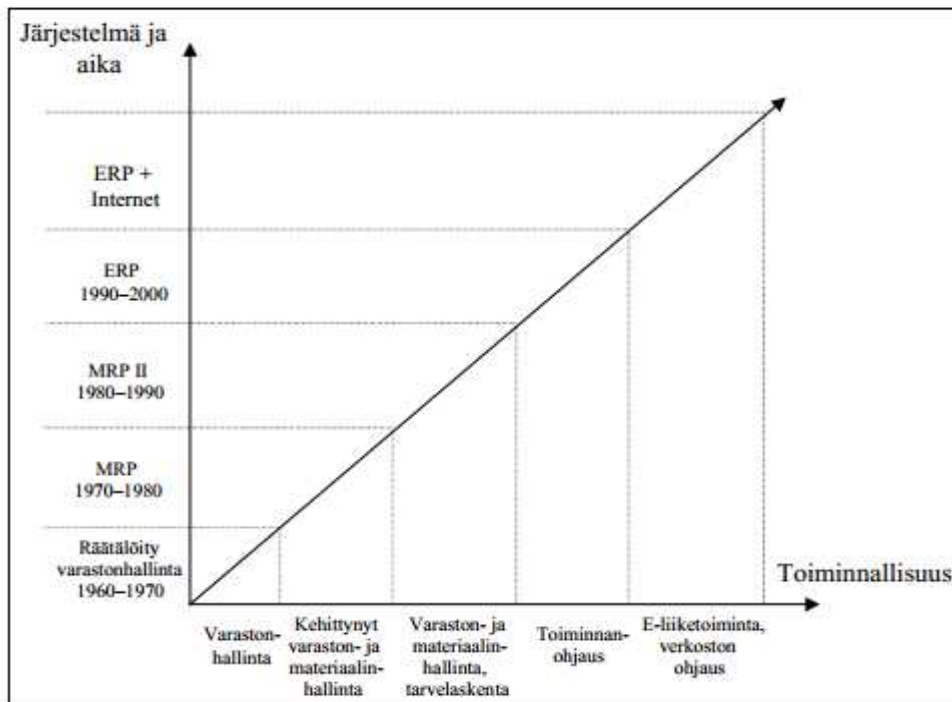
4.1.1 Kehitysvaiheet

Yrityksissä alettiin kehittää ohjelmistoja varastonseurantaan 1960-luvulla. Tästä alkoi ERP-järjestelmien kehitys. Ohjelmistot olivat hyvin yksinkertaisia ja lähinnä yritykselle räätälöityjä ohjelmia. (18, s. 46.)

1970-luvulla yritykset ottivat käyttöön MRP (Material Requirements Planning) -järjestelmän tukemaan tuotantoa. Se oli materiaalien tarvelaskentaan tarkoitettu ohjelma, joka käytti hyväksi tuoterakenteita, varastotietoja sekä täydennys- ja läpäisyajoja. MRP ei ottanut huomioon kapasiteettirajoitteita, joten 80-luvun puolivälissä otettiin käyttöön paranneltu MRP II (Manufacturing Resource Planning). Se ei kuitenkaan toiminut reaaliajassa eikä pystynyt luomaan toteuttamiskelpoisia tuotannon suunnitelmia. (20, s. 9–10; 18, s. 46.)

90-luvulla tietotekniikan ja lähiverkkojen kehittyessä perustettiin ensimmäiset integroidut järjestelmät toiminnanohjaukseen. Toiminnanohjausjärjestelmässä oli parannetut käyttöliittymät ja tiedon käsittelyä helpottavia tekijöitä. Kaikki yrityksen liiketoimintaprosessit integroitiin tehokkaasti toimiviksi kokonaisuuksiksi. Suuret konsernit, joilla oli useita varastoja ja tuotantolaitoksia ympäri maailmaa, ottivat järjestelmät käyttöön. Yrity maailmassa prosessiajattelua korostetaan, joten myös pk-yrityksillä

toiminnanohjausjärjestelmien käyttö on yleistynyt. Toiminnanohjausjärjestelmien kehitys näkyy kuvassa 11. (18, s. 40; 19, s. 14.)



KUVA 11. Toiminnanohjausjärjestelmien kehitys ja toiminnallisuuden kehittyminen (18)

4.1.2 Toiminnanohjausjärjestelmien edut ja haitat

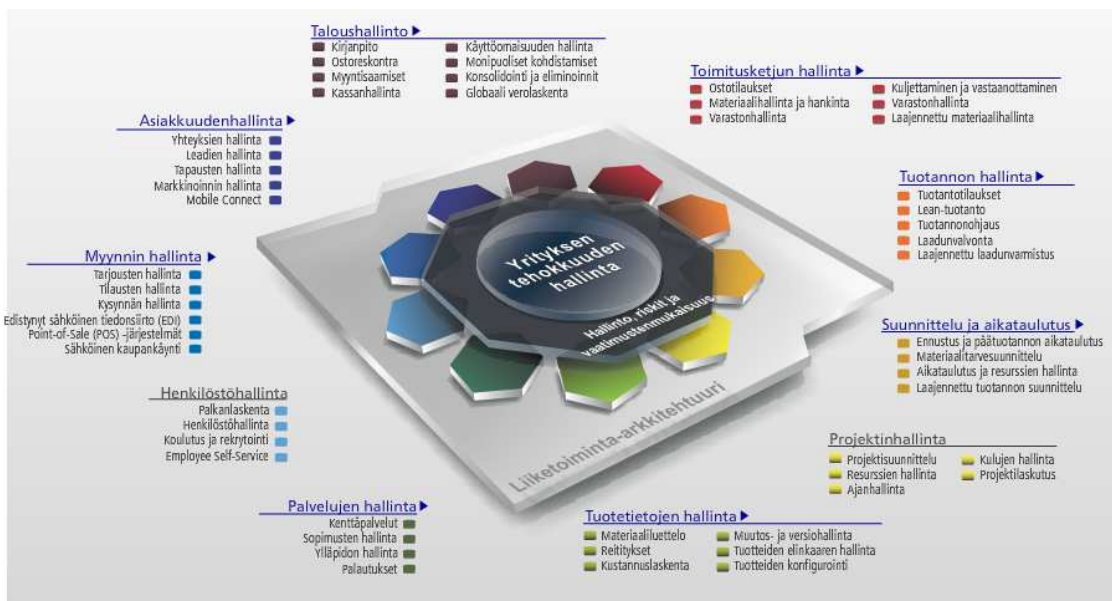
Toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonkulun ajasta ja paikasta riippumatta yrityksen toimipisteiden välillä. Hyvällä toiminnanohjausjärjestelmän tuella tarkoitetaan järjestelmää, joka palvelee yrityksen toimintoja ja liiketoimintaprosesseja sekä tukee henkilökunnan työtä. (18 s. 54; 19, s.18.)

