

**Oppimateriaali v.1.0.0 kurssiin
TL6031 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT**

Jukka Ylikunnari

**Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tekniikan yksikkö
Kevät 2003**

SISÄLLYLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	JÄRJESTELMIEN KEHITYS	3
1.2	AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN MUUTTUMINEN	5
2	AUTOMAATIOJÄRJESTEMÄ	9
2.1	JÄRJESTELMIEN TEHTÄVÄT (HILTUNEN 2000)	9
2.2	AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN TOTEUTUKSEN YLEISET PERIAATTEET (HILTUNEN 2000)....	12
2.3	AUTOMAATION TOTEUS(HILTUNEN 2000)	13
2.3.1	<i>Toteutustavan valintaperusteet (Hiltunen 2000)</i>	13
2.3.2	<i>PC-pohjainen automaattoratkaisu (Hiltunen 2000)</i>	15
2.3.3	<i>Kokonaisautomaattoratkaisu (Hiltunen 2000)</i>	17
2.3.4	<i>Kenttäväyläpohjainen ratkaisu (Hiltunen 2000)</i>	18
2.4	AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN YLEISRAKENNE (HILTUNEN 2000).....	19
2.4.1	<i>Ala-asetat (Hiltunen 2000)</i>	21
2.4.2	<i>Tiedonsiirtoratkaisut (Hiltunen 2000)</i>	22
2.4.3	<i>Prosessiliityntä (Hiltunen 2000)</i>	22
2.4.4	<i>Signaalitie ja kaapelointi (Hiltunen 2000)</i>	25
2.4.5	<i>Varusohjelmisto (Hiltunen 2000)</i>	28
3	METSO DNA (METSO METSODNA MANUALS COLLECTION 2001 FI V.2.1 BUILD 2.)	29
3.1	METSODNA:N VERKKOARKKITEHTUURI.....	30
3.1.1	<i>Aktiviteetit</i>	31
3.1.2	<i>Yleiskatsaus verkon rakenteeseen</i>	33
3.1.3	<i>Pienin mahdollinen metsoDNA-verkko</i>	37
3.1.4	<i>Aliverkkojen yhdistäminen</i>	39
3.2	VALVOMOLAITTEET.....	40
3.3	SUUNNITTELU- JA YLLÄPITOAKTIVITEETIN (EA) YMPÄRISTÖ.....	45
3.3.1	<i>Toimintohelppö (Function Explorer)</i>	48
3.3.2	<i>Suunnittelu-työkalut</i>	55
3.3.3	<i>Automaatiokieli (Hiltunen 2000)</i>	57
3.3.4	<i>Automaatiomoduuli</i>	59
	LÄHDELUETTELO	60

1 Johdanto

Tämä oppimateriaali on koottu tueksi kurssille TL603Z Automaatiojärjestelmät.

Monisteen on rakennettu siten että ensin käsitellään autoimaatiojärjestelmien yleistä kehitystä ja periaatteita. Näitä tarkennetaan tutkimalla tarkemmin Metso DNA järjestelmän rakenteita ja periaatteita. Kurssiin liittyvä harjoitustyö tehdään Metso DNA järjestelmällä.

Moniste mukailee kokonaisuudessa varsin pitkällä Oulun yliopistossa vuonna 2000 pidettyä kurssia Digitaalinen prosessiautomaatio ja sen luentomonistetta. Pääosin moniste on koottu aiemmista oppimateriaaleista ja sitä uudistettu soveltuvien osin.

1.1 Järjestelmien kehitys

Digitaalisten automaatiojärjestelmien kehitys kulkee ainakin alkuvaiheessaan tietokoneiden kehityksen mukana. Järjestelmien lähtökohtana voidaan pitää prosessitietokoneita, joille on annettu uusia tehtäviä luotettavuuden parantua. Ensimmäisiä prosessinohjaussovelluksia on tehty jo 50-luvulla jolloin ensimmäiset prosessitietokoneet on otettu käyttöön. Tuolloin sovelluksia leimasi juuri epäluotettavuus ja niiden tehtävät rajoittuivat lähinnä tiedon keräämiseen sekä jalostamiseen ilman varsinaista ohjaustehtävää. 60-luvun puolen välin jälkeen tietokonepohjaiset sovellukset alkoivat yleistyä vaikka luotettavuus ongelmat olivat edelleen olemassa ja rajoittivat näin niiden käyttöä. Suomen ensimmäinen laite otettiin käyttöön 1967(Enso). 60-luvun lopulla 1968 tulivat markkinoille ensimmäiset ns. pientietokoneet, joiden luotettavuus oli edeltäjänsä parempi. Näiden avulla voitiin jo suorittaa varsinaisia ohjaussovelluksia (Set Point Control eli tietokone laskee asetuservoja analogiatekniikalla toteutetuille säätöpiireille).(Hiltunen 2000)

Tietotekniikan ja näin myös automaatiotekniikan läpimurto ajoittuu vuoteen 1972, jolloin Intel valmisti markkinoille ensimmäiset 4-bittiset mikroprosessorinsa.

Tämän johdosta alettiin ajattelemaan uudella tavalla. Tietokoneelle suunnitellut tehtävät voitiin jakaa useammalle tietokoneelle eli *hajauttaa*. Käytännössä hajautus tarkoitti aluksi prosessiliitännän jakamista kahdelle tai useammalle yksikölle. Ensimmäisen varsinaisen hajautetun järjestelmän, joka perustui uuteen mikroelektroniikkaan, esitteli vuonna 1976 Honeywell. Järjestelmän nimi oli TDC-2000, jossa hajautus oli viety myös toiminnalliselle tasolle. Tämä tarkoittaa että yksittäiset mikrotietokoneet olivat varsin pitkälle erikoistuneet tiettyihin tehtäviin ja että näiden koneiden välinen tietoliikenne oli mahdollista. Varsin pian (1979) esiteltiin myös vastaava suomalainen järjestelmä: Valmetin Damatic.(Hiltunen 2000)

80-luvun lopulla alkoi uusien digitaalisten järjestelmien yleistymisen nopealla vauhdilla. Laiteissa on 80-luvulla tapahtunut nopeaa kehitystä ja näin koneiden teho, kapasiteetti ja luotettavuus olivat parantuneet huomasti. Varsin merkittävä kehitys oli tapahtunut myös prosessoreiden konfiguroinnissa(ohjelmoinnissa). Ohjelmia voitiin suunnitella graafisesti aiemman komentoriviohjelmoinnin sijaan.(Hiltunen 2000)

Hajautuksen periaatetta on jatkettu yltämään aina anturi- ja toimilaitetasolle. Puhutaan ns. älykkäistä toimilaitteista ja antureista. Nämä tarkoittavat laitteita joissa on omaa laskenta- ja muistikapasiteettia. Käytännön tasolla näin ei kuitenkaan ole ennen kuin ns. kenttäväylätuotteet tulevat toden teolla markkinoille. Vasta viime vuosina ovat tuotantolaitokset ruvenneet heräämään ns. kenttäväylä pohjaisiin automaattoratkaisuihin. Nykyään jo monessa tehtaassa jokin prosessin osa-alue on automatisoitu kenttäväylää hyväksi käyttäen. Suurimpana jarruna kenttäväyliä yleistymiseen tuntuu olevan väyläratkaisun standardointi. Käytännössä maailmalla on muutama eri valmistajan väyläratkaisu(-standardi), jotka kilpailevat keskenään kenen mukaan standardi tulisi määrittellä. Tavoite yleiselle standardille on että se on laitevalmistajasta riippumaton, täysin yhteensopiva väyläratkaisu. Standardin syntymiselle on ollut tavoitteena 1999 vuoden loppu. (Hiltunen 2000) Vielä tänäkään päivänä ei ole olemassa tuota tavoiteltua täysin yhteensopivaa standardia kenttäväylille. Yhteensopivuus eri laitevalmistajien kesken on toki huomattavasti parantunut mutta yleisen ratkaisun/standardin syntymiseen näyttää kuluvan vielä kosolti

aikaa. Suurimmat kilpailijat kenttäväyläratkaisuissa ovat Profibus ja Fieldbusfoundation.

90-luvun huikkea tietoliikennetekniikan ja tietokonetekniikan kehitys on näkynyt myös järjestelmälaitteiden kehityksessä, kuten uusien kehittyneiden tietoliikenneväylien käyttöönotto(optiset tehdasväylät ja langaton dataliikenne) sekä näyttötekniikan kehitys. (Hiltunen 2000)

Kuvassa 1 on esitetty prosessiautomaation kehitys vaiheita vuosikymmenittäin.

Keskittetyt standardiviestijärjestelmien kehittyminen	Tehtävorientoituneet järjestelmät Ensimmäiset prosessitietokoneet Keskittetyt järjestelmät	Minitietokoneet vs. hallinnolliset tietokoneet Ohjauspaketit Organisaatioiden jakautuminen	Hajautetut järjestelmät Ohjaushierarkiat Integroidut järjestelmät Digitaalitekniikan läpimurto	Integroituminen yhtymätasolle Välit ja verkot Henkilökohtaiset työasemat Tietämysjärjestelmät
50-luku	60-luku	70-luku	80-luku	90-luku

Kuva 1 Prosessiautomaation kehitysvaiheet (Leiviskä 1990).

Viime vuosina ovat alaa vallanneet myös erilaiset web-sovellukset, käytännössä vielä lähinnä raportointi ja dokumentointi mediana.

Nykyään puhuttaessa kokonaisvaltaisista automaatiojärjestelmistä on syytä muistaa että uuden tehdasinvestoinnin yhteydessä automaation osuus on muutamasta prosentista jopa 30%-40%. Yleensä automaation osuus investoinnista kasvaa mitä useampaa raaka-ainetta tehdas käyttää ja mitä useampaa tuotetta valmistetaan. Varsinkin panos- ja jatkuvatoimisia prosesseja käyttävät tehtaasatsaavat automaatioon.(Leiviskä 1999)

1.2 Automaatiojärjestelmien muuttuminen

Perinteinen (vanha) automaatiojärjestelmän voidaan sanoa koostuvan seuraavista laitteista. *Kenttälaitteet(mitta- ja toimilaitteet), keskusyksikkölaitteet(viestien*

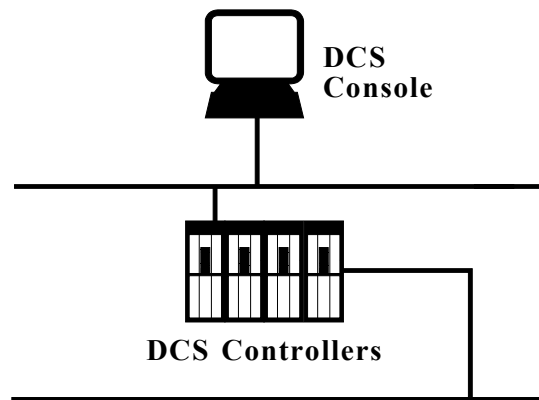
vastaanotto- ja lähetinlaitteet, säätimet muuntimet jne. sekä valvomolaitteet(näyttölaitteet, piirturit, hälyttimet jne.)(Hiltunen 2000)

Digitaalisessa järjestelmässä voidaan erottaa seuraavat tasot. Kenttälaitetaso ja järjestelmätaso. Kehityksen myötä siis vanhat erilliset laitteet ovat uusissa digitaalisissa laitteissa korvautuneet järjestelmän ohjelmilla (esim. säädin, laite -> säätöalgoritmi, lohko-ohjelma). Näin myös ylläpidettävien laitteiden määrä on oleellisesti pienentynyt ja näin myös ylläpidosta sekä huollosta aiheutuvat kustannukset. (Hiltunen 2000)

Kenttä- ja järjestelmätason rajana voidaan pitää ristikytkennän XL- ja JL-liittimiä. Tätä rajaa käytetään myös monesti automaatioprojektien vastuualueiden toimitusrajana. Tulevaisuudessa kun kenttälaitetekniikka tulee hävittämään tämän järjestelmän ja kentän välisen rajapinnan, voidaan sanoa automaatiojärjestelmän, toisaalta myös hajautuksen, ulottuvan kentälle asti.(Hiltunen 2000)

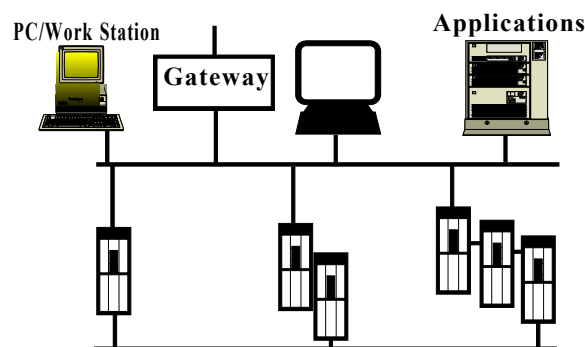
Prosessinohjausjärjestelmien kehitysvaiheita voidaan kuvata kolmella vaiheella. (Control Engineering, Oct. 1992, s. 63-66)

1. 1980-luvulle saakka prosessinohjaus toteutettiin stand-alone-tyyppisillä tietokoneille tai automaatiojärjestelmillä, jotka enemmän tai vähemmän räätälöitiin sovelluksen mukaisesti (kuva 2). Sovellukset kytkeytyivät omiin tietokantoihinsa ja esim. muuttujien nimeäminen tapahtui täysin sovelluskohtaisesti. Käyttöliittymät räätälöitiin myös sovelluksen mukaisesti. Järjestelmät olivat leimallisesti yhden toimittajan järjestelmiä ja järjestelmien välinen operoitavuus ei käytännössä ollut mahdollista. Tällaisissa toimituksissa siis yksi toimittaja toimitti kaikki tarvittavat järjestelmän komponentit - prosessiasemat, väylät, käyttöliittymät, ohjelmistot, tarvittavat laitteet ja ohjelmistot järjestelmän integroimiseksi muihin järjestelmiin. Tällaiset suljetut järjestelmät soveltuvat varmasti vielä nytkin tiettyihin käyttökohteisiin. Kaikkien prosessien ohjaukseen ei välttämättä tarvita avointa ohjausympäristöä. Kuitenkin kun tehdasjärjestelmien merkitys aikaa myöten vain tulee korostumaan, suljetut järjestelmät tulevat entistä harvinaisemmiksi.



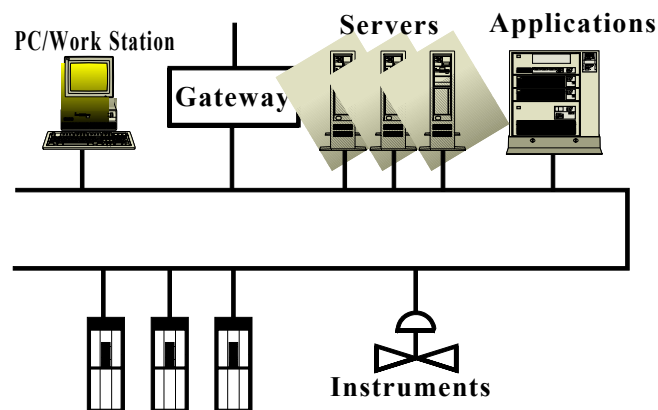
Kuva 2 Yhden väylän järjestelmä. (Control Engineering, Oct. 1992, s. 63-66)

2. Nykyisiä, yleisimmin käytössä olevia, järjestelmiä voisi nimittää moniverkkojärjestelmiksi (kuva 3). Tiedonsiirto eri toimittajien ratkaisuiden välillä tapahtuu erilaisten väylien ja verkkojen kautta. Ratkaisut vaativat edelleen räätälöintiä ja järjestelmien välinen ope- roitavuus toteutuu vain osittain. Ennenkaikkea uusittaessa järjestelmän osasia ongelmat tulevat esille; yhden palan uusiminen saattaa vaikuttaa koko järjestelmäkokonaisuuteen.



Kuva 3 Moniverkkoratkaisu. (Control Engineering, Oct. 1992, s. 63-66)

3. Tulevaisuuden ratkaisuna voisi olla yhteen standardiverkkoon perustuva ratkaisu (kuva 3). Kaikki osajärjestelmät liittyvät tähän ja pystyvät jakamaan tietokantojen lisäksi myös sovelluskohtaiset asiat ja käyttöliittymät, joita entistä enemmän tullaan toteuttamaan PC- tai työasemapohjaisina, jolloin myös näihin liittyvät yleiskäyttöiset ohjelmistot pystytään hyödyntämään. Tavoitteena tällaisessa arkkitehtuurissa on integroida informaatio siten, että se saadaan tehokkaaseen käyttöön ja antaa kaikille sovelluksille mahdollisuus hyödyntää sitä samalla tavalla. Tavoitteena on avoin systeemiympäristö. Tämä on tietysti pitkän ajanjakson strateginen tavoite, mutta kuitenkin selviä merkkejä etenemisestä tähän suuntaan on jo nähtävissä.



Kuva 4 Avoin standardiverkkoratkaisu. (Control Engineering, Oct. 1992, s. 63-66)

Viimeisen 10 vuoden aikana on automaatiojärjestelmien kehityksen peruskivenä ollut edelleen voimakas laitteiden muistikapasiteetin ja laskentatehokkuuden kasvu sekä tehostunut tietoliikenne. Esim. tehdasväylissä ja liitynnöissä on entistä enemmän alettu käyttämään yleisesti käytössä olleita toimistoverkkoratkaisuja. Myös ratkaisuiden avoimuus/riippumattomuus on parantunut. Näin on voitu yhdistää automaatiojärjestelmä osaksi koko tehtaan kattavaa informaatiojärjestelmää. (Hiltunen 2000) Laitteiden kapasiteetin lisääntymisen kautta on voitu alkaa käyttämään prosessinohjauksessa yleisimmin myös suurta laskentatehoa tarvitsevia sovelluksia. Esim. tekoäly-, neuroverkko- ja erilaisia profiilinlaskentasovelluksia.

(Hiltunen 2000) Suunnittelun ja konfiguroinnin kannalta merkittävimpiä kehityssuuntia ovat itsediagnostiikka ja entistä joustavammat suunnittelumenetelmät/-ympäristöt. Näin päästään yhä kustannustehokkaampaan suunnitteluun ja pienempään virheherkkyyteen. Voidaan sanoa että ns. "käsityön" määrä vähenee kaiken aikaa.

2 Automaatiojärjestelmä

Tässä luvussa kerrotaan yleisesti automaatiojärjestelmien tehtävistä, rakenteesta ja automaation suunnittelusta.

2.1 Järjestelmien tehtävät (Hiltunen 2000)

Missä tahansa ohjattavassa prosessissa on tyypillisesti neljä perustilaa.

1. Seisokki
2. käynnistys(ylösajo)
3. tuotantoajo/häiriötilanteet
4. pysäytys (alasajo)

Perusedellytyksenä on että automaatiojärjestelmä pystyy toteuttamaan kussakin tilanteessa sille määritellyt tehtävät.

Seisokki:

Järjestelmän tehtävänä on huolehtia tietyistä tehtaan perustoiminnoista ja palvella huollon sekä kunnossapidon toimintoja.