Toiminnanohjausjärjestelmät usein jäykistävät yrityksen monimuotoisia toimintatapoja. Erityyillisille toimintatavoille on hankala löytää yhtenäistä ja kokonaisvaltaista järjestelmää. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto mielletään myös erittäin raskaaksi ja hankalaksi prosessiksi. Yritykset eivät aina onnistu vaatimusmäärittelyissään, eivätkä ne aina ole täysin tietoisia omista

toimintaprosesseistaan. Tämä saattaa aiheuttaa sen, että toiminnanohjausjärjestelmän hankinta epäonnistuu. (18, s. 52–54.)

4.2 iScala

Tilaaaja otti vuonna 1995 käyttöönsä Epicor iScala- toiminnanohjausjärjestelmän. Järjestelmä on suunniteltu monikansallisten yhtiöiden globaaleille toimipisteille ja tytäryhtiöille. iScala sisältää hyvin laajan valikoiman integroituja osajärjestelmiä kuten tuotannonohjaus, materiaalinhallinta, ostotoimien hallinta, varastonhallinta, tilausten käsittely ja laskutus, osto- ja myyntireskontran hallinta, kirjanpito ja palkanlaskenta (kuva 12). Edellä mainittujen toiminnallisuutta on tehostettu yrityksessä iScalan Service Connect -rajapinnan avulla. Service Connect mahdollistaa eri toimintojen automatisoinnin ja osajärjestelmien integroinnin XML-sanomakäsittelyn kautta. iScala on toteutettu Microsoft.NET- ja Web services -pohjaisessa kehityksessä. (21; 22, s. 3/3.)



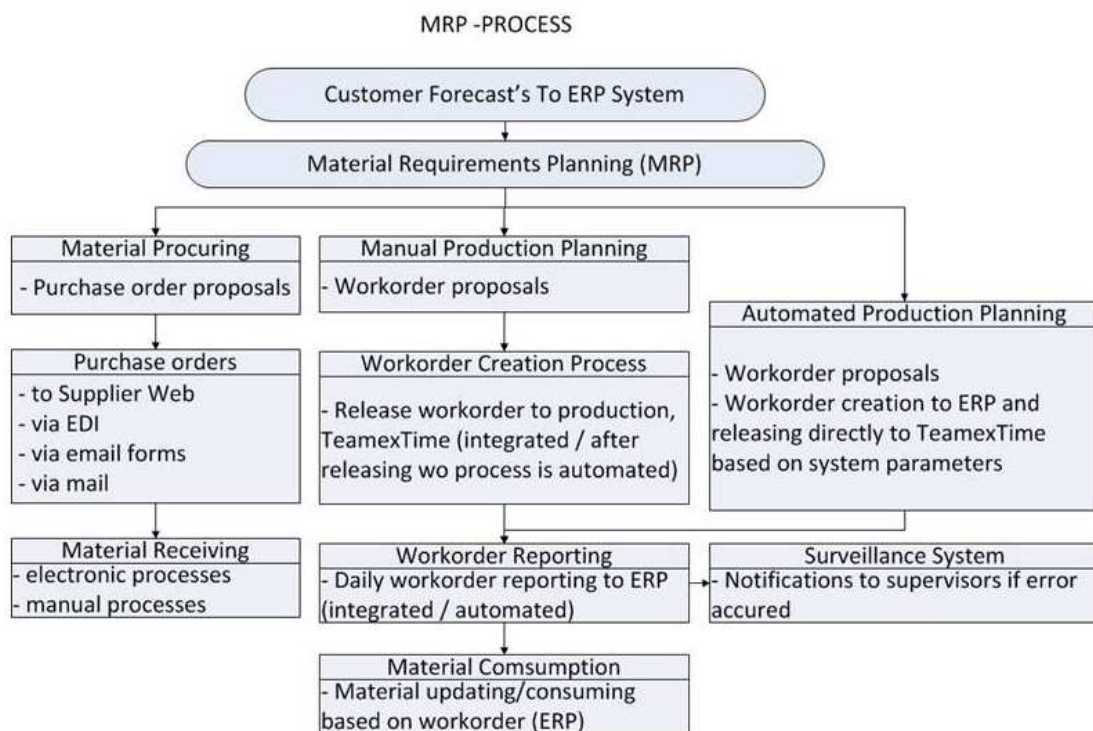
KUVA 12. iScala (21)

iScala on tehty toimimaan monilla eri aloilla, kuten elektroniikassa, lääketeollisuudessa ja kulutustuotteissa. Eri alojen yritykset voivat standardoida toimintaosastonsa malleilla, joilla toimipaikkojen maakohtaiset versiot ja kielet

ovat tuettuina. Näin yrityksen pääkonttori saa tiedot toiminnoista reaaliajassa muiltakin toimipisteiltä. (21.)

4.3 Tuotannonohjaus

Tilaajan materiaali- ja tuotannonohjaustoimintaa ohjaa iScalan nettotarvelaskenta. Nettotarvelaskenta perustuu järjestelmässä olemassa oleviin saldoihiin, tilauksiin sekä asiakkaiden antamiin ennusteisiin. Asiakasvastaavat päivittävät ennusteet verkkoon kuukausittain, johon liittyvä hienosuunnittelu tapahtuu tuotannonohjaajien toimesta viikoittain. Nettotarvelaskenta generoi ehdotukset materiaalinhankintaan (ostotilausehdotukset) ja tuotannonohjaukseen (tuotantotilausehdotukset). Kuva 13 esittää tuotannonohjausprosessin. (22, s. 8/2.)



KUVA 13. Materiaali- ja tuotannonohjausprosessi (23)

Toiminnanohjausjärjestelmästä tulostetaan kaikille tuotannossa tapahtuville töille työmääräimet, jotka perustuvat tuotantotilausehdotuksiin. Viikkotason ohjauksesta vastaavat linjapäälliköt kuormitustilanteen perusteella. Tuotantopuolen vastuuhenkilöt pitävät viikoittain palaverit tuotannon tilanteesta.