Automaattinen käynnistys(ylösajo) ja pysäytys(alasajo)

Järjestelmä huolehtii pumppujen, puhaltimien, moottorien jne. sekvenssi-ohjauksista ohjelmoidun ohjauslogiikkansa(sovelluksen) avulla. Toiminnot perustuvat loogisiin operaatioihin ja ehtoihin.

Esim. "jos tämä venttiili on auki ja tämä moottori on seis, käynnistä kuljetin". Ehdot voivat myös perustua aikaan. Esim. "kun tämän pumpun pysähtymisestä on kulunut 15 sekuntia, sulje venttiili".

Tuotantoajo

Järjestelmän tehtävä on pitää prosessi optimaalisessa ja häiriöttömässä tilassa. Tämä toteutetaan erilaisten optimoivien ja stabiloivien säätöalgoritmien(jopa laajojen säätösovelluspakettien) avulla. Puhutaan ns. ylemmän tason säätö(optimointi)sovelluksista. Ylemmän tason säätösovellus rakennetaan sovellushierarkiassa normaalin perusautomaation(yksittäiset säätöpiirit, mittaukset, ohjaukset jne.) yläpuolelle. Ylemmäntason sovellus ohjaa prosessia perustason säätöpiirien avulla muutamalla niiden asetusarvoja.

Edellämainittujen tehtävien lisäksi järjestelmän tulee hoitaa tietyt perustoiminnot.

- mittausautomaatio ja mittaustietojen tallennus
- ohjausautomaatio
- prosessinhallinta

Mittausautomaatio tarkoittaa kaikkia järjestelmään tulevia analogisia ja binäärisiä mittaustietoja sekä siihen manuaalisesti syötettyjä arvoja(laboratorio analyysit jne.) Myös erilaisten mittausautomaatioiden, kuten esim. analysaattorit, vaaleusmittarit jne., tuki kuuluu järjestelmän tehtäviin.

Mittausten osalta järjestelmän tehtävänä on lukea, käsitellä (esim. suodattaa/jalostaa) ja välittää mittaus jatkokäsittelyyn, näytölle ja tallennukseen(esim. informaatio järjestelmälle).

Ohjausautomaatio kattaa yksittäisten toimilaitteiden ohjaukset, säädöt, sekvenssiohjaukset ja lukitukset. Varsinaiset lukitusjärjestelmät/kaaviot on usein toteutettu automaation ulkopuolella ns. "kovalla puolella".

Toimilaitteen ohjauksella tarkoitetaan sekä fyysistä ohjausta järjestelmän elektroniikkakortilta sekä sovelluksien toimintaa, jotka toteuttavat ohjauksikäsky.

Automaattinen säätö tarkoittaa kaikkia myötä- ja takaisinkytkettyjä jatkuvaan säätöön tarkoitettuja toimintoja. Järjestelmissä on yleensä vakiovalikoima säätöalgoritmeja. Lisäksi voidaan jollakin ohjelmointikielellä(nykyään käytännössä graafisilla ohjelmointityökaluilla) tehdä omia algoritmeja.

Sekvenssiohjaus. Sekvenssi tai sekvenssiohjelma on ajallisesti peräkkäisten ohjaustoimenpiteiden automatisoimiseksi tehty ohjelma. Peräkkäisiä osia kutsutaan askeleiksi. Yksittäiseen askeleeseen on kerätty ne toimenpiteet, jotka voidaan toteuttaa samalla kertaa. Askeleesta toiseen siirrytään, kun siirrokseen oikeuttava ehto tulee voimaan. Sekvenssille on ominaista, että ainoastaan osaa ohjelmasta suoritetaan kerrallaan eli yksi askel on aktiivisena. Sekvenssiohjaukset ovat siis luonteeltaan epäjatkuvia. Epäjatkuvan luonteen vuoksi sekvensseille on ominaista, että tilanteita, joita ei pystytä etukäteen ottamaan huomioon suunnittelussa, on jo pelkästään vaihtoehtojen suuren lukumäärän vuoksi aina olemassa. Niinpä sekvenssiohjaukseen liittyvät kiinteästi valvomo-eroinnit poikkeustilanteiden käsittelymahdollisuuksineen. Sekvenssi liittyy ylöspäin valvomoon. Alapuolella ovat hierarkkisesti yksikköohjaustaso, moottorit, venttiilit, säätimet jne. (Metso metsoDNA Manuals Collection 2001 Fi V.2.1 build 2.)

Lukitukset ovat erikoissekvenssejä, joilla varmistetaan prosessin toiminta poikkeustilanteissa. Lukituksilta vaaditaan ehdotonta toimintavarmuutta. Tämän vuoksi ne tehdään usein järjestelmän ulkopuolisilla laitteilla.

Prosessinhallinnalla tarkoitetaan kaikkia niitä fyysisiä ja ohjelmallisia välineitä, joilla prosessin valvoja(operaattori) valvoo ja operoi prosessia. Tähän kuuluvat kaikki toimilaitteiden suorat käsiohjaukset, päälekytkentä-, käynnistys- ja viritystoiminnot, mittaustietojen esittäminen, hälytysrajojen asettaminen jne. Yleensä operointiin käytetään funktiotyyppejä näppäimistöjä, joissa toiminnot muuttuvat näyttökuvan mukana. Lisäksi operoinnin apuvälineinä on rullapalloja/tai- pyörää, kosketusnäyttöä, hiirtä ja valokynää.

Valvonta voidaan jakaa prosessin tilan valvontaan ja prosessitapahtumien seurantaan ja rekisteröintiin.

Raportointi koostuu tapahtumaraportoiesta(toimenpiteiden kirjaaminen) ja tulosraporteista(vuoro-, vuorokausi- ja viikkoraportit).

Prosessista saatavan tiedon informaation määrä on suuri ja kerrallaan esitettävissä ja ihmisen seurattavissa oleva tietomäärä erittäin rajallinen. Tämän vuoksi valvonta järjestetään hierarkisesti. Valvontanäytöt jakautuvat eritasoihin.

Yleisvalvonnan laite- ja prosessikaaviot, yleisnäytöt sekä suoritusvaihekaaviot.

Suurekohtaisen valvonnan ryhmänäytöt, operointinäytöt ja hälytysnäytöt.

Tarkemman suurekohtaisen valvonnan aikatrendit.

Hierarkiatasojen nimet ja määrä voivat vaihdella eri järjestelmissä, mutta periaate on aina samankaltainen. Vastaavantuypista hierarkiaperiaatetta noudatetaan raporteissa. Kaikki kaupalliset automaatiojärjestelmät tukevat tämäntyyppistä informaation jakoa ja ryhmitystä.

2.2 Automaatiojärjestelmien toteutuksen yleiset periaatteet (Hiltunen 2000)

Seuraavat periaatteet ovat erotettavissa nykyisistä automaatiojärjestelmistä.

Hajautuksella ymmärretään tietojenkäsittelykapasiteetin ja toimintojen jakamista usealle itsenäiseen toimintaan kykenevälle yksikölle. Käytännössä tällainen yksikkö on järjestelmän yksittäinen mikrotietokone. Tätä konetta nimitetään usein järjestelmän ala-asemaksiksi. Hajautuksella saavutetaan seuraavia etuja: parempi luotettavuus(yhden aseman rikkoontuminen ei pysäytä koko järjestelmää), erileisten pienempien yksiköiden rakenteen ja toiminnan yksinkertaistuminen sekä modulaarisen rakenteen helpottama suunnittelu, ylläpito ja kehittäminen. Toisaalta hajautus merkitsee tiedonsiirtotarpeen kasvua, josta seuraa kustannusten nousua ja haittaa aiheuttavia viiveitä. Hajautuksen vaikeimpia tehtäviä onkin tehtävien mielekäs jakaminen monelle pienelle yksikölle, jotta konfigurointeja/ohjelmia

voidaan jatkossa (esim prosessin käynnin aikana) mahdollisimman joustavasti muuttaa.

Järjestelmät ovat *keskitettyjä* siinä mielessä että valvonta voidaan järjestää yhteen tilaan, suunniteltuun toimintapisteeseen.

Integroinnilla tarkoitetaan automaatiojärjestelmien yhteydessä, että itsenäisten toimintayksiköiden välinen tiedonsiirto on järjestetty jollakin nopealla tietoliikenteen väyläratkaisulla.

2.3 Automaation toteus(Hiltunen 2000)

Nykyaikaisen digitaalisen automaatiototeutuksen voi toteuttaa ainakin seuraavilla tavoilla:

logiikat

logiikat ja erillislaitteet

logiikat, erillislaitteet ja PC-valvomo

suora PC-toteutus

avoimet järjestelmät

kokonaisautomaatiojärjestelmät

kenttäväyläpohjainen automaatoratkaisu

Tässä osiossa tarkastellaan lähinnä toteutustavan yleisiä valinta perusteita ja hieman tarkemmin PC-pohjaista ja kenttäväylä pohjaista sekä kokonaisautomaatiojärjestelmä ratkaisuja.

2.3.1 Toteutustavan valintaperusteet (Hiltunen 2000)

Valittaessa automaation toteutusvaihtoehtoista voidaan vertailua tehdä ainakin seuraavilla kriteereillä.

I/O-pisteiden lukumäärä

I/O:n laatu(binäär-i/analogiamittaukset ja -ohjaukset, yksiarvoiset, binääriset ja erisuuruksilla lukuarvoilla ilmoitettavat, analogiset)

säätöpiirien, sekvenssien, ohjaus- ja mittapiirien lukumäärä sekä näiden lukumäärien suhde(laskenta- ja muistikapasiteetin tarve)

automatoitavan kohteen luonne: turvallisuus- ja käytettävyyshäkökohdat, valvonnan ja operoinnin tarve

Lisäksi vaikuttavat taloudelliset ja ei-teknilliset seikat, kuten tunnettavuus, aiemmat liikesuhteet, kotimaisuus, ym. vastaavat kaupankäyntiin liittyvät seikat. Näihin ei tässä materiaalissa puututa enempää.

Yksikäsittesiä suosituksia(lukuarvoja) edellä mainituille valintakriteereille on mahdoton antaa, koska vaihtelevat automatoitavasta kohteesta riippuen. Kuitenkin voidaan tarkastella asiaa kvalitatiivisesti(laadullisesti) seuraavin periaatein:

Suuri I/O-pisteiden lukumäärä(tuhansia) merkitsee järeämmän luokan toteutustavan valintaa, joka tarkoittaa varsinaisia kokonaisautomaatiojärjestelmiä tai niihin verrattavia laitteita. Vastaavasti pienempi I/O-pisteiden lukumäärä mahdollistaa logiikka-, yksikkösäädin- tai PC-toteutusvaihtoehtojen harkinnan.

Jos I/O on luonteeltaan pääasiassa binääriä, voidaan lähtökohtana pitää logiikka toteutusta, jota täydennetään tarpeen mukaan yksikkösäätimillä ja muilla erillisilaitteilla. Näillä voidaan hallita suuriakin I/O määriä, mutta valvonnan ja operoinnin mielekäs, keskitetty toteutus vaatii jo varsin kohtuullisillakin I/O-pisteiden lukumäärillä erillisen valvomoympäristön(esim. PC-valvomo). Analogiaohjauksiin ja mittauksiin painottunut I/O toteutetaan yleensä digitaalisilla yksikkö- ja ryhmä säätimillä. Periaatteessa näissä tapauksissa voidaan ajatella suoraa PC-toteutusta. PC-laitteiden luotettavuus asettaa kuitenkin rajoituksensa. Nykyiset teollisuus PC:t täyttävät jo melko hyvin luotettavuus vattimukset, mutta samalla hintakin on usein 1.5 ... 10 kertainen normaali

toimisto PC:hen verrattuna. Tämä ei luonnollisestikkaan poista ohjelmistossa olevia "bugeja".

Pienautomaatiojärjestelmät, joilla tarkoitetaan tässä kokonaisautomaatiojärjestelmien "kevennettyjä/riisuttuja" versioita, ovat myös erittäin sovelias vaihtoehto rajallisen analogiapainoitteisen I/O:n hallintaan. Samoin erityyppiset ns. avoimet järjestelmät, jotka on koottu eri valmistajien tietyn standardin mukaisista tuotteista (esim. VME-väylä). Periaatteessa myös nykyisin yleistymässä olevat kenttäväyläratkaisut ovat jo suurelta osin ns. "avoimen" standardin mukaisia.

2.3.2 PC-pohjainen automaatoratkaisu (Hiltunen 2000)

PC-pohjaisen automaation ohjelmistotarjonta on kasvanut erittäin nopeasti 80-luvun lopulta lähtien. Alunperin DOS-käyttöjärjestelmän pohjautuvat järjestelmät ovat saaneet rinnalleen Unix-, OS/2- ja Windows-pohjaisia versioita ja niiden käyttötarkoitus on laajennut tiedonkeruujärjestelmistä valvomo-ohjelmistoiksi ja nähtävästi myös enenevässä määrin suoriin toteutuksiin (PC ohjaa suoraan toimilaitetta), joskin näiden luotettavuuskysymykset ovat ainakin tähän saakka rajoittaneet käyttöä.

Tiedonkeruusovelluksissa PC:n rooli on vain tiedon keraaminen prosessista ja aineiston käsittely sekä havainnollinen esittäminen. Usein näin orientoituneista sovelluksista käytetäänkin nimitystä mittausohjelmisto. PC:n käyttö mittauksissa on toteutuksena usein edullisempi kuin ns. dataloggerin (erillinen tiedonkeruulaite) käyttö.

PC-valvomosovelluksissa siirretään tietoa myös prosessiin päin (esim. yksittäiset ohjaukset ja asetuservotiedot). Varsinaiset säädöt ja ohjaukset toteutetaan kuitenkin erillisissä yksiköissä (logiikat, yksikkösäätimet) ja prosessiliitanta on siten hajautettu. Tällainen PC:n valvomokäyttö on yleisin tapa käyttää PC:ta automaatiassa. Nykyaikaiset PC-pohjaiset valvomo-ohjelmistot ovat monipuolisia verkkojärjestelmiä, joilla voidaan toteuttaa joko suora keskitetty PC-automaatiojärjestelmä tai hajautettu automaatoratkaisu (mukana erillislaitteita kuten yksikkösäätimiä ja logiikoita).

Suorassa tietokonesäädössä (DDC) käytetään tarkoitukseen kehitettyjä liityntäkortteja prosessi-I/O:n toteutukseen sekä valvomo-ohjelmistoa, jossa on tarvittavat loogisten operaatioiden ja säätöalgoritmien konfigurointimahdollisuus. Tällainen PC:n käyttötapa tulee kysyrykseen lähinnä pienissä automatisoitavissa kohteissa, jotka eivät ole turvallisuuden kannalta kriittisiä ja joissa käyttöhäiriöt eivät aiheuta suuria ongelmia eivätkä kustannuksia. Toteutuksena suora PC-säätö on usein varsin edullinen vaihtoehto. Ohjelmistoissa on lisäksi vakio-ominaisuuksina tiedonkeruumahdollisuus, säätöominaisuudet, ohjaustoiminnot ja trendinäytöt. Lisäksi on mahdollista laajentaa kokonaisuutta erilaisilla erikseen ostettavilla analyysi-, simulointi-, materiaalihallinta- ja tarvelaskentaohjelmisto-paketeilla.

PC-laitteiden osalta erotetaan toimisto-PC:t ja teollisuus-PC:t. Edelliset ovat kaikille tuttuja jokapäiväisiä työkaluja, joita ei ole rakennettu vaativiin ympäristöihin. Teollisuuskäytössä PC joutuu usein alttiiksi kosteudelle, lämpötilavaihteluille, pölylle, tarinoille ja iskuille sekä häiriölliselle jännitesyötölle. Tällöin erityisesti kortinreunaliittimet sekä levy- ja levyke-asetat vikaantuvat helposti. Haittoja on torjuttava suojaamalla koneet ympäristöhaitoilta tai hankittava vaikeita olosuhteita paremmin kestävä laite. Teollisuus-PC:ssä on kestävämmät rakenne-ratkaisut:

koteloinnilla suojatut kortit ja levyt,
mekaanisesti kestävämmät liittimet,
tärinänvaimennusmekanismeja kovalevyille,
keraamisia komponentteja,
suojattu operointinäppäimistö (kalvonäppäimistö),
tärinäsuojattu 20" näyttö ja
lukittavat (tietosuojan kannalta paremmat) levyke- ja CD-ROM-asetat.

Teollisuus-PC:t on lisäksi suunniteltu modulaarisiksi (helposti vaihdettavista yksiköistä koostuvaksi), jolloin korttien ja kovalevyjen vaihto on nopeaa. Teollisuus-PC:t varustetaan usein myös paremmin vaihtelevaa sähkönsyöttöä kestäviksi ja ne liitetään usein UPS-yksikköön (Uninterruptable Power Suoolv), joka sisältää akkuja ja vaihtosuuntaaia ja mahdollistaa laitteen toiminnan sähkökatkon aikana. Herkästi rikkoutuvan pyörivan kovalevymuistin tilalla käyteen myös esimerkiksi ns. flash-muistia, joka on kalliimpi mutta ei sisällä lainkaan liikkuvia ja kuluvia osia.

Ohjelmistoja ovat tahan saakka hallinneet DOS-käyttöjärjestelmään perustuvat tuotteet, joissa on automaatio-sovellusten vaatimat piirteet:

moniaio (monen ohjelman yhtäaikainen suorittaminen),

suoiaus (eri ohjelmat eivät saa häiritä toisiaan ja käyttää sam; muistialuetta) ja

priorisointi (ohjelmien tarkeysjärjestys ja tarkeyttä vastaava muistin keskusyksikköajan jako eri ohjelmien kesken).

Nämä piirteet on toteutettu vanhemmissa järjestelmissä joko DOS käyttöjärjestelmälaajennusten avulla (esim. Top View-, Desq View-Mondrian-tuotteilla) tai siten, että vain konfigurointi (ohjelmallinen määrittely tehdään DOS-käyttöjärjestelmän alaisuudessa ja itse sovelluksen ajo tapahtuu jonkin reaaliaikakäyttöjärjestelmän alaisuudessa. Uudemmat valvomo-ohjelmistot toimivat usein kokonaan jonkin paremmin moniajoon pystyvän käyttöjärjestelmän kuten Unixin tai OS/2:n alaisuudessa. Myös Windows-järjestelmän (erityisesti Windows NT:n) alaisuudessa toimivia ohjelmistoja on tarjolla, mutta tähän saakka niissä on esiintynyt jonkinverran ongelmia. Kokemuksia näistä valvomo-ohjelmistoista on vielä toistaiseksi rajoitetusti.

Konfiguroinnin osalta on tarjolla pitkälti samankaltaisia ratkaisuja kuin varsinaisissa kokonaisautomaatiojärjestelmissäkin. Tyypillisesti ohjelmat sisältävät suunnittelutyökalut erilaisille kaavioille sekä joko käskylistan muodossa tapahtuvan tai graafisesti toteutetun lohko-ohjelmoinnin. Kysymyslista muotoista konfigurointia käytetään myös edelleen. Tehtävien välinen kommunikointi (tiedonvaihto) on tavallisesti hoidettu jonkin kiinteäkokoisien tietokannan kautta.

PC-valvomo-ohjelmistot poikkeavat toisistaan sekä ominaisuuksiensa että hintansa puolesta huomattavasti ja valikoima alkaa olla todella mittava. Ohjelmiston valintaperusteissa kannattaa painottaa kokemuksia valmiista sovelluksista enemmän kuin tarjolla olevia ominaisuuksia.

2.3.3 Kokonaisautomaatioratkaisu (Hiltunen 2000)

Kokonaisautomaatiojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka on alusta loppuun suunniteltu yhdeksi yhtenäiseksi tuotteeksi ja jossa käytetään alunperin

teollisuusautomaation käyttöön tarkoitettua elektroniikkaa, mekaniikkaa ja ohjelmistoa.

Tyypillisesti tällainen tuote käsittää muutamasta standardielektroniikkakortista koostuvia tehtäväänsä erikoistuneita ala-asemia, jotka eroavat toisistaan lähinnä ohjelmiston osalta; nopeaan lähiverkoteknologiaan perustuvan tietoliikenneverkon sekä prosessi I/O:n tarvitseman elektroniikan sekä valikoiman valvomolaitteita. Oleellinen osa näitä tuotteita on myös laaja varusohjelmisto, joka kattaa automaation suunnittelun, operoinnin, valvonnan ja sovellusohjelmoinnin tuen sekä integroinnin muihin ympäristöihin tai järjestelmiin.

Suomessa nämä järeät ratkaisut ovat hallinneet järjestelmä markkinoita ja varsinkin niiden kotimaiset edustajat kuten Valmetin(nykyinen Metso) damatic classic ja XD/Xdi, Metson DNA, Ahlstrom Automationin(nykyinen Honeywell) Alcont – järjestelmät.

2.3.4 Kenttäväyläpohjainen ratkaisu (Hiltunen 2000)

Tästä vaihtoehdosta on viime vuosien aikana kehittynyt jo yleisesti varsin arkipäiväinen automaation ratkaisu. Aiemmin tämä oli arkipäivää lähinnä kappaletavara teollisuudessa, mutta nykyisin lähes jokaisen isomman tuotantolaitoksen jokin osaprosessi on toteutettu tai ollaan toteuttamassa kenttäväyläratkaisulla. Tähän on johtanut väyläratkaisun standardoinnin edistyminen viime vuosien aikana ja näin siis parantanut laitteiden yhteensopivuutta.

Kenttäväyläteknologian tuomat suurimmat muutokset automaatiotutetuksiin ovat:

*liityntäelektroniikka ja kaapelointi vähenee
älykkäille laitteille voidaan säilyttää sekä aiemmin
järjestelmäasemilla toteutettuja että kokonaan uusia , esim.
diagnostiikkaan ja kalibrointiin, liittyviä tehtäviä*

nykyisenkaltaiset kokonaisautomaatiojärjestelmät muuttuvat huomattavasti merkittävän osan nykyisistä tehtävistä siirtyessä kenttälaitteille

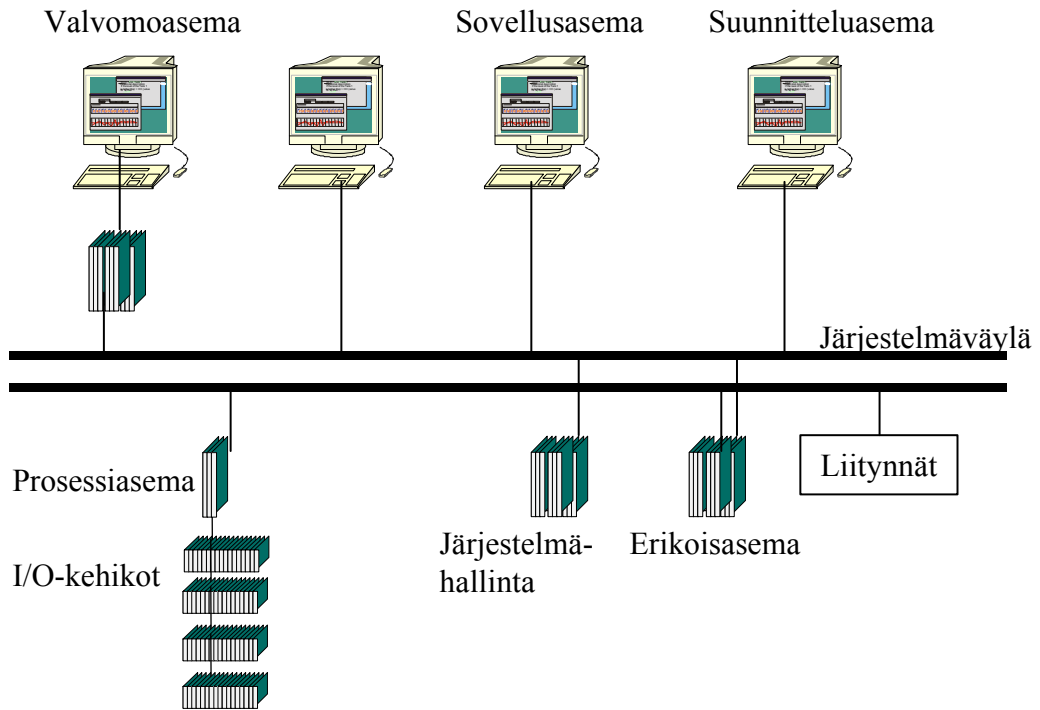
suunnittelu-, asennus- ja ylläpito helpottu ja nopeutuu

PC:n käyttö valvomoratkaisuna yleistyy(tämä kehitys edistyy jo varsin nopeaan tahtiin ainakin Suomen tuotantolaitoksilla)esim. Metson toimittamat valvomoratkaisut ovat nykyään kaikki rakennettu PC-platformille(alustalle)

2.4 Automaatiojärjestelmien yleisrakenne (Hiltunen 2000)

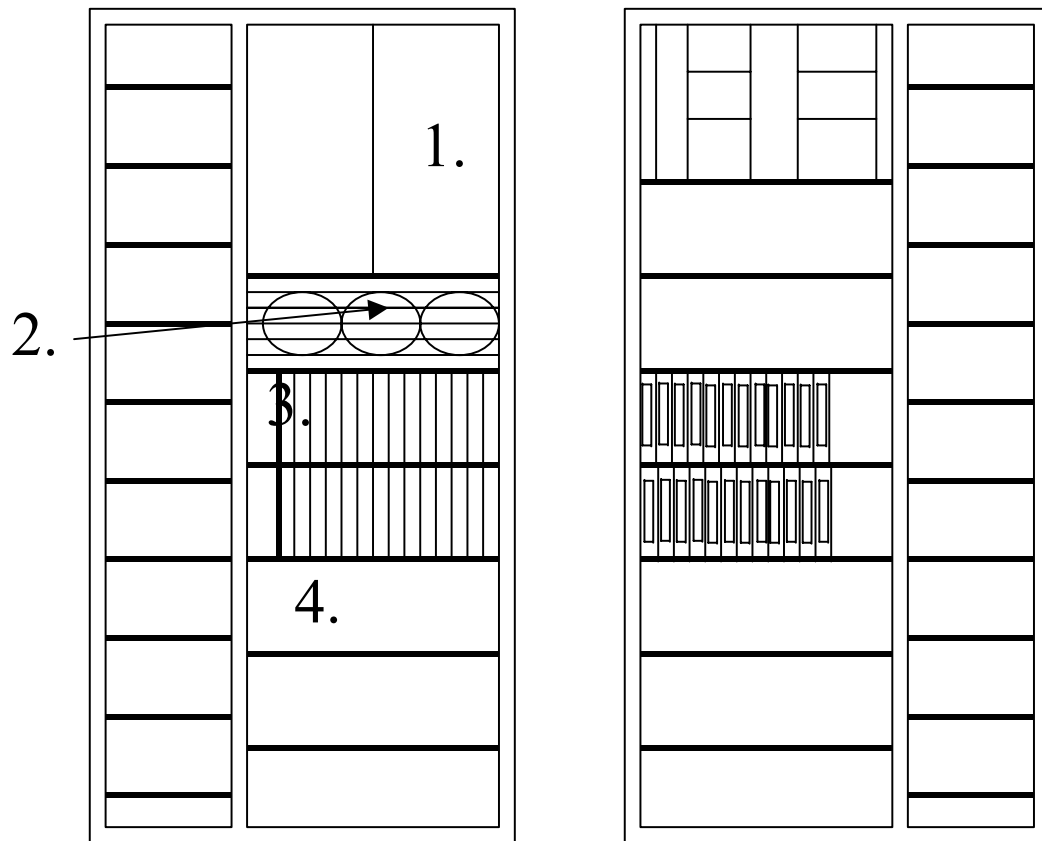
Tässä kappaleessa esitetään yleisiä, valmistajasta riippumattomia, automaatiojärjestelmien piirteitä.

Kaikki kokonaisautomaatiojärjestelmät noudattavat rakennetta, jossa omiin tehtäviinsä erikoistuneet mikrotietokoneet eli ala-asemat on kytketty toisiinsa järjestelmäväylän avulla. Kuhunkin ala-asemaan liittyy tehtävän mukaisia muita laitteita kuten valvomolaitteita ja kenttälaitteet prosessi-liitynnän(I/O-kehikot) kautta(kuva 5). Tämä ei ole enää nykyään aivan yleispätevä rakenne, koska joissakin(esim. Metso DNA) järjestelmissä käytetään järjestelmäväylän lisäksi myös niin sanottua valvomoväylää.



Kuva 5 Kokonaisautomaatiojärjestelmän yleisrakenne

Ala-asetat (3E-kehikko), prosessiliityntä(liityntäkehikko) ja tehonsyöttö kootaan järjestelmäkaappeihin, jotka suunnitellaan laite- ja projektikohtaisesti. Järjestelmäkaappeihin tuodaan myös tietoliikenneväylät ja kenttäkaapelointi(kuva 6).



1. 3E-kehikko

2. Tuuletin

3. liityntäkehikkoita

4. Tehonsyöttö kentälle

Kuva 6 Automaatiojärjestelmän laitekaappi

2.4.1 Ala-asetat (Hiltunen 2000)

Alaasemien kokoonpano on tyypillisesti seuraava:

CPU-kortti

muistikortit (RAM ja ROM; 1-5 kpl) ja

tietoliikennekortti

CPU-kortteja on ala-aseman tehtävän vaativuuden mukaan useita eri tyyppisiä, esim. Intel 386 ja 486 tyyppisiä. Nykyisin uusimmissa ala-asemissa käytetään jo Pentium tyyppisiä prosessoreita. Vastaavasti muistikapasiteetti vaihtelee tehtävän mukaan. Nykyisin on otettu myös käyttöön PC-platformilla olevia asemia, joissa muistikapasiteetit ovat suuria. Liityntä väylään ja tiedonsiirtotehtävät on toteutettu omilla elektroniikkakorteillaan ja apuprosessoreilla. Edelleen

tehtäväkohtaisesti ala-asemiin liittyy myös muita laitteita kuten, prosessiasemien I/O-liityntä, valvomoasemien kuvankäsittely- ym. liityntäelektronikka, sovelluskehitysasemien laiteliitynnät jne.

2.4.2 Tiedonsiirtoratkaisut (Hiltunen 2000)

Nykyaikaisten automaatiojärjestelmien väyläratkaisut noudattavat standardeja lähiverkko ratkaisuita(LAN = Local Area Network). Topologoiltaan(rakenteeltaan) ne ovat väyliä tai renkaita. Kanavan käyttöoikeuden jaon osalta käytetään joko kilpavarausväylää(Carrier Sense Multiple Acces/Collision Detection, CSMA/CD) tai valtuudenvälitysverkkoa(Token Passing). Aiemmin suosittu ns keskitysti yhdeltä asemalta ohjattu pollaava(kiertokyselyyn perustuva) verkkoratkaisu on jäämässä pois.

Fyysinen siirtotie on yleensä koaksiaalikaapeli ns. järjestelmäväylänä ja optinen kuitu eri järjestelmien ns. välisenätehdas väylänä. Myös tavallinen parikaapeli soveltuu digitaaliseen tiedonsiirtoon, mutta tavallisesti sitä ei käytetä järjestelmäväylänä vaan kenttälaitteet yhdistävänä kenttäväylänä.

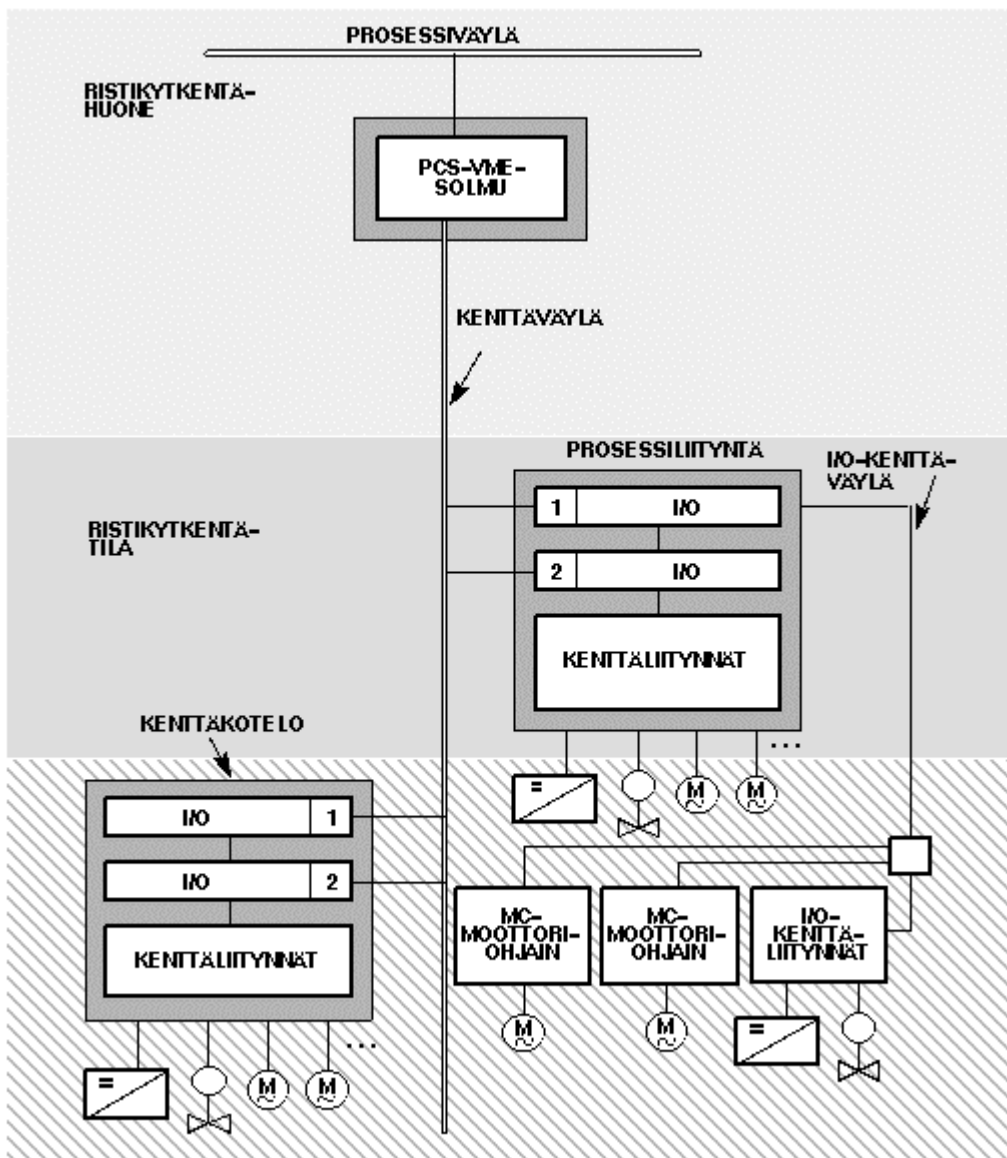
Tietoliikennetekniikan nopea kehittyminen on tuonut mahdollisuuksia ja tarpeita myös hyvin laajojen kokonaisuuksien (tehdas, yritys,konserni) ja toimintojen (tuotannonohjaus, logistiikka, vikadiagnostiikka, yrityksen johdon tietojärjestelmät) integrointiin, jolloin peruautoaatiojärjestelmä voidaan kytkeä digitalisoidun, laajakaistaisen televerkon kautta muihin tieto- ja viestintäjärjestelmiin. Tyypillisesti myös Internet/Intranet- verkko palveluineen on liitetty automaatiojärjestelmiin.