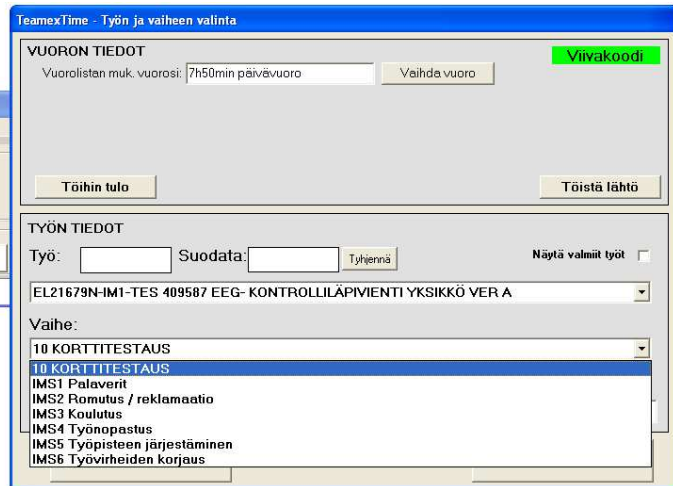
Palavereissa käsitellään olemassa olevat ja tulevat tilaukset, priorisoidaan tuotannossa työn alla olevia tilauksia sekä käydään läpi muut ajankohtaiset asiat. (22, s. 8/2.)

Jokaiselle työlle tulostetaan toiminnanohjausjärjestelmästä oma työmääräin tarvittaville työpisteille. Niistä ilmenevät tarvittavat komponentit, komponenttien kappalemäärät, työn nimi ja vaihe. Työmääräimissä on yrityksen sisäinen koodi, josta ilmenevät työn nimi ja työvaihe. Työn edetessä seuraavaan vaiheeseen työn nimi säilyy samana, mutta työvaihe muuttuu alkavan vaiheen mukaan esimerkiksi SMD → AOI → LAD → AAL → AOI2 → JAS → TES.

4.4 TeamexTime

Tilaaajalla on käytössään reaaliaikainen työajanseurantajärjestelmä TeamexTime, johon työntekijät kirjaavat päivittäin tehdyt työt. Työaikatietoja on mahdollista kerätä kolmella eri tasolla: projektikohtaisesti, työkohtaisesti ja työvaihekohtaisesti. Työajanseurantajärjestelmä mahdollistaa työn tehokkuuden, tuotteen läpimenoajan ja projektiseurannan. Järjestelmä toimii myös palkanmaksun tukena. Sisään ja ulos kirjautuminen tapahtuu henkilökohtaisella kulkukortilla. TeamexTime on integroitu toiminnanohjausjärjestelmään, jonka ansiosta mm. työmääräinten siirtyminen iScalasta Teamexiin ja niiden raportointi iScalaan on automatisoitu. (22, s. 3/3; 24.)

Työmääräimestä on nähtävillä, mille työlle ja työvaiheelle työntekijä työpäivän aikana kirjautuu. Tällä hetkellä työlle kirjautuminen tapahtuu manuaalisesti omaa nimeä klikkaamalla, jolloin avautuvasta ikkunasta valitaan työ ja työvaihe. (Kuva 14.)



KUVA 14. Työhön ja työvaiheeseen kirjautuminen

5 PIIRIKORTTITUOTANTOPROSESSI

Yrityksen toiminta keskittyy piirikortti- sekä moduulituotantoon. Opinnäytetyön aikana tutustuttiin eri tuotantoprosesseihin tuotannonohjaajien avustuksella ja haastattelemalla tuotannon työntekijöitä.

Piirikorttituotantoprosessi alkaa materiaalin vastaanotosta, jossa materiaaleille suoritetaan vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastuksessa hyödynnetään myös PDA (Personal Data Assistant) -laitetta, joka on integroitu iScala-järjestelmään. PDA-laite ilmoittaa varastohenkilöstölle, mikäli materiaali kuuluu laaduntarkistuksen piiriin. Tarkastuksen jälkeen tuotteet otetaan vastaan toiminnanohjausjärjestelmään, tarroitetaan ja hyllytetään.

SMD (Surface Mount Device) -keräilijät keräävät hyllyistä työlle tarvittavat komponentit työmääräimen mukaan ja mahdolliset materiaalipuutteet kirjataan PDA-laitteen avulla, josta lähtee automaattinen ilmoitus ostohenkilöstölle. Keräilyn jälkeen suoritetaan valmistelevat toimenpiteet SMD-ajoa varten. Komponenttirulliin asetetaan syöttimet ja rullat asetetaan joko makasiineihin tai syötinkäryihin sen mukaan, kumpaan SMD-koneeseen komponentit menevät. Ajon loputtua käryihin ja makasiineihin vaihdetaan uudet komponentit. Ylijääneet komponentit viedään takaisin hyllyihin omille paikoilleen.

SMD-vaiheessa tehdään pastapaino, koneladonta ja reflow. Jokaiselle laminaatille on omat stensiilit pastapainoa varten. Pastatut kortit kulkevat linjaa pitkin ladontaan. Jokaiselle kortille on omat ohjelmansa, jotka valitaan työmääräimen perusteella. Ladonnan jälkeen kortit kulkevat visuaaliseen manuaaliseen tarkastukseen, missä kortit tarkastetaan ennen reflow-uunia. Jos korteille täytyy valmistaa myös toinen puoli, aloitetaan sama alusta reflow'n jälkeen. Muuten kortit menevät AOI (Automatic Optical Inspection) -pisteelle. Siellä kortit tarkastetaan ja vialliset kortit menevät korjaukseen. Toimivat kortit menevät tuotantoprosessissa yleensä käsiladontaan, missä tehdään läpiladonta ja esikoonta aaltojuotosuunia varten.

Aaltojuotoksessa juotetaan läpiladottavat komponentit, minkä jälkeen kortit menevät jälkiasennukseen. Jälkiasennuksessa asennetaan osat, jotka eivät

kestä uunin lämpöä tai joita ei voi asentaa ennen uunia, esimerkiksi näytöt ja mekaaniset osat. Jälkiasennuksen jälkeen kortit tarkastetaan laaduntarkastuksessa. Korttien virheet korjataan tarvittaessa laaduntarkastuksen yhteydessä. Lopuksi kortit testataan ja piireihin ajetaan ohjelmat testauspisteellä. Jokaiselle kortille on omat testausohjelmat ja -ohjeet.