2.4.3 Prosessiliityntä (Hiltunen 2000)

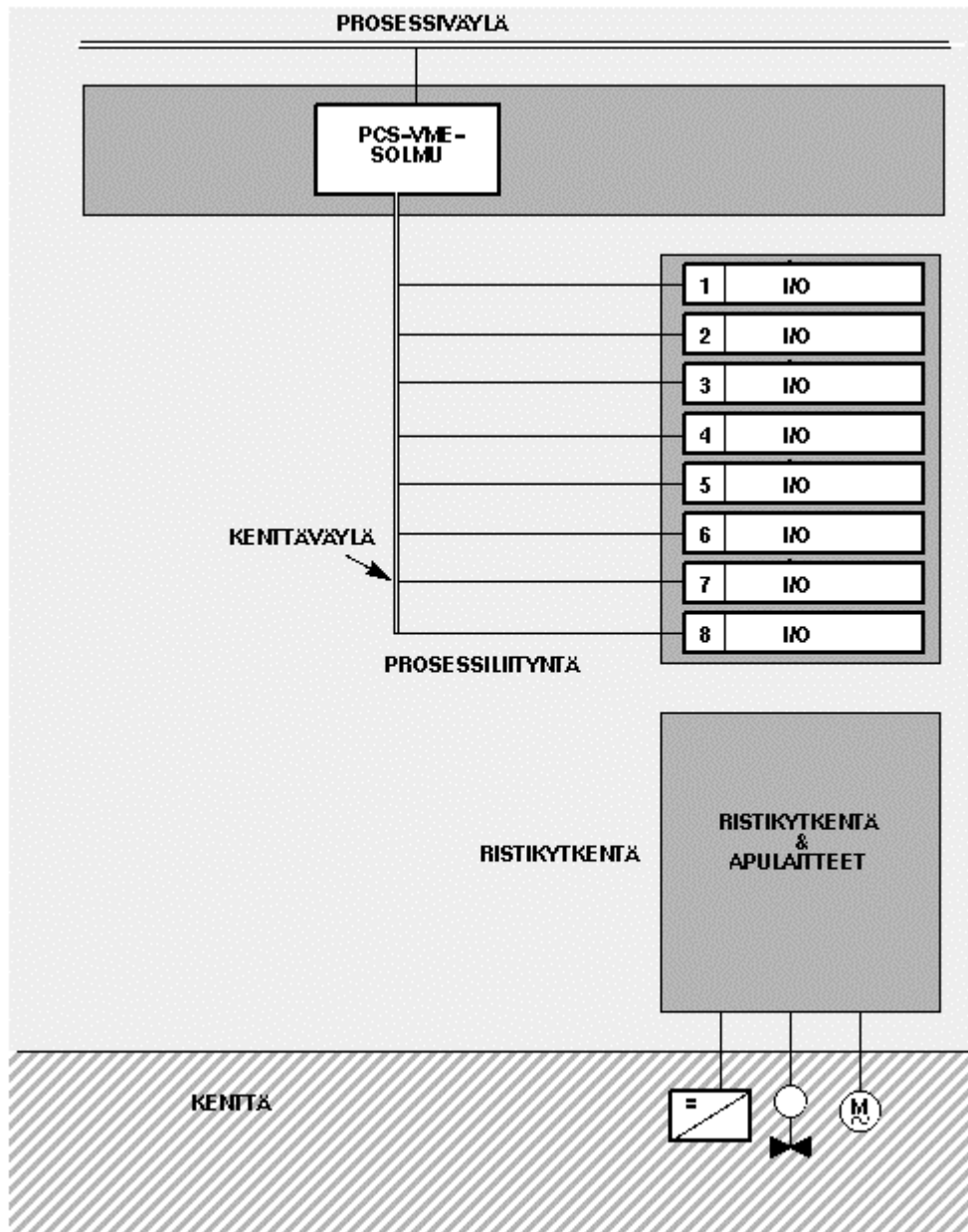
Automaatiojärjestelmä liittyy kenttälaitteisiin ns. prosessiliitynnän kautta. Se koostuu I/O-korteista, joiden tehtävä on suorittaa jännitteen sovitus,

potentiaalierotus, A/D- ja D/A-muunnokset sekä häiriöiden vaimennus(suodatus). Automaatiojärjestelmät sisältävät tavallisesti laajan valikoiman erityyppisten signaalien tulo- sekä vastaavasti lähtökortteja(esim. AIU, AOU, BIU,BOU..jne).

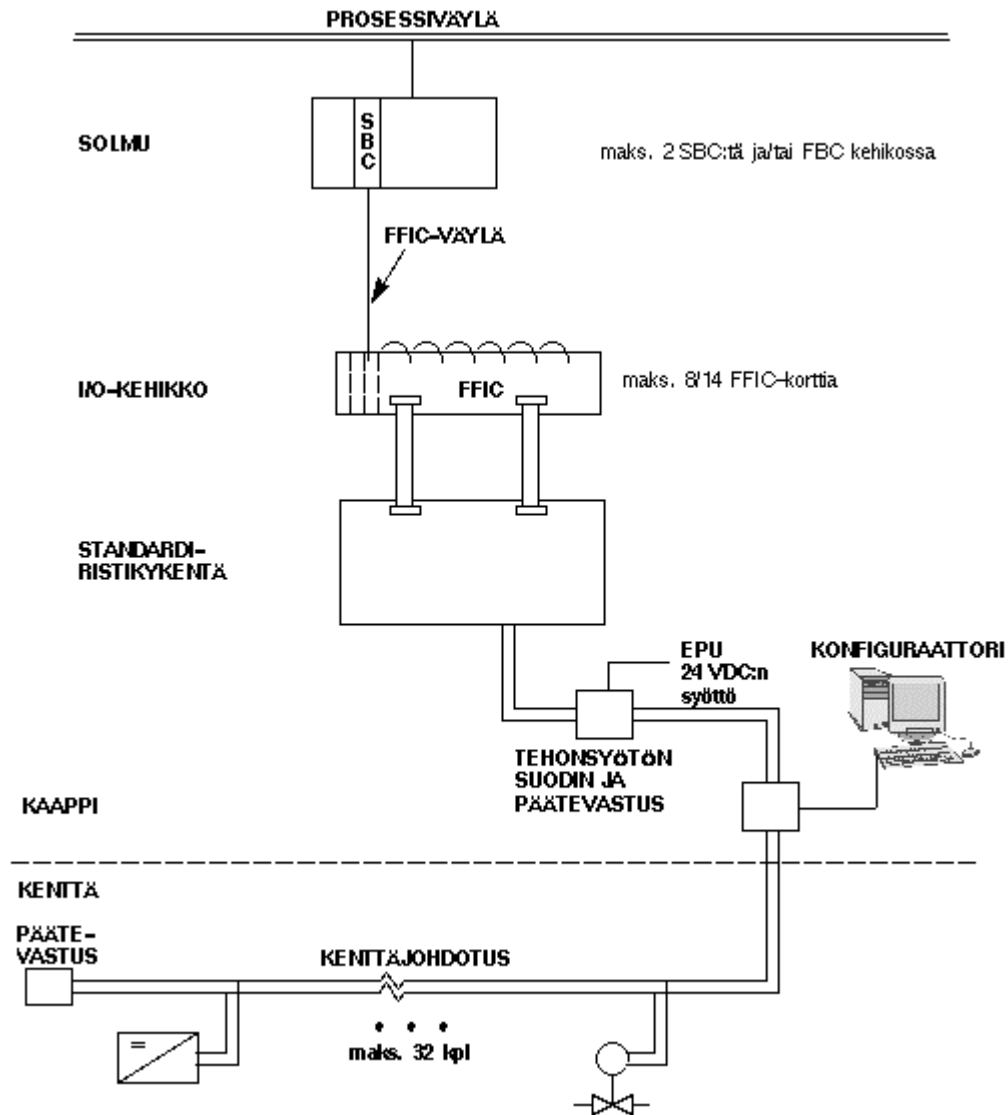
Prosessiliityntä voidaan toteuttaa kullekin asemalle keskitettynä, jolloin I/O-kortit ovat yhteydessä suoraan ao. aseman sisäiseen väylään tai hajautettuna, jolloin I/O-kortit on koottu erillisiksi moduleiksi, joista on nopea tietoliikenneyhteys prosessiasemaan. Kuvissa 7-9 on esitetty hajautetun- ja keskitetyn I/O:n sekä kenttäväylä liittymän periaate.



Kuva 7 Hajautetun I/O:n periaate.



Kuva 8 Keskitetyn I/O:n periaate



Kuva 9 FF-kenttäväyläliityntän periaate.

Kuvissa 7 ja 8 mainitaan molemmissa sana kenttäväylä. Se ei kuitenkaan tarkoita noissa kuvissa samaa kuin mitä yleisesti tarkoitetaan kenttäväylällä.

2.4.4 Signaalitie ja kaapelointi (Hiltunen 2000)

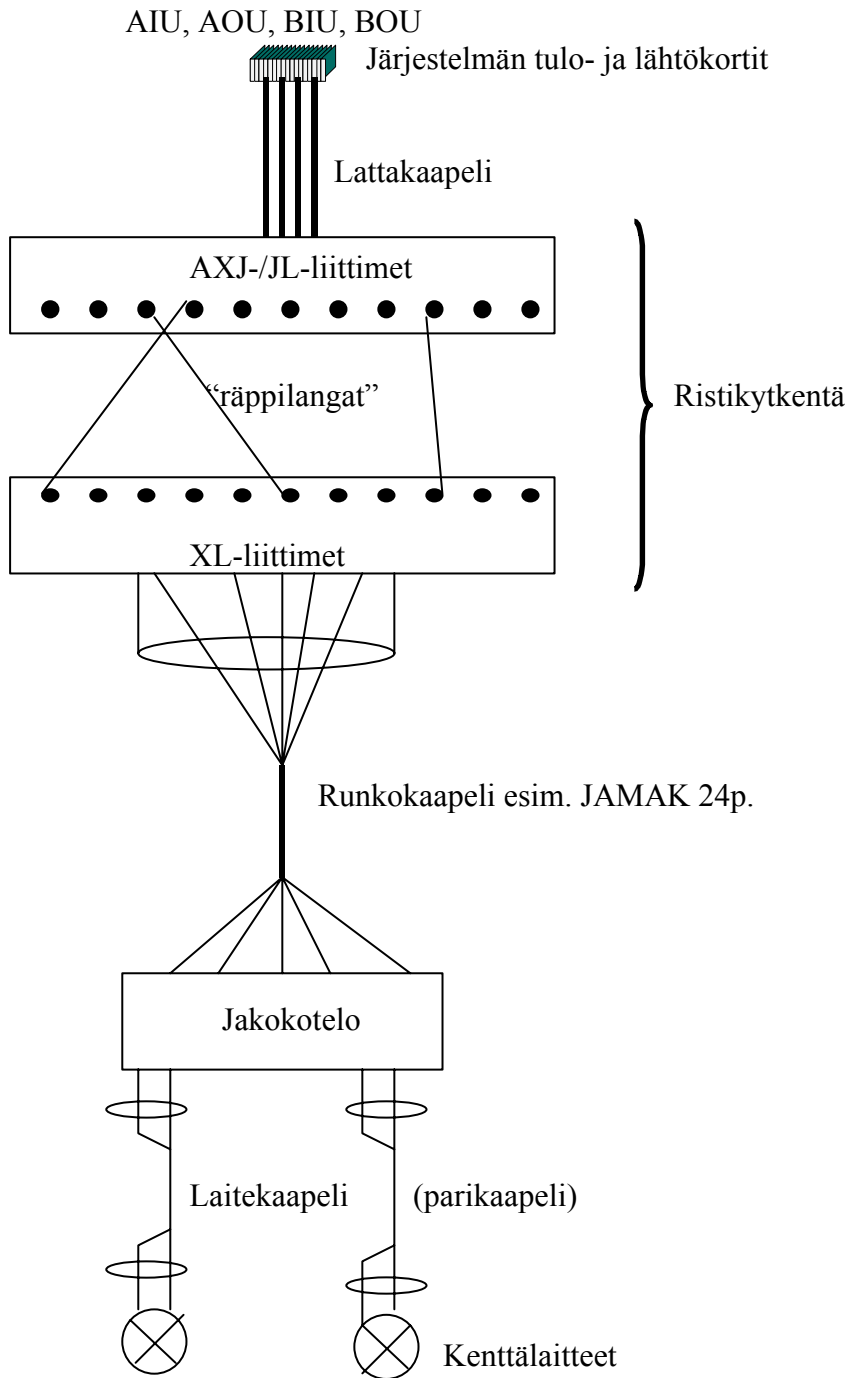
Tiedonkulku kenttälaitteelta järjestelmään tapahtuu tyypillisesti seuraavalla tavalla:

Mittalaitteen muodostama standardianalogiaviesti (4-20mA tai 1-5V) tuodaan prosessiin, jossa suoritetaan potentiaalierotus,

ylijännitesuojaus, suodatus, näytteenotto ja pito (multipleksointi) sekä A/D-muunnos.

Prosessiliityntä kytkeytyy prosessiaseman sisäiseen väylään, mistä tieto kulkeutuu joko I/O-rekisterin kautta prosessorin käsittelyyn ja keskusmuistiin tai suoraan ns. suoran muistikanavan kautta (Direct Memory Acces, DMA)

Kaapeloinnin kannalta tarkasteltuna tarvitaan yleensä jokin erikoiskaapeli anturin ja mittalähettimen välille. Standardiviesti kuljetetaan useimmiten laitekaapelissa, joka on kierrettyä parikaapelia, jakokotelon ja mittalähettimen tai toimimoottorin välillä. Jakokotelossa standardiviestit siirretään ristikytöntään runkokaapelissa, joka sisältää useita parikaapeleita (esim. 24 kpl). Ristikytöntäkaapissa runkokaapeli kytketään XL-liittimille, mistä ne "räpätään" langoilla järjestelmän JL-liittimille. Kultakin JL-liittimeltä viestit kuljetaan lattakaapeleilla järjestelmän I/O-kortteille, mistä ne ovat siis suorassa yhteydessä aseman CPU:n sisäiseen väylään(kuva 4).



Kuva 10 Kaapelointi ja ristikytkentä.

Perinteinen kaapelointi, jossa signaalitie kulkee pääosin standardiviestinä, on altis häiriöille. Mittausviesti sisältää usein kohinaa, jota nimitetään mittauskohinaksi. Tämä voi olla peräisin anturista tai sitten prosessin mitattavasta kohteesta todella esiintyviä nopeita vaihteluita. Jälkimmäisessä tapauksessa puhutaan prosessikohinasta, joka voi olla peräisin myös säätöpiirin heikosti toimivasta asennoittimesta, minkä vuoksi toimilaitte ei asetu vakaasti haluttuun asentoon,

vaan värähtelee. Kohinaa signaalitielle voivat aiheuttaa myös viestiohtimiin kytkeytyvät sähköiset häiriöt. Häiriölähteitä on tehdasympäristössä runsaasti.

1. Lähellä toisiaan olevat johtimet aiheuttavat häiriöitä toisiinsa ns. kapasitiivisen kytkeytymisen vaikutuksesta. Näitä häiriöitä voidaan välttää peittämällä viestijohdot maadoitetulla vaipalla.

2. Salamaniskut, moottoreiden käynnistykset, sulakkeiden palamiset sekä kontaktoreiden ja magneettiventtiileiden vetämiset aiheuttavat induktiivisesti kytkeytyviä häiriöitä. Näiden estämiseksi käytetään yleisesti kierrettyjä viestijohtimia ja joskus myös ferromagneettista suojaa, esim. rautaputkea. Nämä häiriöt ovat kestoltaan tavallisesti lyhytaikaisia, joten elektroniikkatulopiireissa voidaan käyttää myös RC-piiria (vastuskondensaattori -kytkentä) suodattamaan häiriöitä.

3. Kaikissa sähköisissä järjestelmissä esiintyy myös gaalvaanisesti kytkeytyviä häiriöitä, joita voidaan vähentää suorittamalla maadoitukset asianmukaisesti (maadoituspisteet oltava samassa sähköisessä potentiaalissa eli jännitetasossa).

Digitaalisissa järjestelmissä kohinahäiriöiden haitallisia vaikutuksia voidaan estää myös itse tietokoneessa, jossa se voidaan tehdä ohjelmien avulla. Tällaiset ohjelmat ovat tietyn tyyppisiä keskiarvoa laskevia suodattimia tai liian nopeasti tapahtuvia suuria muutoksia tasaavia rajoittimia, joilla viestit saadaan tasoitettua. Automaatiojärjestelmissä apuvälineitä kuuluu aina varusohjelmiston toimilohkoihin.

2.4.5 Varusohjelmisto (Hiltunen 2000)

Automaatiojärjestelmän varusohjelmistolla tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkia niitä ohjelmiston osia, joita järjestelmän toimittaja on kehittänyt ja jotka kuuluvat järjestelmään joko vakio-osana tai erikseen hankittavana optiona. Vastaavasti kuhunkin sovellukseen kehitettyjä ohjelmia nimitetään sovellusohjelmistoksi. Viime vuosina nämä ohjelmistot ovat kehittyneet ja laajentuneet merkittävästi. Tyypillisesti automaatiojärjestelmän varusohjelmisto koostuu esimerkiksi seuraavista osista:

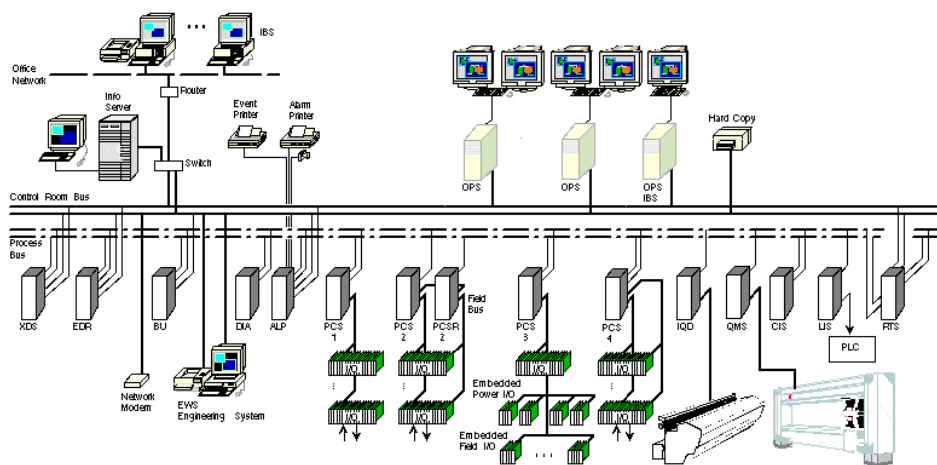
1. käyttöjärjestelmä (resurssien ja muiden ohjelmien hallinta reaaliaikainen, moniajoon kykenevä),
2. tietoliikenneohjelmisto (väylien hallinta),

3. ajurit (laitteiden ohjainohjelmat, driverit),
4. liityntäohjelmat (liittyminen muihin järjestelmiin ja tietokoneisiin niiden ohjelmistoihin),

3 Metso DNA (Metso metsoDNA Manuals Collection 2001 Fi V.2.1 build 2.)

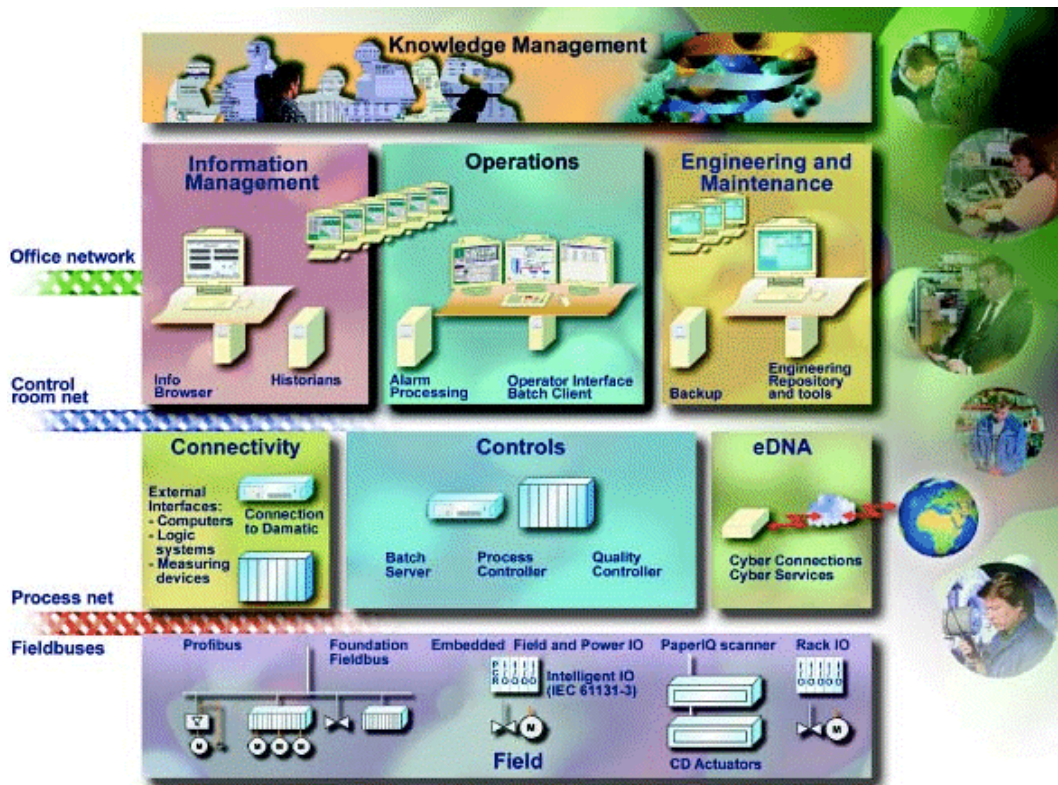
Tässä kappaleessa käydään läpi metsoDNA-järjestelmän rakennetta.

Kuvassa 11 on esitetty vanhan Damatic Xdi järjestelmän rakenne kaavio. XD-järjestelmiä on edelleen ja tulee vielä pitkään olemaan lähes joka tehtaalla. Tyypillisesti tuotantolaitokset eivät uusi automatiotaan aina kun uusi versio ilmestyy markkinoille, vaan käytännössä kaikki tehdasjärjestelmät ovat sekoituksia eri versiosta ja eri järjestelmistä.



Kuva 11 Damatic Xdi järjestelmän rakenne kaavio.

Damatic XDi -järjestelmän monia etuja on parannettu ja kehitetty, minkä tuloksena on luotu täysin uusi tuotekonsepti. Dynaaminen sovellusverkko (DNA = Dynamic Network of Applications) perustuu tietämyksen ja informaation vapaaseen verkottamiseen, ohjausautomaatiikkaan ja sulautettuihin kenttäohjauksiin. metsoDNA on verkko, jossa eri ohjelmistoihin ja laitteistoihin perustuvat sovellukset toimivat yhdessä.



Kuva 12 metsoDNA järjestelmän yleiskuva.

3.1 metsoDNA:n verkkoarkkitehtuuri

metsoDNA on luotu aktiviteeteistä, jotka koostuvat puolestaan toisiinsa liittyvistä verkkotoiminnoista. Yksi esimerkki tästä on informaation- eli tiedonhallinta-aktiviteetti. Aktiviteetit voivat ulottua koko verkkoon tai ne voivat koskea vain yhtä laitteiston osaa, jota kutsutaan solmuksi. metsoDNA:n aktiviteettien välinen tiedonsiirto ei vaadi erillisiä liityntäasemia.

Tärkein parannus on erityisten 10/100 Mb/s kytkinten käyttöönotto. Nämä kytkimet toimivat verkon ytimenä tarjoten uusia ominaisuuksia kuten automaattisen multicast-suodatuksen sekä viansietokykyyn ja kuormituksen vähentämiseen vaikuttavat Switch Mesh -ominaisuudet.

Valvomoverkko kytkee metsoDNA:n käyttöliittymän komponentit yhteen. Verkko perustuu standardiin Ethernet-tekniikkaan.

Prosessiverkko kytkee prosessinohjauksen komponentit yhteen. Tässä verkossa käytetään determinististä token passing -protokollaa. Prosessinohjauspalvelimet on kytketty myös valvomoverkkoon, tämä mahdollistaa prosessinohjauspalvelinten ja käyttöliittymien välisen kommunikoinnin.

Kenttäväylät kytkevät I/O:t, kenttälaitteet ja prosessinohjauspalvelimet yhteen. Useat eri kenttäväylätyypit ovat tuettuja, kuten Foundation Fieldbus ja PROFIBUS.

Tuotantolaitoksen **toimistoverkko** kuuluu myös metsoDNA-verkkoratkaisuun. Käyttöliittymäkomponentit voidaan kytkeä joko valvomoverkkoon tai toimistoverkkoon. Valvomoverkko on erotettu toimistoverkosta valvomoverkon tietoturvan takaamiseksi ja toimistoverkon ylikuormituksen estämiseksi.

3.1.1 Aktiviteetit

metsoDNA:n ydin on eri aktiviteetit yhdistävä verkko. Kaikki verkot voivat olla kahdennettuja.

Aktiviteetit ovat eri järjestelmän toimintoja sisältäviä kokonaisuuksia, jotka koostuvat ryhmästä tuotteita tiettyihin tarkoituksiin.

Tietämyksenhallinta-aktiviteetti tarjoaa yritykselle tarvittavat työkalut sovellusverkon laajentamiseen tehokkaaksi päätöstukijärjestelmäksi.

Informaationhallinta-aktiviteetti koostuu tehokkaista prosessi-, hälytys- ja panosohjausten historiatietokannoista, joissa olevia tietoja tehokkaat raportointi- ja analysointityökalut hyödyntävät.

Operointiaktiviteetti sisältää jatkuvan- ja panosprosessin käyttöliittymät sekä hälytyskäsittelyt.

Säätöaktiviteetti koostuu panosohjauspalvelimista ja jatkuvien prosessien prosessinohjauspalvelimista. Tämä aktiviteetti kattaa kaikki ohjaustoimintojen

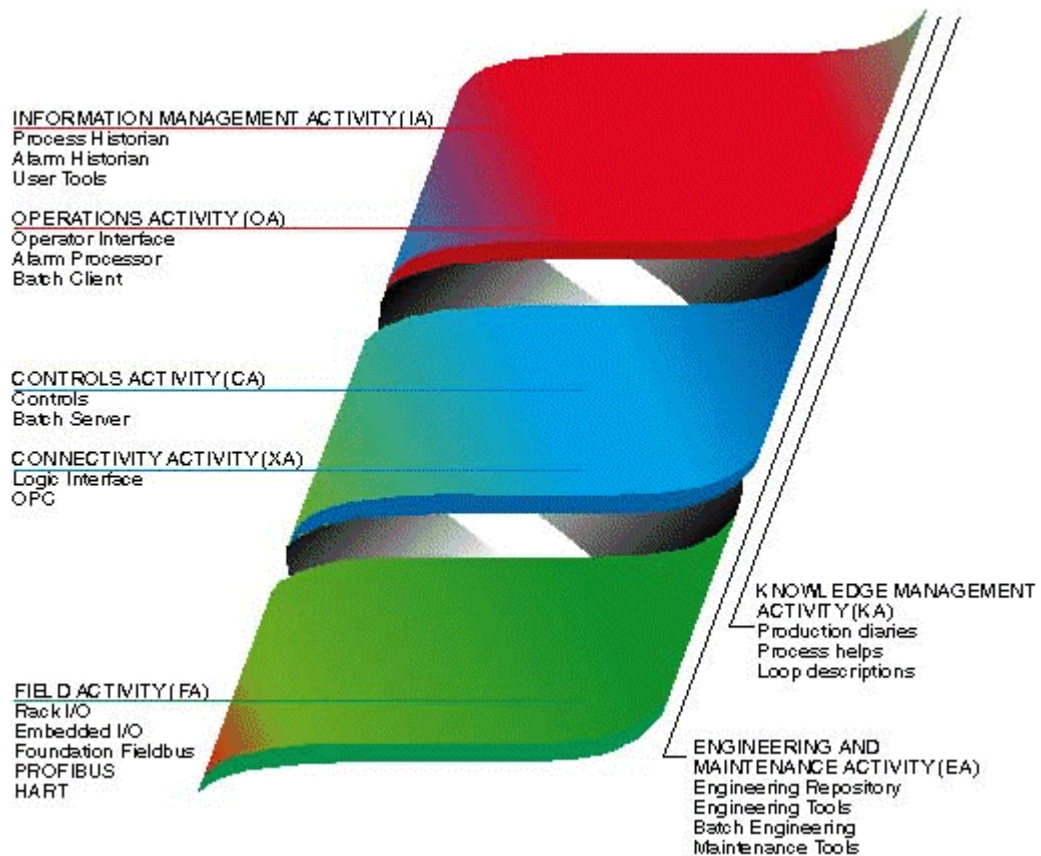
tasot alkaen peruspiirien ja konelogiikan hallinnasta ulottuen edistyksellisiin laadunoptimointitoimintoihin ja panosoperaatioihin.

Kenttäaktiiviteetti sisältää normaalin kehikko-I/O:n, sulautetun kenttä- ja moottori-I/O:n sekä standardit kenttäväyläliitynnät, kuten Foundation Fieldbus ja PROFIBUS. Sulautetut ohjelmoitavat kenttä-I/O-komponentit mahdollistavat nopeat ja itsenäiset ohjaukset, joiden konfigurointi tehdään IEC 61131-3 -standardin mukaisesti. Kenttäaktiiviteetti sisältää PaperIQ-mittaraamit, mittarit ja toimilaitteet.

Liityntäaktiiviteetti tarjoaa ulkoiset liitynnät esimerkiksi tietokoneisiin, logiikkajärjestelmiin, erityismittalaitteisiin ja muihin ulkoisiin järjestelmiin. Liityntätoiminnot tukevat liityntöjä myös aiempiin Damatic-, Damatic XD- ja Damatic XDi -järjestelmiin.

Suunnittelu- ja ylläpitoaktiiviteetti sisältää suunnittelutietojen tietokannan ja aktiiviteettien suunnitteluun ja muuttamiseen tarkoitettuja työkaluja. Kattavat ylläpityökalut tukevat dokumentinhallintaa, viritystä, itsediagnostiikkaa ja vianmäärittelyä.

eDNA:n avulla Metso Automationin huoltohenkilökunta voi tarjota online-tukipalveluita verkon kautta. Näin taataan paras mahdollinen huoltovasteaika ja huollon laatu. Tähän kuuluvat myös ns. Future Care-palvelut.



Kuva 13 metsoDNA verkon aktiviteettien jakautuminen.

3.1.2 Yleiskatsaus verkon rakenteeseen

metsoDNA:n valvomoverkko on IEEE 802.3 -standardin mukainen Ethernet-verkko, johon OPS, EA ja muut PC-solmut ovat yhteydessä. Prosessi- ja valvomoverkot pystyvät kommunikoimaan NCU(Network Connection Unit)2-kortin kautta. Valvomoverkko tulee erottaa tehtaan normaalista toimistoverkosta. Tällä varmistetaan, ettei toimistoverkossa mahdollisesti esiintyvät ongelmat vaikuta valvomoverkkoon ja päinvastoin.

metsoDNA:n prosessiverkko on deterministinen väylä, jonka päätehtävänä on yhdistää prosessinohjausaktiviteetit luotettavasti toisiinsa. fyysisesti se rakentuu IEEE 802.3 -standardin mukaisista Ethernet-komponenteista, mutta siirtomenetelmä perustuu CSMA/CD:n sijaan deterministiseen vuoronvälitysväylään (token bus). Väylään voidaan kytkeä ainoastaan NCU2-kortteja käyttäviä VME-solmuja. VME-solmujen käyttämä looginen vuoromerkki

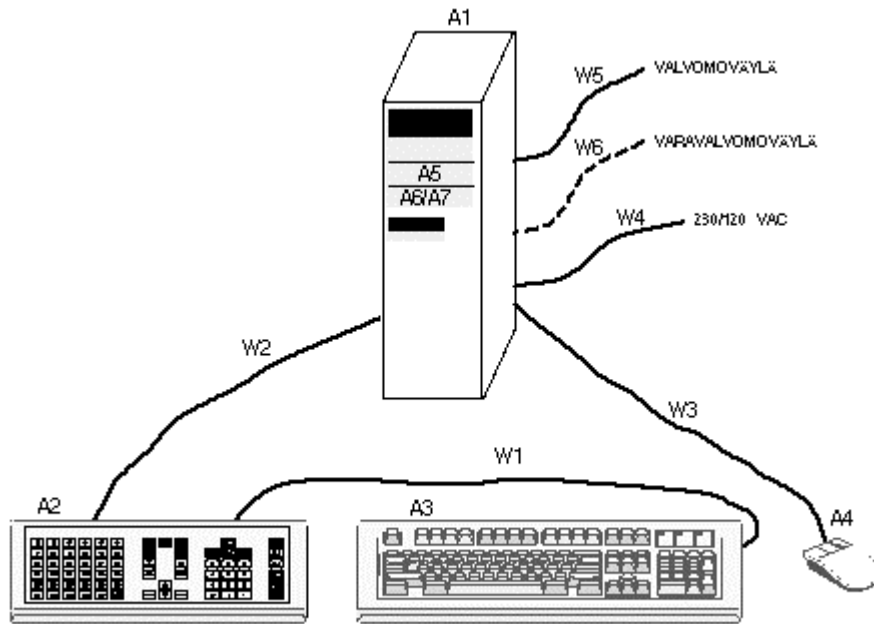
estää väyläliikenteen törmäykset. Sitä käytetään myös kommunikoinnin synkronointiin. Vasteajat voidaan taata. Kullekin annetaan siis samanpituisen aikaviipale kommunikointiin.

Deterministiseen prosessiverkkoon ei saa kytkeä standardia Ethernet-protokollaa käyttävää kytkintä, PC:tä tai muuta päätelaitetta (DTE). Väylän fyysistä pituutta voidaan kuitenkin lisätä käyttämällä standardeja Ethernet-toistimia (toistimet päästävät kaiken liikenteen läpi protokollasta riippumatta). Reitityssolmun (RTS) kautta voidaan yhdistää aliverkkoja toisiinsa.

NCU2-kortin verkkoyhteys muodostetaan NTA2- tai NCA2-kortin kautta. NCA2-kortissa on kaksi BNC-liitintä RG-58 (50 ohmia) -koaksiaalikaapelia varten, kun taas NTA2-kortissa on kaksi TX-liitintä CAT5 kierrettyä parikaapelia varten.

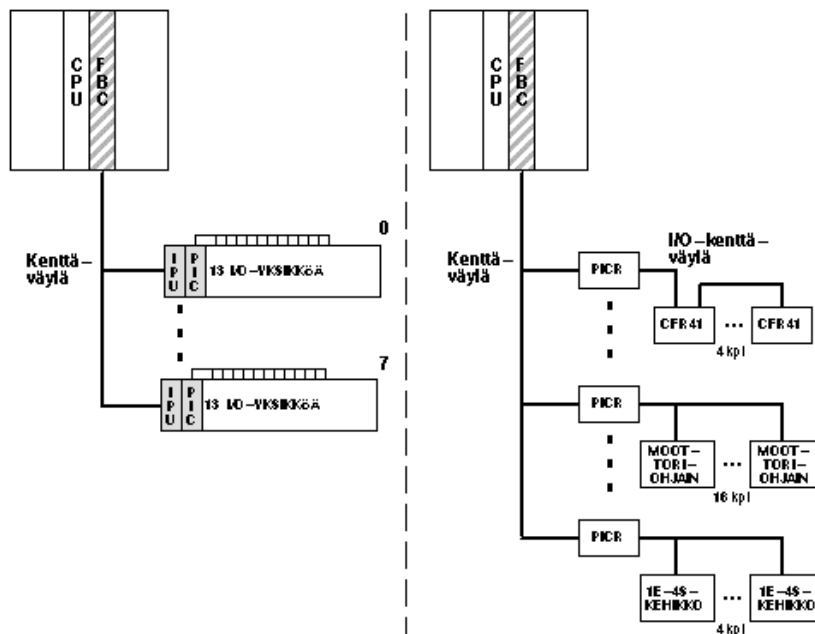
Useimmat solmut voidaan toteuttaa joko VME- tai PC-raudalla. Seuraavassa esitelty solmukohtaisia toteutuksia, joita nykyään useimmiten käytetään. Aikeisempien järjestelmä versioiden(Classic, damatic...) puhuttiin solmujen sijaan asemista. Nykyäänkin asema nimitys on niin vakiintunut että sanaa solmu käytetään harvemmin. Nämä sekoittuvat arkikielessä toisiinsa. Onkin aivan yhtä oikein puhua metsoDNA:n yhteydessä asemista kuin solmuistakin.

OPS-solmut palvelevat prosessia ohjaavia ihmisiä. Niiden kautta operaattori saa tietoa prosessista ja voi antaa ohjauskomentoja prosessiin. Operointinäyttöjä voidaan myös ns. X-yhteyden avulla viedä muihin ulkoisiin verkkoihin. Näin myös operointi talon ulkopuolelta on mahdollista.



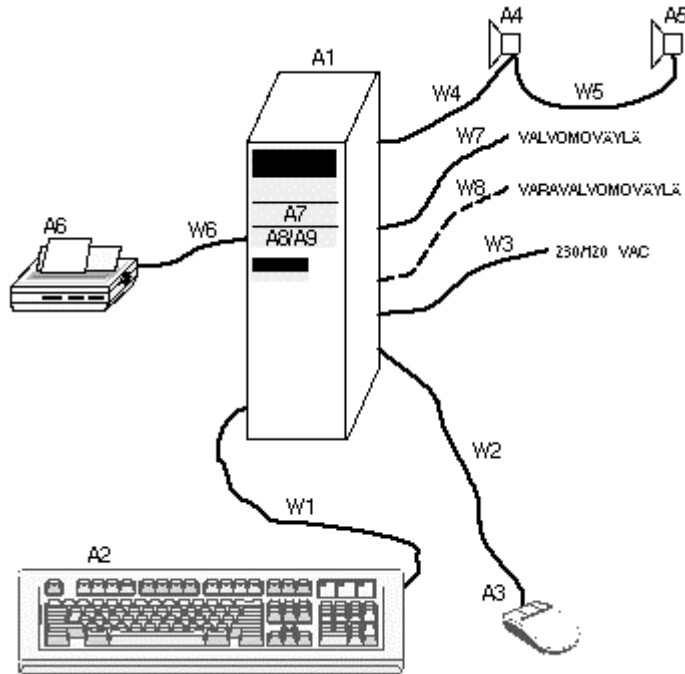
Kuva 14 OPS-solmun rakenne periaate.

PCS-solmujen kautta järjestelmä kytkeytyy ohjattavaan prosessiin. PCS-solmuille ladataan sen ohjaaman prosessin vaatima sovellus. PCS-solmu huolehtii sovellukset suorittamisesta.



Kuva 15 PCS-solmun liityminen PCS-liityntäyksiköihin.

ALP-solmu keraavat tiedot prosessin tapahtunnista ja valittavat ne valvomoon operaattorille. Pitkan ajan halytystiedot voidaan tallettaa informaatiopalvelimen arkistoon.