Testauspisteeltä kortit menevät valmishyllyyn tai kokoonpanoon. Lähetettävät kortit kerätään valmishyllyltä pienimmästä sarjanumerosta alkaen. Keräyksen jälkeen tuotteet pakataan, tehdään niistä lähetteet ja muut tarvittavat dokumentit, jonka jälkeen tuote toimitetaan asiakkaalle. Jokaisessa piirikorttituotannon työvaiheessa tehdyt kappalemäärät kirjataan TeamexTime-järjestelmään, josta määrät raportoivat iScalaan.

6 RFID- JA VIIVAKOODITEKNIikka

PIIRIKORTTITUOTANTOPROSESSISSA

Opinnäytetyöhön kuului selvitystä ja kartoitusta eri RFID- ja viivakoodiratkaisuista. Yhteyshenkilöitä oli paljon ja heiltä sai paljon apua. Olin yhteydessä RFID- ja viivakoodipalveluiden tarjoajien kanssa. Ohjausryhmän ja tuotannon työntekijöiden avulla pääsin tutustumaan tuotantoprosessiin sekä muihin siihen liittyviin asioihin.

Ehdotuksia piirikorttituotannon tehostamiseen tuli alussa paljon, mutta niihin liittyi monia ongelmia käytännön toteutuksessa. Mitä enemmän asioita selvitti, sitä haastavampaa ja monimutkaisempaa käytännössä toimivien ehdotusten suunnittelusta tuli.

Ehdotuksia suunniteltiin RFID- tai viivakooditekniikkaa käyttäen ja mahdollisesti myös molempia tekniikoita hyväksikäyttäen. Eri variaatioita oli useita ja vähitellen vain muutama ehdotus osoittautui järkeväksi. Haasteena oli saada parannettua tuotannon tehokkuutta myös henkilötason seurantaa ajatellen.

6.1 RFID

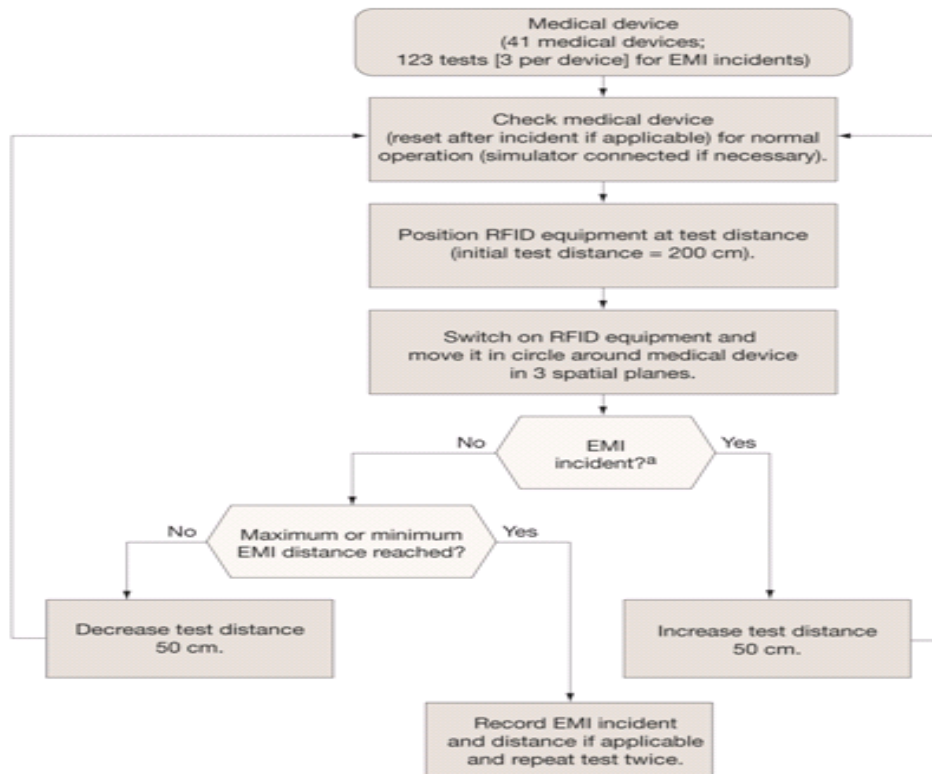
Tarkoitus oli saada jokaiselle piirikortille oma passiivinen RFID-tunniste jäljitettävyyden ja valmistuneiden piirikorttien automatisoidun kirjaamisen vuoksi. Tuotantoon asennettaisiin lukijat, jotka olisivat yhteydessä työnajanseurantajärjestelmän kautta toiminnanohjausjärjestelmään. RFID:n hyötyjä ovat tunnisteiden uudelleenkirjoitettavuus, useiden tunnisteiden luku samanaikaisesti ja se, että lukija ei tarvitse suoraa näköyhteyttä tunnisteiden välillä.

Ongelmia aiheuttivat tunnisteiden suuret fyysiset koot. Piirikorteilla on hyvin vähän vapaata tilaa ja pienimmät RFID-tunnisteet olivat silti liian suuria piirikortteille. Myös tunnisteiden asentaminen piirikortille oli ongelmallista, koska valmiit tunnisteet olisi pitänyt asentaa käsin jokaiselle piirikortille. Tämä vaihtoehto ei olisi parantanut tehokkuutta.

Tutkiessani muita eri vaihtoehtoja löysin tuotteen, joka on tarkoitettu piirikorttituotannon tehostamiseen. Pieni antenniton RFID-tunniste on mahdollista asentaa piirikortille SMD-vaiheessa muiden komponenttien mukana. Siru vastasi fyysiseltä kooltaan samoja mittoja kuin pienimmät piirikorttituotannossa käytettävät komponentit. Tuotteen tarjoajalla oli myös erilaisia suunniteltuja antennivaihtoehtoja. Ongelmana oli antennin koon sovittaminen pienimmille piirikorteille. Suuremmalla tunnisteeseen antennilla lukijoiden luentaetäisyys kasvaa. Ajatuksena oli saada luentaetäisyydeksi vähintään 1 metri. Piirikortteja tutkiessani huomasin, että tämäkään vaihtoehto ei sovellu pienimpiin piirikortteihin.

Ongelmana oli myös se, että tuotteesta ei saanut lisätietoja helpolla. Olin yhteydessä suoraan valmistajaan ja tuotteen toimittajaan. Sirujen ohjelmoinnista ei saanut lisätietoa, eikä myöskään mahdollisista häiriöistä joita RFID saattaa aiheuttaa toiminnassa olevalle piirikortille. Myös sirujen tilaaminen tulisi kalliiksi, koska jokaiselle piirikortille täytyisi tilata aina uudet sirut. Silloin RFID-vaihtoehdosta ei olisi kustannustehokasta hyötyä. Myös jokaiselta asiakkaalta täytyisi saada lupa piirikortin muutoksia varten, koska niihin tulisi uusi komponentti ja se muuttaisi piirikortin ulkoasua. Tämä toisi lisää kustannuksia ja työtunteja, koska jokaiselle piirikortille täytyisi suunnitella tunnisteeseen paikka ja piirikortit tulisi testata mahdollisia häiriöitä varten.

Tutkiessani mahdollisia EMI-(Electromagnetic Interference) -ongelmia löysin tutkimuksen, jossa tutkittiin RFID:n vaikutuksia sairaalalaitteisiin. Tutkimuksessa testattiin sairaalalaitetta lähellä olevan RFID-lukijan ja -tunnisteeseen vaikutusta sairaalalaitteiden toimintaan. Testeissä kokeiltiin ensin 2 metrin etäisyydeltä RFID:n vaikutuksia laitteeseen. Tilanteen mukaan etäisyyttä lisättiin tai vähennettiin 50 cm. (Kuva 15.)



KUVA 15. Prosessikaavio testimetodista (25)

Tutkimuksen tuloksena 63 % UHF-taajuudella toimivista tunnistesta aiheutti häiriöitä. Hengityskoneet sammuiivat ja sydämentahdistimiin tuli toimintahäiriöitä. (25). Tämän vuoksi päätimme jättää RFID-tekniikan kokonaan pois piirikorteilta. Riskit ovat aivan liian suuret yrityksen valmistamille terveyslaitteiden piirikorteille.

6.2 Viivakoodi

Viivakoodimerkinnät piirikorteille ovat pienimmillään muutamien millimetrien kokoisia. Data Matrix -koodi osoittautui parhaaksi viivakoodiratkaisuksi, koska siihen mahtuu pienelle alueelle tarpeeksi merkkejä. Myöskään EMI-ongelmia ei tulisi piirikorttien toiminnassa. Selvittämistyön tuloksena paras ratkaisu yritykselle olisi lasermerkklauslaite. Se tulisi linjan alkuun ja merkkaisi jokaiselle piirikortille oman Data Matrix -koodin. Merkklauslaite on nopea ja tarkka, sekä sen kokonaiskustannukset jäisivät pienemmiksi kuin RFID-vaihtoehdossa.

Kääntöpuolena Data Matrixin pienessä koossa on, että koodin pienentyessä lukijoiden täytyy olla tarkempia ja ovat näin ollen kalliimpia. Lukijoilla täytyy myös olla selvä näköyhteys koodiin, jotta ne kykenevät lukemaan koodia. Viivakoodeja ei voida koodata uudestaan, toisin kuin RFID-tunnisteita. (26.)

Useamman piirikortin aihiossa lukeminen onnistuu lukemalla merkintä pelkästään pääpaneelista. Myös jokainen piirikortti merkitään jäljitettävyyden vuoksi. Pääpaneelin merkintä on linkitetty kaikkiin paneelissa oleviin kortteihin ja linjojen lukupaikoissa tarvitsee lukea vain tämä yksi merkintä. Tieto menee eteenpäin toiminnanohjausjärjestelmään, ja pääpaneelin merkinnän ansiosta ei tarvitse lukea kaikkia paneelissa olevien korttien merkintöjä. Tämä tekisi lukupaikkojen järjestelmästä yksinkertaisemman ja halvemmän, kuin jos jokainen paneelin piirikortti jouduttaisiin lukemaan yksitellen.

Viivakoodien sisältö oli haasteellista suunnitella, koska niiden täytyi mahtua mahdollisimman pienelle alalle. Viivakoodin kokoon vaikuttaa, ovatko siihen tulevat merkit numeerisia vai alfanumeerisia. Numeeriset merkit mahtuvat pienemmälle alalle kuin alfanumeeriset ja isot kirjaimet vievät enemmän tilaa kuin pienet. Erikoismerkit vievät myös enemmän tilaa. (27.)

Suunnittelimme viivakoodin sisällöksi vain numeerisia merkkejä, joiden avulla siirrettävä tieto on mahdollista integroida toiminnanohjausjärjestelmän kanssa. Tämä osoittautui paremmaksi ratkaisuksi kuin alkuperäinen pitkä merkkijono, jossa oli paljon isoja kirjaimia ja numeroita. Tämä tieto sisälsi valmistettavasta nimikkeestä tarkempaa informaatiota, joka kuitenkin on mahdollista saada pelkän työmääräimen numeron avulla.

Selvityksen mukaan viivakoodiratkaisu vaikuttaa kustannustehokkaalta ja järkevältä vaihtoehdolta yrityksen piirikorttituotantoprosessiin. Yksi tähän päätökseen merkittävä asia on että RFID-tekniikkaa ei voida käyttää piirikorttien seurannassa ja jäljitettävyydessä EMI-ongelmien takia. Selvityksen aikana kävi myös ilmi, etteivät referenssiyritykset käytä elektroniikkatuotannossa RFID-tekniikkaa yksittäisten piirikorttien seuraamiseen.

Viivakoodien luenta linjalla on kuitenkin RFID:tä hankalampaa, koska linjalle asetettavien kiinteiden lukijoiden täytyy olla juuri oikeassa paikassa

viivakoodoja lukiessaan. Lukukulma ja etäisyys täytyy suunnitella tarkkaan ja valaistuksen täytyy olla tarpeeksi hyvä, jotta kameralukijat kykenevät erottamaan piirikorteilla olevan Data Matrix -koodin.