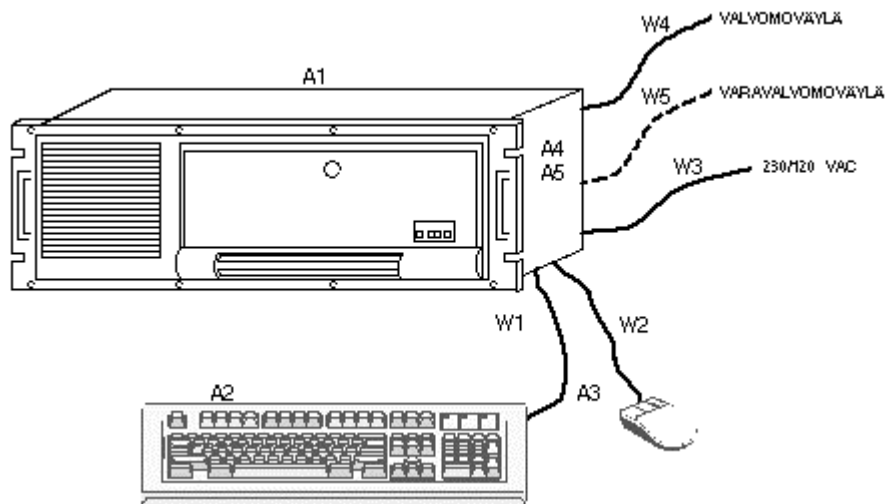


Kuva 16 Solmun rakenneperiaate

DIA-solmu. Vianetsintaa ja järjestelmähuoltoa varten järjestelmässä on diagnostiikka-solmu. Solmu voidaan liittää debuggeripaate ja kirjoitin. Diagnostiikan lisäksi debuggeria voidaan käyttää sovellusten testaukseen.

RTS-solmu koostuu erillisistä 3E-kokoisista pistoyksiköistä. Solmun muodostavat perusmoduuli, keskusyksikkö (CPU) ja väyläohjainyksikkö (NCU2 + NCA2), joiden avulla voidaan kahdesta neljään prosessi-/valvomöylyä liittää toisiinsa. Tiedonsiirron reititys tapahtuu automaattisesti.

BU-solmu rakentuu kehikkomallisesta PC-keskusyksiköstä, joka sisältää näytönohjaimen, kahden kovan levyyn sekä näppäimistö- ja hiiriliittymän.



Kuva 17 19" kehikkomallin PC-keskusyksikkö

Kaikki konfiguraation muutokset ladataan järjestelmän eri solmuille(asemille) online-latauksella järjestelmävyylaan liitetyn varmennusaseman(BU-solmu) kautta. Varmennusaseman levymuisti sisältää jokaisen vyylaan liitetyn aseman konfiguraation. Vikatilanteessa automaattinen varmennustoiminto lataa konfiguraation automaattisesti uudelleen.

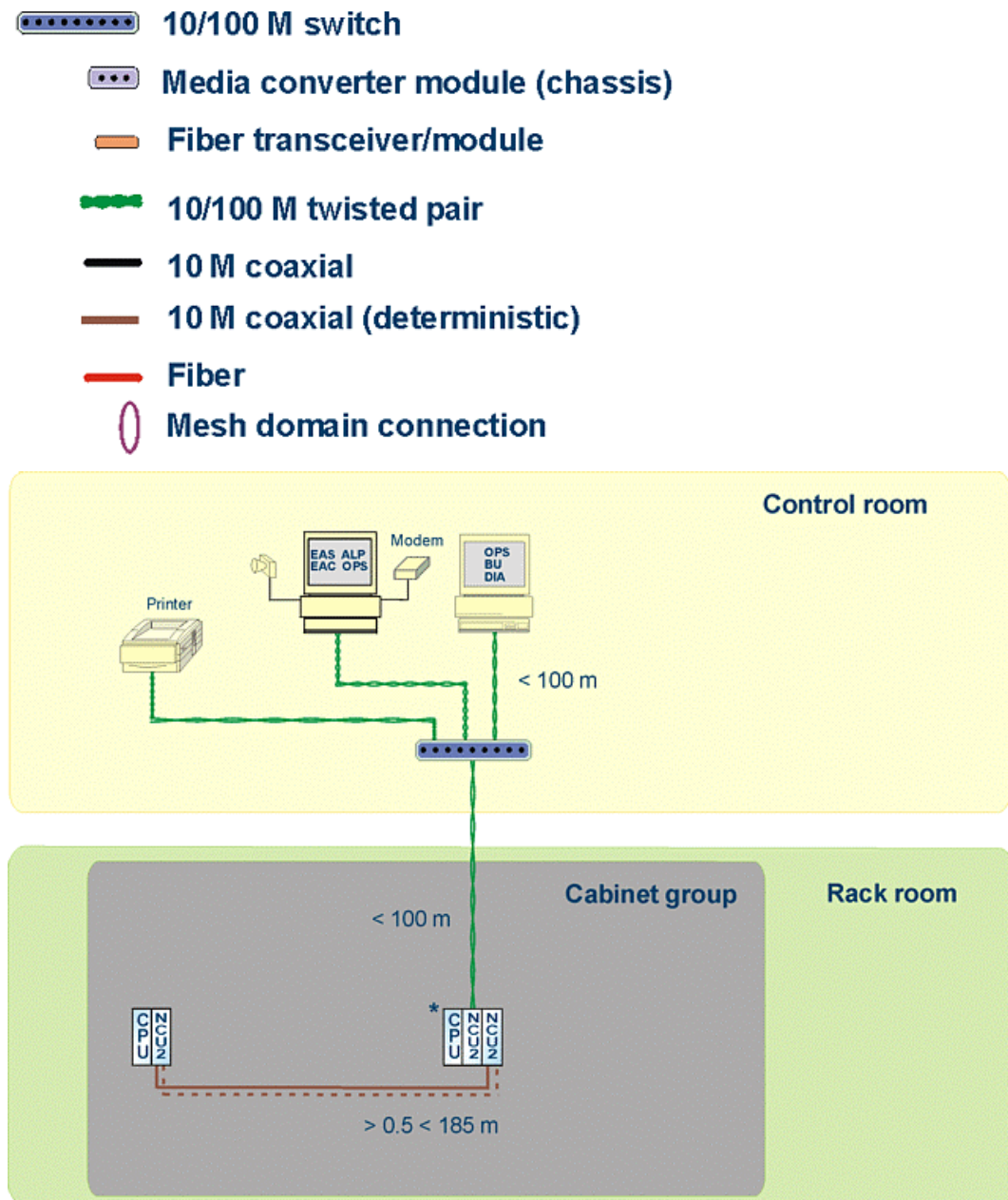
Solmujen vaatimaa raudan yksityiskohtaista tarkastelua ei tässä yhteydessä tehdä. Todetaan vain että VME-rautainen järjestelmä koostuu yleisesti perusmoduuliin sijoitetuista 3E-pistoyksiköistä(kuten CPU, Central Processing Unit) ja muistiyksiköstä DMU. Perusmoduuli sisältää 3E-kehikon, VME-teholähteen (VPU) ja väyläliittynnän(NCU, NCU2). Yhdessä perusmoduulissa on viisi korttipaikkaa, joten siihen mahtuu useita asemia. PC-rauta taas sisältää tyypillisesti PC-keskusyksikön, näppäimistön ja hiiren sekä muita laitteita solmusta/asemasta riippuen.

3.1.3 Pienin mahdollinen metsoDNA-verkko

Tässä kuvataan pienimmän mahdollisen metsoDNA-verkon kaapelointi eikriittisissä (kahdentamattomissa) verkoissa. Samaan solmuun voidaan asentaa useita aktiviteetteja. Suositeltava minimivaatimus kaksi operointipalvelinta/valvomo saavutetaan asentamalla operointipalvelin samaan

solmuun varmennuspalvelimen (BU) ja diagnostiikkapalvelimen (DIA) kanssa. Toinen operointipalvelin on yhteydessä EA-palvelimeen, -clientiin ja ALP-solmuihin. Tästä johtuen EA-palvelin sijaitsee valvomossa. Yli 8 PC:n liikennettä ei suositella ajettavaksi yhden pisteen VME-reitityksen kautta.

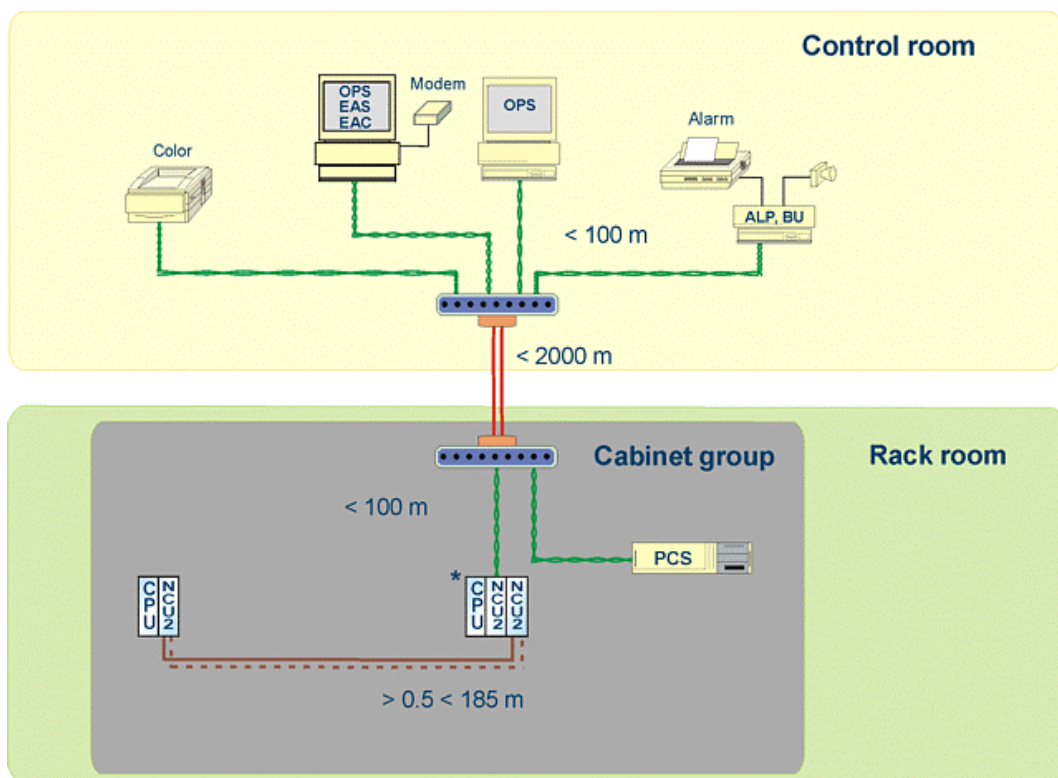
VME-solmussa käytetään kierretyn parin liitinkorttia NTA2. Kaikki laitteet ovat yhteydessä valvomoverkkoon kierretyn parin 10/100 Mb/s-kytkimen (D100392) kautta.



Kuva 18 Esimerkki pienimmästä mahdollisesta metsoDNA-verkosta

Seuraavassa esimerkissä valvomo on kytketty ristikytchentilaan valokuidulla. Tässä esimerkissä on käytetty kahta kuitulinkkiä (optio). Kaksi kuituporttia konfiguroidaan yhteiskäyttämään porttia mahdollistaen 400 Mb/s kaksisuuntaisen läpäisykyvyn kahden kytkimen välillä. Yhteiskäyttöön konfiguroitu (trunked) portti on myös vikaturvallinen; jos jompikumpi linkki vikaantuu, toinen jatkaa tiedonsiirtoa. Kuitua suositellaan käytettäväksi myös lyhyemmillä etäisyyksillä, koska se on immuuni sähkömagneettisille häiriöille. Kytkimen (D100392) liittämiseen kuituun vaaditaan kuitu-tranceiveriä (D100393).

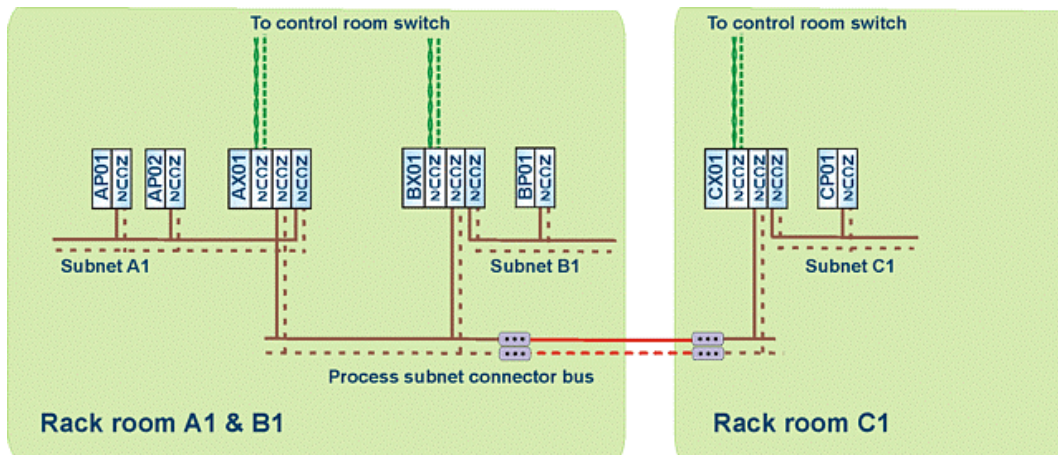
Hälytyskäsittelijä (ALP) ja varmennuspalvelin (BU) sijaitsevat valvomossa. PC-pohjaiset solmut, kuten esimerkin PCS, on sijoitettu ristikytchentättilan kaappeihin. Ristikytchentättilassa sijaitsee myös esimerkkikytkennän toinen kytkin.



Kuva 19 Esimerkki pienimmästä mahdollisesta metsoDNA-verkosta, joka käyttää PC-solmuja ristikytchentättilassa

3.1.4 Aliverkkojen yhdistäminen

Alla oleva kuva esittää VME-prosessiverkkojen yhdistämistä liityntäväylän kautta. Liityntäväylä on erillinen NCU2:n kautta liitetty segmentti, joka yhdistetään toiseen ristikytentätilaan 10 Mb/s esimerkissä kuitulinkkejä käyttäen. Linkkiin voidaan käyttää muunninmoduuleja tai toistimia. Tässä deterministisessä segmentissä ei voida käyttää kytkimiä johtuen protokollaeroista standardiin Ethernetiin verrattuna.



Kuva 20 Joukko VME-prosessialiverkkoja toisiinsa yhdistettynä

Huomaa, että yllä olevassa kuvassa esitetään vain osa jokaisesta aliverkosta valvomosegmenttiin johtavista reitityspisteistä. Jokaisella aliverkolla (A1, B1, C1) on myös varareitityspisteensä.

VME-prosessiverkkojen välinen kytkentä on yleensä toteutettu käyttämällä RTS-solmuja ja tarkoitukseen varattuja NCU2-kortteja aliverkkokytkentään.

Valvomoverkkojen välinen kytkentä on puolestaan toteutettu käyttämällä normaalimoodiporteja kummassakin reunakytkimessä, sillä muuten Switch Meshin viiden peräkkäisen kytkimen rajoituksen ylittäminen saattaa korruptoida verkon liikenteen.

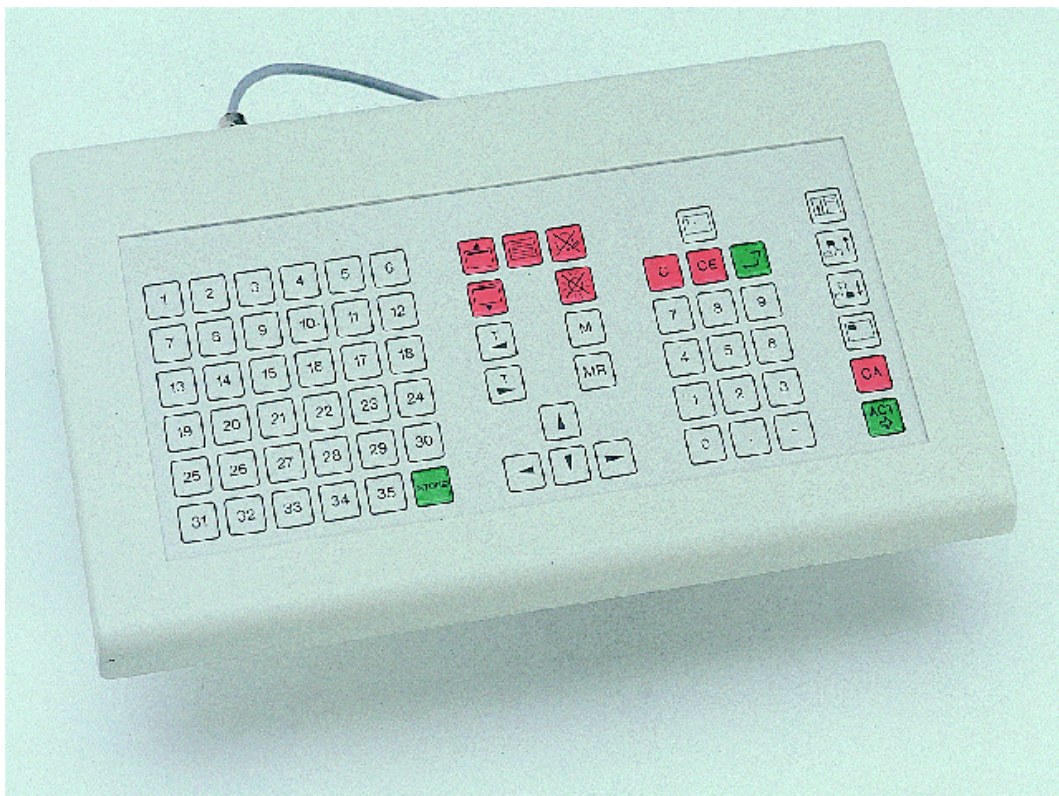
3.2 Valvomolaitteet

Valvomoon kuuluu normaalisti monitorin ja prosessinäppäimistön lisäksi tapahtumakirjoitin, kuvakopiolaite sekä erilaisia lisälaitteita, kuten piirtureita, suurkuvamonitoreita ja prosessikaaviopaneeli. Tapahtumakirjoittimella saadaan tapahtumista paperilistaukset. Kuvakopiolaitteella voidaan ottaa mistä tahansa valvomon monitorin ikkunasta kopio paperille. Prosessinäppäimistön sijasta tai lisäksi voi olla käytössä työase-
man standardinäppäimistö.

Istuimen ja työpisteen mitoitus ovat olennaisen tärkeitä operaattorin viihtyvyyden ja tarkkaavaisuuden ja siten turvallisuuden kannalta.

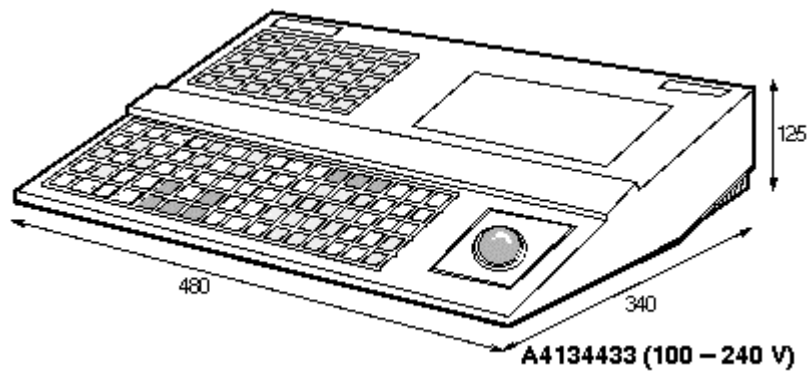
Hyvä istuin on erityisesti valvomotyöskentelyyn suunniteltu, monipuolisesti ja helposti säädettävä työtuoli.

Valvomossa ei fyysisesti ole varsinaista operointiasemaa(OPS-solmua) vaan se on yleensä sijoitettu ristikytkentä tilaan. Valvomoon tuodaan ainoastaan operointipääte ja näyttömonitori. Lisäksi valvomossa tai sen välittömässä läheisyydessä on hälytyskirjoitin ja muita tulostuslaitteita.



Kuva 21 Operointinäppäimistö OKB

XOPS-asemaan liittyvä operointilauta.



Kuva 22 Operointipäätte OPT



Kuva 23 Kolmen monitorin metsoDNA operointipiste.

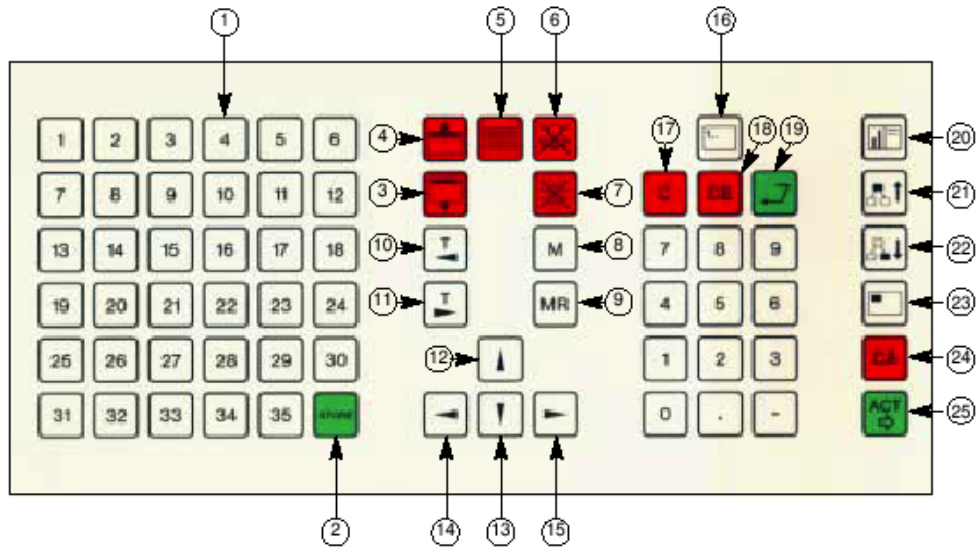
Operointipalvelimella käytetään prosessinäppäimistöä ja/tai työaseman standardinäppäimistöä sekä hiirtä.

Prosessinohjauksikäytössä operointipalvelimella voidaan tehdä kaikki nelesDNA:n operoinnit. Myös piiriikkunat saadaan omalla ikkunallaan monitorille. Prosessinohjauksikäytössä työasema voi olla valvomon pääte tai kentälle sijoitettuna ympäristösietoinen paikallinen ohjauspaikka.

Prosessinäppäimistö

Prosessinäppäimistö sisältää kaikki tavalliset operointimahdollisuudet: kuvien suora-valinnat, numeroiden syöttö, hälytyksiin liittyvät toiminnot, piiri-ikkunan avaaminen, tarkemman ja yleisemmän kuvan valinnan, monitori-ikkunan avaaminen jne.

Useimmat prosessinäppäimistön toiminnot saadaan helpommin aikaiseksi hiiren ja monitorille ilmestyvien valikoiden kautta. Tästä syystä tämän dokumentin operoinneista kertovassa osuudessa on esitetty ensisijaisesti hiirellä aikaan saatavat toiminnot.



Kuvan suoravalintanäppäimet

- 1 Kuvan suoravalintanäppäimet 35 kuvalle
- 2 Kuvan talletusnäppäin

Hälytysnäppäimet

- 3 Tapahtumaan liittyvän kuvan ja piirin valinta sekä ylönn hälytysalueen tapahtumien selaus uudempiin tapahtumiin päin
- 4 Tapahtumaan liittyvän kuvan ja piirin valinta sekä ylönn hälytysalueen tapahtumien selaus vanhempiin tapahtumiin päin
- 5 Hälytyslistan suoravalinta
- 6 Hälytysäänen kuittaus
- 7 Hälytyksen kuittaus

Muistinäppäimet

- 8 Monitorilla olevan kuvan talletus muistiin
- 9 Kuvan pyyntö muistista monitorille

Ajallisen kuvajonon selailunäppäimet

- 10 Selaus aiemmin valittuihin kuviin päin
- 11 Selaus myöhemmin valittuihin kuviin päin

Selailunäppäimet

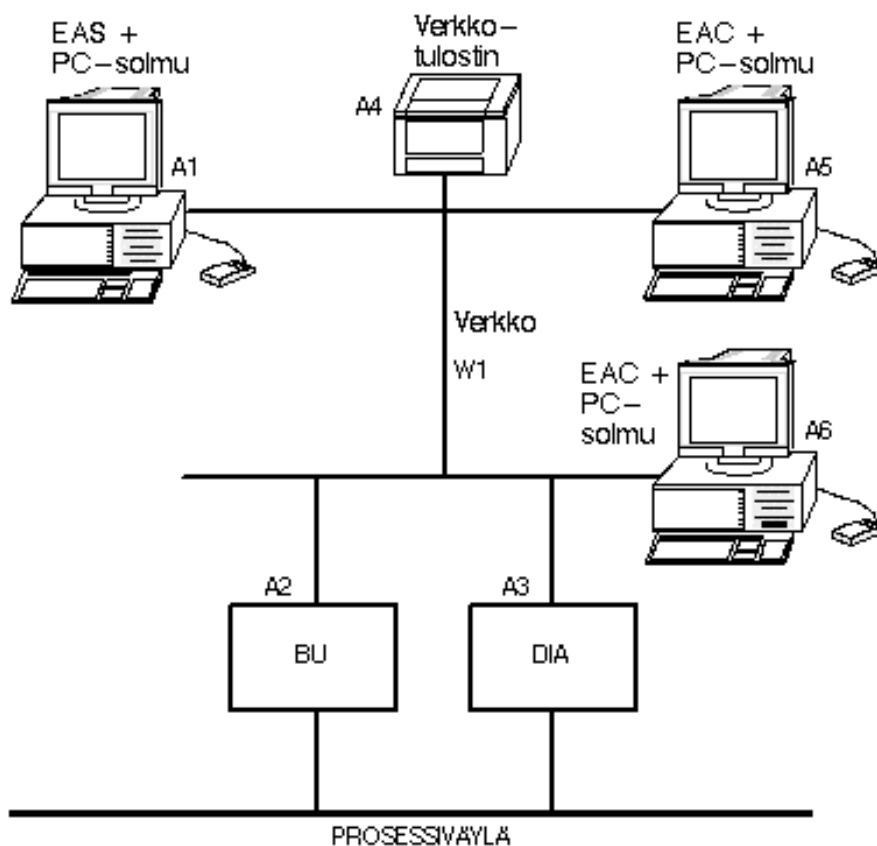
- 12 Tapahtumalistan selaus vanhempiin tapahtumiin päin
- 13 Tapahtumalistan selaus uudempiin tapahtumiin päin
- 14 Kuvien selaus hierarkiassa edellisiin kuviin päin
- 15 Kuvien selaus hierarkiassa seuraaviin kuviin päin

Muita näppäimiä

- 16 Kuvan valinta numerolla.
- 17 Koko syötteen poisto
- 18 Syötteen viimeisen merkin poisto
- 19 Syötön päättäminen
- 20 Piirin poiminta piiri-ikkunaan
Kohdistimella osoitettuun kohteeseen liittyvän piirin poimiminen piiri-ikkunaan. Sama toiminto voidaan tehdä painamalla hiiren oikean puoleinen näppäin alas ja valitsemalla tulostuvasta toimintovalikosta komento Piiri-ikkuna.
- 21 Yleisemmän kuvan valinta
Yleisemmän kuvan valintänäppäin, jonka avulla siirrytään ylemmälle hierarkiatasolle
- 22 Yksityiskohtaisemman (tarkemman) kuvan valinta
Nykyisen kuvan yksityiskohtaisemman kuvan valintänäppäin. Tämän näppäimen toiminta on määriteltävissä konfiguroinnin yhteydessä kullekin kuvalle erikseen. Sama toiminto saadaan aikaiseksi näpäyttämällä hiiren oikean puoleista näppäintä näppäimistön Shift-näppäimen ollessa alas painettuna.
- 23 Monitori-ikkunan avaaminen
Kohdistimella osoitettuun kohteeseen liittyvän monitori-ikkunan poimiminen. Sama toiminto saadaan aikaiseksi näpäyttämällä hiiren vasemman puoleista näppäintä näppäimistön Shift-näppäimen ollessa alas painettuna.
- 24 Aloitetun operoinnin keskeytyspainike
- 25 Aktivointinäppäin
Aktivointinäppäimellä aloitetaan monitorioperointi (esim. pumpun käynnistys ja asetusarvon syöttö). Tavallisempaa on kuitenkin käyttää hiiren vasemman puoleista näppäintä aktivointiin.

3.3 Suunnittelu- ja ylläpitoaktiviteetin (EA) ympäristö

EA-ympäristö muodostuu Engineering and Maintenance Activity Server - palvelimesta (EAS) ja tarvittaessa yhdestä tai useammasta Engineering and Maintenance Activity Client -työasemasta (EAC) ja niitä yhdistävästä verkosta. EAS asennetaan Windows NT Server- tai Windows NT Workstation -pohjaiseen PC-solmuun. EAC asennetaan Windows NT Workstation -pohjaiseen PC-solmuun. Jos EAS ei sisällä suunnittelutyökaluja, niin tällöin pitää olla vähintään yksi EAC, joka sisältää tarvittavat suunnittelutyökalut. Ympäristöön voidaan lisäksi liittää oheislaitteita, modeemeita ja sähkönsyötön varmennuslaitteita. PC-solmu sijoitetaan valvomoon, ristikytkentätilaan tai muuhun ympäristövaatimukset täyttävään paikkaan. EAS yhdistetään BU-solmuun ja DIA-solmuun, jotka voivat olla joko VME- tai PC-pohjaisia. Mikäli PC-solmu sijoitetaan paikkaan, jossa esiintyy värinää, niin keskusyksikön alla käytetään värinäeristintä.

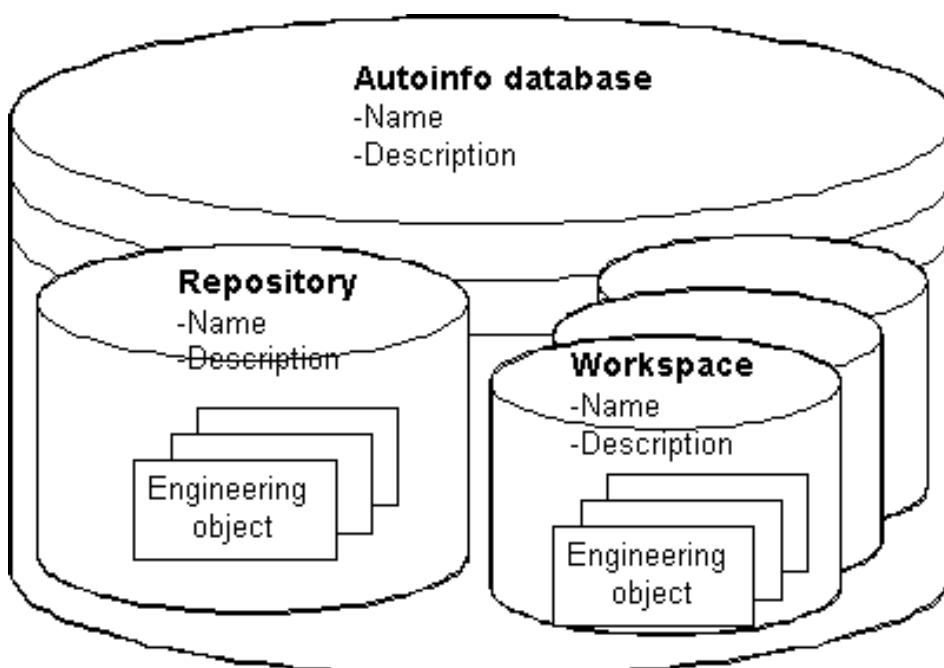


Kuva 24 EA-ympäristö.

Suunnittelu-ympäristö koostuu tyypillisesti yhdestä varsinaisesta EAS(Engineering Activity Server) työasemasta ja useammasta EAC(Engineering Activity Client) työasemasta. EAC-koneisiin on asennettu ns. Client työkalut joilla suunnittelija voi käyttää EAS-koneen autointietokantaa.

Autointietokanta on suunnittelujärjestelmän sovellusten yhteinen suunnittelutietokanta ja se huolehtii autointomallinnuksen tuloksena syntyvän mallin tallennuksesta pysyvästi. Yhden kokonaisuuden, esimerkiksi paperikoneen automaation malli rakennetaan ja tallennetaan tavallisesti yhteen autointietokantaan.

Autointietokanta koostuu useista erillisistä tietovarastoista, yhdestä makasiinista ja useista työtiloista. Autointomalli ryhmitellään ja paketoidaan suunnitteluolioiksi ja suunnitteluoliot tallennetaan pysyvästi autointietokannan tietovarastoihin. Mallin osia työstetään tavallisesti työtiloissa ja valmiit osat integroidaan makasiiniin rakentuvaan kokonaismalliin.

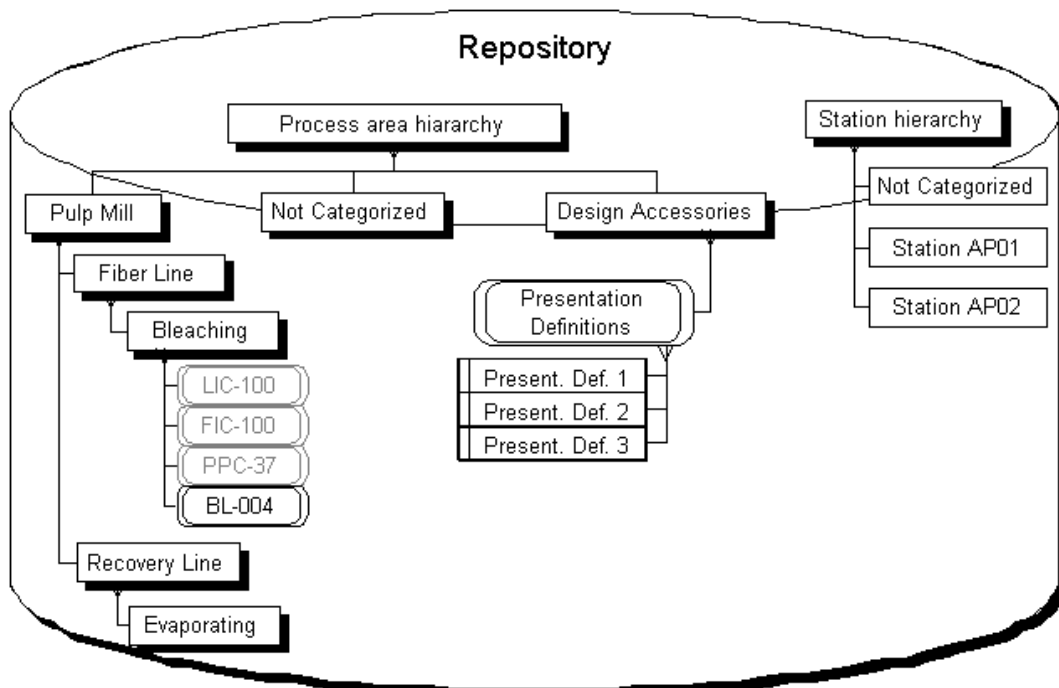


Kuva 25 Kaavio autointietokannasta, jossa on neljä tietovarastoa, yksi makasiini ja kolme työtilaa. Kussakin tietovarastossa on joukko suunnitteluolioita, kuten asemia, prosessialueita ja autointoimintoja.

Tietovarastoihin tallennetaan kaikki suunnitteluoliot, kuten autoinfoiminnot, prosessialueet ja asemat, joista autoinfoimalli koostuu. Erilaisilla tietovarastoilla, kuten makasiini ja työtilat, ryhmitellään autoinfotietokannan sisältö suunnittelutyön eri vaiheissa sopiviin kokonaisuuksiin.

Makasiini(Repository) on tietovarasto, joka sisältää suunnitteluolioita. Makasiini vastaa monilta osin Damatic XDi DES:in arkistoa. Se on kuitenkin toiminnaltaan dynamisempi. Makasiinissa voi esimerkiksi muokata suunnittelutietoa toisin kuin Damatic XDi DES:in arkistossa. Makasiini toimii loppukäyttäjien yhteisenä tietovarastona. Autoinfotietokannassa voi olla vain yksi makasiini.

Työtila(Workspace) on tietovarasto, joka sisältää suunnitteluolioita. Se vastaa Damatic XDi DES:in työpöytää. Yhdessä autoinfotietokannassa voi olla yksi tai useampia työtiloja. Työtiloissa eivät kaikki makasiinissa käytettävät toiminnot ole mahdollisia. Autoinfotietokannassa on aina vähintään yksi suunnittelujärjestelmän itsensä luoma työtila, jonka nimi on "Default Workspace" (suomeksi "Oletustyötila"). Suunnittelija voi luoda uusia työtiloja, joiden nimet hän antaa luonnissa. Työtilan luonnin jälkeen sen nimeä ei voi muuttaa.



Kuva 26 Suunnittelukirjastona toimii suunnittelutarvikkeet-prosessialue (Design Accessories), jossa olevaan esitysmäärittely-autoinfoimintoon (Presentation Definitions) on liitetty kaikki yleiset esitysmäärittelyt. Kuvassa näkyy myös joukko muita esimääriteltyjä olioita, kuten Not Categorized -prosessialue ja Not Categorized -asema

3.3.1 Toimintaselain (Function Explorer)

Automaatiosuunnittelun tavoitteena on suunnitella kohteena olevan laitoksen

- automaation instrumentointi
- automaation sähköistys
- automaatioverkko (solmut jne)
- sovellus

metsoDNA:n suunnittelu- ja ylläpitoaktiiviteetti (EA, Engineering and Maintenance Activity) tukee kaikkia edellä mainittuja automaatiosuunnittelun osa-alueita.

Toimintaselain (Function Explorer) on suunnittelutyökalu, joka on tarkoitettu tukemaan ensisijaisesti sovelluksen suunnittelun ja ylläpidon osa-alueita. Sovelluksen suunnittelua ja ylläpitoa tukee myös joukko muita EA:n työkaluja.