6.3 Kustannuslaskelmat

Kustannuslaskelmissa otettiin huomioon hankittavien järjestelmien variaatioihin tarvittavat investoinnit, joihin kuuluu laitteet ja arvioitu käyttöönottoon tarvittava työmäärä. Huomioon otettiin myös manuaalisen kirjaamisen aiheuttamien virheiden korjaamiseen käytettävä aika ja kustannukset sekä manuaalisessa kirjaamisessa kuluva välillinen aika. Virheiden ja välillisen ajan kustannukset laskettiin vuositasolla ja oletettiin että joka vuosi työntekijämäärät kasvavat piirikortti tuotannossa tietyn verran. Tämän oletettiin vaikuttavan virheiden määrään ja välilliseen aikaan sekä sitä kautta kuluihin.

Laskelmissa laskettiin investoinnin takaisinmaksuaika (ROI, Return of Investments) useamman järjestelmän tarjoajan tarjousten perusteella. Oletettiin että järjestelmä poistaisi virhekirjaukset ja manuaalisen kirjaamisen välillisen ajan, eli siis automatisoisi kirjaamisen kokonaan. Takaisinmaksuaika ei poikkea tarjousten välillä paljoa, se on noin kaksi vuotta.

6.4 Ehdotus A

Ehdotuksessa A tuotannon työn kustannustehokkuuden ja jäljitettävyyden parantamiseksi yritykselle hankittaisiin lasermerkkauslaite, joka merkkaisi piirikortteihin 2D-viivakoodit (Data Matrix) heti tuotantoprosessin alussa. SMD-linjoilla olisi kiinteästi asennettavat viivakoodinlukijat, joiden kautta data menisi eteenpäin toiminnanohjausjärjestelmään. Piirikorteille tulevien viivakoodien sisältönä olisi työmääräimen numero, työvaiheen numero ja piirikortin sarjanumero. Sarjanumero tulisi käyttöön jäljitettävyyden ja piirikorttien yksilöimisen vuoksi.

Työmääräimiin lisätään viivakoodit. Viivakoodien vaihtoehtoina on kaksiulotteinen Data Matrix tai yksiulotteinen Code 128. Data Matrix on kalliimpi vaihtoehto tarvittavan konsultoinnin ja lisenssin vuoksi, mutta pidemmällä tähtäimellä siitä olisi yritykselle enemmän hyötyä. Data Matrix mahtuu

pienemmälle alueelle suuremmalla merkkimäärällä kuin yksiulotteinen Code 128. Jatkossa Data Matrixia olisi mahdollista käyttää esimerkiksi läheteissä. Code 128 on helpompi ja halvempi ratkaisu, koska se ei tarvitse kuin lisenssin. Joissain tapauksissa koodista tulisi kuitenkin liian pitkä ja luettavuudesta tulisi haastavampaa.

Tällä hetkellä töihin sisään ja töistä ulos kirjautumisessa hyödynnetään henkilökohtaisia RFID-tunnisteita. Tunnisteita voisi jatkossa hyödyntää myös piirikorttituotannon työpisteillä, joille työntekijät kirjautuvat tällä hetkellä manuaalisesti työajanseurantajärjestelmän kautta. Kun työntekijä kirjautuu valitulle työlle, hän hyödyntää RFID-tunnistetta aktivoidakseen oman nimensä. Tämän jälkeen työntekijä lukisi viivakoodinlukijalla työmääräimen viivakoodit (työ ja vaihe), jonka jälkeen hän olisi kirjautunut oikealle työlle. RFID-tunnisteella työpisteelle kirjautumiseen ja työmääräimessä olevien viivakoodien avulla työlle kirjautumiseen kuluva välillinen aika vähenisi huomattavasti. Työntekijän ei tarvitsisi enää hakea manuaalisesti omaa nimeään ja etsiä alkavaa työtä pitkästä listasta työajanseurantajärjestelmästä kuvan 14 tavalla. Myös virhekirjautumisten mahdollisuus pienenesi.

Linjastoille (SMD, AAL) asennettaisiin kiinteät viivakoodinlukijat, jotka lukevat piirikorttien merkinnät. Tämän myötä valmistuneet piirikortit raportoivat toiminnanohjausjärjestelmään. Työntekijän ei enää tarvitse merkata itse manuaalisesti valmistuneita piirikortteja. Toimipisteellä on kolme AOI-laitetta, joista yksi kykenee lukemaan viivakoodeja. Tällä laitteella on mahdollista automatisoida piirikorttien lukumäärien kirjaaminen piirikorteilla olevien 2D-viivakoodien avulla. Kahdella muulla AOI-pisteellä täytyisi kappalemäärien kirjaaminen tehdä edelleen manuaalisesti.

Käsiladonta- ja jälkiasennuspisteellä valmistuneiden kappalemäärien kirjaaminen tehtäisiin hyödyntäen RFID:tä sekä viivakoodinlukulaitetta, mutta kappalemäärät merkitään manuaalisesti. Nykyisellä tuotantosolujen työpaikkajärjestelyllä automatisoitua piirikorttien viivakoodien lukua ei ole mahdollista järjestää järkevästi. Testauspisteellä kappalemäärien kirjaaminen tapahtuu niin ikään manuaalisesti. Testausraportit menevät tällä hetkellä eri tietokantoihin. Jos raportit menisivät samaan tietokantaan, kirjaamisen voisi

automatisoida. Automatisointi voisi olla mahdollista järjestää niin, että jos testausraportit menisivät samaan tietokantaan, toiminnanohjausjärjestelmän olisi mahdollista saada valmistuneiden piirikorttien kappalemäärät työmääräimen numeron perusteella. Tämä vaatisi kuitenkin paljon resursseja, koska jokaiseen testiohjelmaan pitäisi tehdä muutoksia. Pidemmällä tähtäimellä tästä olisi hyötyä, koska mahdollisesti jälkeinpäin tarvittavat raportit olisi mahdollista saada samasta tietokannasta.

Virhekirjaamisten mahdollisuudet vähenisivät järjestelmän myötä, vaikka kaikilla työpisteillä ei olisikaan mahdollista vielä järjestää täysin automatisoitua valmistuneiden kappalemäärien kirjaamista. Oikealle työlle kirjautumisesta tulisi nopeampaa ja helpompaa RFID-tunnisteen ja uudistettavan työmääräimen myötä kuin nykyisellä manuaalisella tavalla. Piirikorttien viivakoodit helpottaisivat myös myöhempää jäljitettävyyttä. Tutkin myös mahdollisuutta ottaa PDA-laitteet käyttöön työpisteille, mutta ne osoittautuivat kalliiksi eivätkä ne muuttaisi nykyistä kirjaamistapaa paljoa.

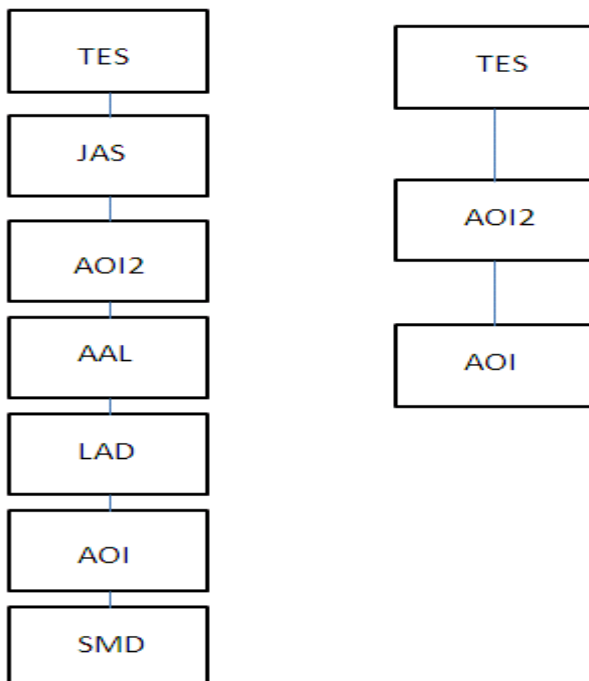
6.5 Ehdotus B

Myös ehdotuksessa B hankittaisiin lasermerkkauslaite piirikorttien merkkaamiseen ja työntekijät kirjautuvat työpisteilleen RFID-tunnisteen ja työmääräimien viivakoodien avulla. Tällä hetkellä tuotantorakenteessa rakennetasoja voi eri piirikorteissa olla niin monta kuin työvaiheita. Tuotantorakennetta voisi kutistaa vain kolmeen tasoon, jolloin työmääräimiä ei tarvitsisi tulostaa jokaiselle työvaiheelle vaan kolmelle tasolle riittäisi. Tällä hetkellä valmistuneet piirikortit kirjataan työajanseurantajärjestelmään henkilötasolla. Tuotantorakennetta muuttaessa riittäisi että valmistuneet piirikortit raportoituivat toiminnanohjausjärjestelmään eikä henkilötason raportointia ja seuranta enää olisi.

Työntekijät eivät kirjaisi jokaisen työvaiheen jälkeen valmistuneiden piirikorttien määriä, vaan valmistuneiden piirikorttien kirjaus tapahtuu vain AOI-tarkastusten sekä testauspisteen jälkeen. Piirikorteissa on laserilla kaiverretut viivakoodit, jotka kirjaa ylös viivakoodeja lukeva AOI-laite. Rakennetason työmääräin raportoitu toiminnanohjausjärjestelmään, kun laite on kirjannut erän piirikortit.

Seuraava kirjaaminen tapahtuu testauspisteen jälkeen. Testauspisteen työntekijät kirjaavat piirikortit manuaalisesti, tai ne kirjautuvat toiminnanohjausjärjestelmään automaattisesti testiraporttien yhteisen tietokannan kautta.

Tuotantorakenteen muutos vaatii resursseja, mutta pidemmällä aikavälillä sillä olisi positiivisia vaikutuksia dokumentointiin ja tuotannonohjaukseen. Tällä muutoksella on myös positiivisia vaikutuksia materiaalinhallintaan, muutosten hallintaan ja rakenteiden ylläpitoon. Kalliita linjoille kiinteästi asennettavia viivakoodinlukijoita ei tarvittaisi, joten investoinnit olisivat pienemmät. Investointiin sisältyisi käsilukijoita, lasermerkkauslaite ja tuotantorakenteen muutokseen kuuluvat työtunnit. Lasermerkkauslaite hankittaisiin piirikorttien jäljitettävyyden vuoksi sekä viivakodeja lukevan AOI-laitetta varten. Tällä hetkellä AOI-tarkastuksessa piirikorteille asetetaan viivakooditarrat, joita käytetään hyväksi korjauspisteellä mahdollisten virheiden paikantamisen helpottamiseksi. Lasermerkatut viivakoodit korvaisivat nämä tarrat. Esimerkki tämänhetkisestä ja uudistetusta tuotantorakenteesta näkyy kuvassa 16.



KUVA 16. Vasemmalla on esimerkki tämänhetkisestä ja oikealla uudistetusta tuotantorakenteesta.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa RFID- ja viivakooditekniikan tuomia hyötyjä piirikorttien tuotantoprosessiin. Viivakooditekniikka tuo paljon lisäarvoa jäljitettävyyden parantamiseksi ja manuaalisen kirjaamisen vähentämiseksi. Mahdollisesti piirikorteille tulevat viivakoodit voisivat tulevaisuudessa korvata myös asiakkaiden vaatimat sarjanumerotarrat, koska viivakoodit sisältäisivät myös sarjanumerot. Työmääräimiin lisättävät viivakoodit helpottaisivat työntekijöiden kirjautumista, koska silloin ei tarvitsisi enää etsiä pitkien tuotekoodien seasta manuaalisesti oikeaa työnimikettä. Tämä vähentäisi virheelliselle työnimikkeelle kirjautumista ja virheiden korjaamiseen kuluvia työtunteja.

Tutustuin opinnäytetyön aikana piirikorttituotantoon ja toiminnanohjausjärjestelmän toimintaan. Tutustumisen jälkeen aloin laatia suunnitelmia kirjaamisen automatisoimiseksi. Ehdotuksia tuli paljon, mutta niiden myötä ilmeni myös paljon uusia käytännön ongelmia. Olin yhteydessä moniin referenssiyrityksiin, ja niissä ei käytetty RFID- tai viivakooditekniikkaa tavalla, jota opinnäytetyössäni voisi hyödyntää. Yrityksissä vierailun järjestäminen oli haastavaa enkä päässyt tutustumaan muihin toimipisteisiin opinnäytetyön aikana.

Järjestelmään hankittavan laitteiston spesifiointi oli haastavaa, koska huomioon täytyi ottaa paljon asioita, jotta järjestelmä toimisi varmasti. Yhteistyö palveluntarjoajien kanssa auttoi kuitenkin paljon määrittelyjen tekemiseen ja toimivan järjestelmän suunnitteluun. Eri variaatioita järjestelmistä oli paljon ja tehokkaimman löytäminen oli työlästä.

Tarjouksia tuli usealta eri järjestelmätarjoajalta ja laitteistoa hankkiessa täytyisi ottaa huomioon tarjousten sisältö ja laitteistojen ominaisuudet. Laskin kustannuslaskelmat ja takaisinmaksuajat eri tarjouksille eivätkä ne eroa paljoa eri tarjousten välillä. Keskusteluja tarjouksista täytyy vielä käydä tarjoajien kanssa sekä yrityksen sisällä.

Mahdollinen tuotantorakenteen muutos toisi paljon positiivisia vaikutuksia pitemmällä aikavälillä. Dokumentoinnin työ helpottuisi ja muutosten hallinta sekä rakenteiden ylläpito yksinkertaistuisi. Henkilötason seuranta jäisi myös pois, jolloin työntekijät voisivat keskittyä paremmin tehokkaaseen työskentelyyn eikä valmistuneiden töiden kirjaaminen veisi työaika.

Saavutin opinnäytetyölleni asetetut tavoitteet hyvin ja aikataulussa. Projektiin tutustumisen jälkeen onnistuin suunnittelemaan toimivat ehdotukset, joista käydään vielä sisäisiä keskusteluja tarkemmin. Ehdotuksia voitaisiin laajentaa yrityksessä myös ulkomaille. Yritys valmistaa paljon piirikortteja myös ulkomailla, ja ehdotusten myötä piirikorttituotannon kustannustehokkuutta voitaisiin parantaa myös siellä.

Työn tuloksena sain kartoitettua RFID- ja viivakooditekniikan tuomia hyötyjä piirikorttituotannolle ja tein ehdotukset tuotannon työn kustannustehokkuutta lisäävästä järjestelmästä. Investoinnin takaisinmaksuaika olisi noin kaksi vuotta ja toisi yritykselle säästöä kumulatiivisesti. Jatkossa RFID-tekniikkaa voisi soveltaa piirikorttien lähetyslaatikoihin. Tämän avulla saataisiin reaaliaikainen tieto piirikorttien lähetyssajankohdista ja niiden tiedoista.

LÄHTEET

1. Yrityksen kotisivut. Hakupäivä 25.5.2012.
2. Viivakoodit. Saatavissa:
<http://www.viivakoodi.fi/common/pagedetail.aspx?PageCode=viivakoodi-opas-viivakoodit>. Hakupäivä 12.4.2012.
3. Palmer, Roger C. 2001. The Barcode Book: A Comprehensive Guide to Reading, Printing, Specifying and Applying Bar Code and Other Machine-Readable Symbols. New Hampshire: Helmers Publishing, Inc.
4. Tarkkonen, Petteri 1986. Viivakooditekniikka: teoriaa ja käytäntöä. Helsinki: Finn Identification Oy.
5. Barcode types. Saatavissa: <http://www.activebarcode.com/codes/>. Hakupäivä 12.4.2012.
6. EAN 13. Saatavissa: <http://www.barcodeisland.com/ean13.phtml>. Hakupäivä 13.4.2012.
7. Code 49. Saatavissa: <http://www.suchymips.de/en/2dbarcodes.htm>. Hakupäivä 13.4.2012.
8. Interleaved 2/5. Saatavissa: <http://www.naxter.com/help/i2of5.htm>. Hakupäivä 13.4.2012.
9. Data matrix barcode. Saatavissa:
http://www.gs1.org/docs/barcodes/GS1_DataMatrix_Introduction_and_technical_overview.pdf. Hakupäivä 13.4.2012.
10. Lämpösiirtotulostus. Saatavissa:
<http://eun.bluestarinc.com/fi/tulostustekniikka>. Hakupäivä 25.4.2012.

11. Kujanpää, Veli – Salminen Antti – Vihinen, Jorma. 2005. Lasertyöstö. Tampere: Teknologiaiinfo Teknova Oy.
12. Mitä on RFID. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>. Hakupäivä 23.4.2012.
13. Mitä on RFID. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet>. Hakupäivä 24.4.2012.
14. Rinta-Runsala, Esa – Tallgren, Markus. 2004. RFID-tekniikan hyödyntäminen asiakkuudenhallinnassa. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/rfid-raportti.pdf>. Hakupäivä 24.4.2012.
15. Dobkin, Daniel M. 2008. The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice. Oxford: Elsevier.
16. Power for tag and radio Dobkin. Saatavissa: <http://www.polygait.calpoly.edu/tutorial.htm>. Hakupäivä 24.4.2012.
17. RFID-taajuusalueet. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-k%C3%A4ytt%C3%A4m%C3%A4t-taajuusalueet>. Hakupäivä 24.4.2012.
18. Kettunen, Jari – Simons, Magnus. 2001. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto pk-yrityksessä: Teknologialähtöisestä ajattelusta kohti tiedon ja osaamisen hallintaa. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/julkaisut/2001/J854.pdf>. Hakupäivä 25.4.2012.
19. Teittinen, Henri. 2008. Näkymätön ERP: Taloudellisen toiminnanohjauksen rakentuminen. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/19204/9789513934354.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 25.4.2012.

20. Karjalainen, Jouko – Blomqvist, Marja – Suolanen, Olli. 2001. Kehittyvä toiminnanohjaus. MET-julkaisuja 7/2001. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto.
21. Epicor iScala. Saatavissa: <http://www.epicor.com/finland/Products/Pages/iScala.aspx>. Hakupäivä 3.5.2012.
22. Tilaajayrityksen sisäinen dokumentti. 2011.
23. Opinnäytetyön tilaaja. 2012. MPC:n MRP. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tuomas Sandberg. 7.6.2012.
24. TT Teamex. Saatavissa: <http://www.teamex.fi/TeamexTime.php>. Hakupäivä 3.5.2012.
25. Electromagnetic Interference From Radio Frequency Identification Inducing Potentially Hazardous Incidents in Critical Care Medical Equipment. Saatavissa: <http://jama.ama-assn.org/content/299/24/2884.full.pdf+html?sid=29c8a24d-33d9-4200-954f-12ec65a32756>. Hakupäivä 9.5.2012.
26. Keränen, Kari 2012. RFID ja viivakoodi infoa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Tuomas Sandberg. 24.4.2012.
27. Harttimo, Rauno 2012. VS: piirikorttien viivakoodimerkkaus. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Tuomas Sandberg. 1.6.2012.