Sovelluksen suunnittelu on sovelluksen mallin rakentamista suunnitteluympäristön [autoinfotietokannassa](#). Rakentamasi mallin perusteella EA tuottaa sovelluksen, jonka lataat metsoDNA:n ajoympäristöön. Ajoympäristö puolestaan ohjaa prosessia prosessilaitteiston kautta. Suunnittelu tuottaa kaikki ajoympäristön eri aktiiviteeteille ladattavat sovellukset, esimerkiksi

- Säätoaktiiviteetin (CA, Controls Activity) sovellus
- Operointiaktiiviteetin (OA, Operations Activity) sovellus
- Informaationhallinta-aktiiviteetin (IA, Information Management Activity) sovellus
- jne.

Toimintoselaimen käyttö perustuu toimintoselaimen [pääikkunassa](#) käytettävien erityyppisten jäsentelijöiden käyttöön. Jäsentelijöiden avulla luot kohteena olevan

laitoksen prosessialueet ja paketit sekä allokoit autoinfoiminnot prosessialueille ja paketteihin.

Jäsentelijöitä on kolmea eri tyyppiä:

- [prosessialuejäsentelijä](#), jonka avulla luot kohteena olevan laitoksen prosessialuehierarkian ja allokoit autoinfoiminnot prosessialueille
- [pakettijäsentelijä](#), jonka avulla luot kohteena olevan laitoksen paketit (pakettihierarkian) ja allokoit autoinfoiminnot paketteihin
- [listajäsentelijä](#), joka ei varsinaisesti ole jäsentelijä, vaan nimensä mukaan lista tietyn tietovaraston autoinfoiminnoista ilman mitään erityistä jäsentelyä

3.3.1.1 Arvojen muokkaustoiminnot

Suunnitteluolioiden attribuuttien sekä toiminto- ja suunnittelujäsenien arvot esität ja muokkaat siten, että valitset jäsentelijässä tietyn olion ja annat joko valikkopalkista tai ponnahdusvalikosta komennon

[Edit -> Properties](#), mikäli valittuna on vain yksi suunnitteluolio.

[Display in Sheet](#) (taulukko), mikäli valittuna on yksi tai useampi suunnitteluolio.

Avaat [toimintopuun](#) (Function tree) konfigurointitoiminnon ja valitset sieltä yhden konfigurointialkion. Napsauttamalla hiiren vasenta näppäintä kahdesti saat auki Properties-dialogin.

Toimintonselain avaa tämän jälkeen joko dialogin tai taulukkoikkunan, joka esittää kyseisen suunnitteluolion tiedot. Mikäli haluat muokata olion tietoja, pitää sinun ensin varata suunnitteluolio. Varauksen teet Properties-dialogin tapauksessa napsauttamalla Properties-dialogin Edit-painiketta ja taulukon osalta valitsemalla valikosta Edit -> Edit Selected/All. Varauksella estetään varatun olion samanaikainen muokkaus muilla suunnittelutyökaluilla. Kun napsautat muokkauksen loputtua joko OK/Save (tallentaen muutokset) tai Cancel/Close -> Close Without saving (peruen muutokset), vapautuu suunnitteluolio eli sen voi tämän jälkeen varata uudelleen.

Hakutoiminnon avulla löydettyjä olioita voit muokata vastaavasti.

3.3.1.2 Graafinen muokkaus

Seuraavat graafiset suunnittelutyökalut ovat käynnistettävissä toimintoseleistä valitulle suunnitteluoliolle:

- FbCAD toimilohkokaavioille
- SeqCAD sekvenssikaavioille
- GdCAD kaaviokuvaan
- tekstieditori automaatiokielistä konfigurointitoiminnoille.

Suunnittelutyökalun käynnistät niin, että kohdistat ensin suunnitteluolion jäsentelijässä ja sen jälkeen annat joko valikkopalkista tai ponnahdusvalikosta Open-komennon, joka käynnistää vastaavan työkalun.

3.3.1.3 Tarkastus ja lataus metsoDNA:n ajoympäristöön

Toimintoseleistä voit tarkastaa suunnitteluolion ajoympäristökelpoisuuden ja ladata sen ajoympäristöön [Check](#)- ja [Online](#)-komennoilla.

Tarkasta (Check)

Toiminnolla voit tarkastaa valitsemasi autoinfoiminnon metsoDNA-kelpoisuuden, esimerkiksi syntaksin ja tunnukset.

1. Valitse yksi tai useampi autoinfoiminto tai yksittäinen paketti joko jäsentelijästä tai haun tuloslistalta
2. Anna valikkopalkista komento Tools -> Check tai ponnahdusvalikosta Check.

3. Check -komennon antamisen jälkeen toimintonselain varaa valitut autoinfoiminnot ja avaa seuraavan dialogin, josta voit tehdä haluamasi tarkastuslaajuuden valinnan:

4. OK-painikkeen napsautuksen jälkeen ohjelma tarkastaa autoinfoiminnot. Tarkastuksen tulokset ovat luettavissa lokista valikkopalkin View -> Check log -komennolla.

Kaikkien ajoympäristöön ladattavien autoinfoiminnot tulee olla vähintään sisäisesti, tunnus- ja IO-osoitetarkastettuja. metsoDNA-lataustoiminto suorittaa tarkastuksen automaattisesti, ellei sitä ole suoritettu.

Modulaarinen lataus (Modular load)

Modulaarinen lataus lataa autoinfotietokannasta yksittäin valitut autoinfoiminnot ajoympäristön sovelluspalvelimelle ja haluttaessa myös varmennuspalvelimelle (BU:lle) ja korvaa niissä mahdollisesti ennestään olevat samatunnuksiset autoinfoiminnot. Modulaarisen latauksen komennot ovat seuraavat:

Lisää (Add)

Lisää-komento lataa konfigurointitoiminnon autoinfotietokannasta ajoympäristöön sovelluspalvelimelle, jos sovelluspalvelimella ei sitä ennestään ole.

Korvaa (Replace)

Huom ! Tämän toiminnon nimi oli "Update" (Päivitä) nelesDNA EA 1.1 ja sitä vanhemmissa versioissa.

Korvaa-komento lataa muutetun konfigurointitoiminnon autoinfotietokannasta ajoympäristöön sovelluspalvelimelle niin, että vanha ajoympäristössä ennestään oleva samatunnuksinen konfigurointitoiminto ensin poistetaan ja uusi versio ladataan sen tilalle. Ladattu konfigurointitoiminto lähtee suoritukseen autoinfotietokannasta peräisin olevilla konfigurointialkuarvoilla, mikä tarkoittaa mm. sitä, että säätimet ja moottorit ovat käsiajolla.

Päivitä (Update)

Huom ! Tätä toimintoa vastaavan toiminnon nimi oli "Compare_and_update" (Vertaile_ ja_päivitä) Damatic XDi:ssä.

Päivitä-komento lataa muutetun konfigurointitoiminnon (toistaiseksi vain jatkuvan säädön tai sekvenssiohjauksen) autoinfotietokannasta ajoympäristöön sovelluspalvelimelle niin, että se mahdollisimman vähän aiheuttaa häiriötä ohjattavalle prosessille. Mahdollisimman vähän häiriötä tarkoittaa mm. seuraavia seikkoja:

- Sovelluspalvelimilla olevat säätimet ja toimilaitteet säilyttävät päivityksessä ajoaikaiset parametriarvonsa kuten käsi/automaatti-ohjaustilansa, viritysarvonsa, asetusarvonsa, hälytysrajansa, lukitusrajansa jne. kaikkien niiden parametrien osalta, joita ei autoinfotietokannassa ole muutettu konfigurointitoiminnon edelliseen, sovelluspalvelimella olevaan versioon nähden.
- Sovelluspalvelimilla olevien konfigurointitoimintojen tuloissa esiintyy päivityksen yhteydessä vain konfigurointitoimintojen välisen tiedonsiirron toimittamia arvoja eikä esim. konfigurointi- tai tyyppialkuarvoja.
- Konfigurointitoimintojen suoritus sovelluspalvelimilla keskeytyy päivityksessä mahdollisimman vähäksi aikaa.
- Konfigurointitoimintojen välinen tiedonsiirto sovelluspalvelimilla keskeytyy päivityksessä mahdollisimman lyhyeksi aikaa.

Päivitä-komento edellyttää, että autoinfotietokannassa on tallessa kopio ajoympäristössä suorituksessa olevasta konfigurointitoiminnosta. EA tuottaa ja ylläpitää automaattisesti tarvittavat kopiot (*huom. Damatic XDi:ssä käyttäjän piti itse huolehtia kopioista !*).

Poista (Delete)

Poista-komento poistaa konfigurointitoiminnon ajoympäristöstä sovelluspalvelimelta.

3.3.1.4 Hakutoiminto

Jäsentelijät tarjoavat tehokkaan tavan löytää haluttu autoinfoiminto tai sen jokin konfigurointitoiminto tai konfigurointialkio, mikäli hakunäkökulmasi on esimerkiksi tietyllä prosessialueella tai tietyssä paketissa oleva autoinfoiminto. Jos haluat etsiä esimerkiksi autoinfoimintoa tai toimilohkoa joillakin muilla kriteereillä, esimerkiksi tiedät tunnuksen, mutta et tiedä sen prosessialue- tai pakettijäsenyyksestä tai haluat etsiä suunnitteluolioita vaikkapa muutosajan

perusteella, niin tällöin sinun kannattaa käyttää toimintohelaimen [hakutoimintoa](#). Hakutoiminto käynnistyy valikkopalkin Tools -> Search -komennolla.

3.3.1.5 Raportointi, tulostus kirjoittimelle

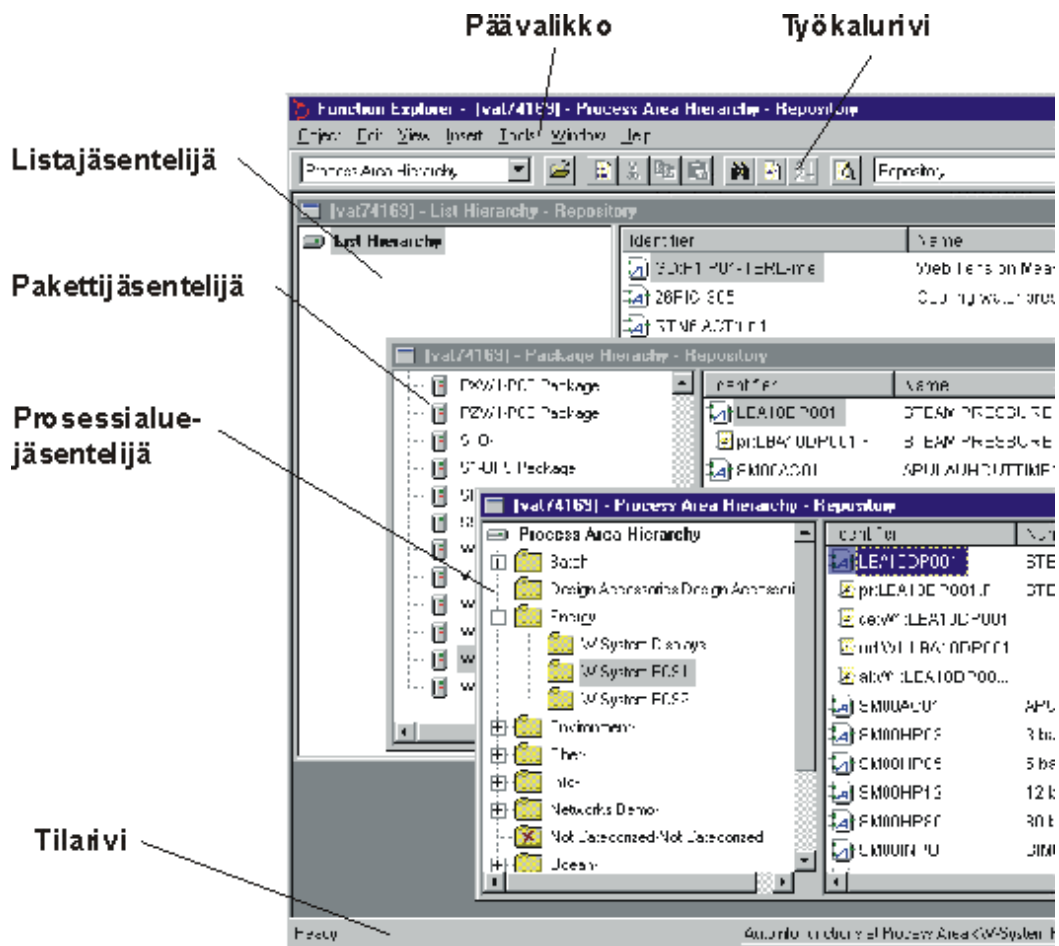
Toimintohelaimella voit tulostaa kaikkien autoinfoimintojen graafiset esitykset (esimerkiksi FbCAD-kuvat). Valitse jäsentelijässä joukko autoinfoimintoja ja anna valikkopalkista komento Object -> Print.

Toimintohelaimen ei sisällä varsinaisia autoinfotietokantaan liittyviä raportointiominaisuuksia. Voit kuitenkin ottaa taulukkoon (Display in Sheet) esille esimerkiksi joukon autoinfoimintoja ja kopioida niiden tiedot leikepöydän kautta esimerkiksi johonkin toimistosovellukseen ja sen kautta tulostaa valitut tiedot.

3.3.1.6 Käyttöliittymä

Autoinfotietokannan sisältöä voit katsella ja muokata toimintohelaimen pääikkunan sisälle avattavilla jäsentelijäikkunoilla, joita ovat

- [listajäsentelijä](#) esittäen valitun tietovaraston autoinfoiminnot ilman jäsentelyä eli kaikki yhdellä listalla.
- [pakettijäsentelijä](#) esittäen valitun tietovaraston autoinfoimintoja paketin mukaan jäseneltynä
- [prosessialuejäsentelijä](#) esittäen valitun tietovaraston autoinfoimintoja prosessialueen mukaan jäseneltynä



Kuva 27 Käyttöliittymän osat.

Pakettijäsentelijä esittää valitun [autoinfotietokannan paketit](#) sekä [tietovarastoittain](#) paketteihin allokoituidet [autoinfotoinnot](#).

Pakettijäsentelijän avulla voit mm.

- muokata pakettihierarkiaa
 - [lisätä](#) paketteja pakettihierarkian juureen
 - [katsella](#) paketin omia tietoja
 - [poistaa](#) paketteja
- [muuttaa](#) autoinfotoinnin tai (tiettyjen) upotettujen konfigurointitoimintojen pakettia
- [katsella, muokata](#) ja [poistaa](#) tietovaraston autoinfotoinnitoja
- tarkastella autoinfotoinnin sisäistä jäsentymistä konfigurointitoimintoihin ja [konfigurointialkioihin](#)
- [muokata](#) konfigurointialkioiden arvoja

Myös lista- ja prosessialue jäsentelijällä voi tehdä vastaavat toimenpiteet.

3.3.2 Suunnittelu-työkalut

Tärkeimmät metsoDNA järjestelmän työkaluista ovat ACAD-pohjaisia graafisia suunnittelutyökaluja (FbCad, GdCad, HwCad...jne.). Isommissa projekteissa käytetään myös tietokantapohjaisia suunnittelimenetelmiä (ALMA, ExGen...).

FbCAD-työkalua käytetään EA Server -palvelimella tai EA Client -työasemassa sekä osittaisilla toiminnoilla itsenäisessä Windows NT -pohjaisessa työasemassa (stand alone työasema).

FbCADilla suunnitellaan toimilohkokaavioita eli metsoDNA:n ohjaaman prosessin säätöön ja ohjauksiin liittyviä säätöpiirejä. Toimilohkokaaviot koostuvat konfigurointitoiminnoista, joita ovat mm. PCS:n jatkuvat säädöt, I/O-toiminnot ja kaaviolamppuohjaukset sekä valvomon positio-, operointi- ja tapahtumatoiminnot ja informaationhallinta-aktiiviteetin historiatoiminnot.

Toimilohkokaaviot konfigurointitoimintoihin tallennetaan EA Server -palvelimella sijaitsevaan autointotietokantaan, josta ne saadaan haluttaessa esille FbCADin näytölle tai kirjoittimelle. Ne voidaan ottaa kannasta myös toimintoselaimella katsottavaksi ja muutettavaksi.

FbCADilla tehtävä toimilohkokaavio on samalla sekä ajoympäristöön ladattava sovellus että sen graafinen dokumentti. Tämä varmistaa sen, että sovelluksen dokumentaatio pysyy muutoksia tehdessä aina ajan tasalla.

SeqCAD-työkalussa sekvenssiohjelma esitetään paljolti IEC:n esitystavan mukaisesti. Seuraavalla sivulla on esitetty punnitusprosessin ensimmäinen askel laadittuna SeqCAD-työkalulla.

Automaatiomodulin keskellä kulkee sekvenssin askelrakenne ylhäältä alaspäin. Askelrakenteen oikealla puolella ovat askeleeseen liittyvät toimenpidetoimilohkot ja vastaavasti vasemmalla puolella ovat ehtotoimilohkot.

Lisäksi automaatiomodulissa on symbolit muita generoitavia moduuleja varten (positio-, operointinäyttö-, tapahtuma- sekä askelkuvamoduuleille).

GdCAD-työkalua käytetään EA Server -palvelimella tai EA Client -työasemassa sekä osittaisilla toiminnoilla itsenäisessä Windows NT -pohjaisessa työasemassa (stand alone työasema).

GdCADilla suunnitellaan nelesDNA-valvomon kaaviokuvia. Työkalu tuntee kaikki kaavionäyttötoimilohkot ja lisäksi sillä voidaan suunnitella staattista grafiikkaa. Käyttäjä voi muokata syötettyjä toimilohkoja sekä muokata grafiikkaa ja tehdä omia grafiikkasymboleita suunnittelun nopeuttamiseksi.

Samalla kun nelesDNA konfiguroidaan muodostuvat konfiguraation dokumentit, jolloin ohjelmisto ja siihen liittyvät dokumentit ovat aina ajantasalla. Dokumentit tallennetaan syntyvän konfiguraation mukana EA Server-palvelimen makasiiniin, josta ne on saatavissa halutessa esille joko näytölle tai kirjoittimelle

WinTREND-työkalu on Windows-ympäristössä toimiva Omnis 7 - tietokantaohjelmiston päälle rakennettu suunnittelutyökalu. Sen avulla voidaan suunnitella ja generoida nelesDNA:n trendinäyttömoduuleja ja näyttöihin liittyviä historiamoduuleja sekä piirturinäyttöjä. Tällä työkalulla voidaan tehdä sekä Trend Xtr-tyyppisiä näyttö- ja historiamoduuleja. WinTRENDin WinREC-osuudella suunnitellaan piirturinäyttöjä.

HwCAD tarjoaa suunnittelijalle havainnollisen ja tehokkaan graafisen työympäristön nelesDNA:n kokoonpano- ja layout-suunnittelulle.

Ohjelma on dokumentointiohjelma, joka sisältää mallidokumentit ja laitteiston mukaiset symbolit. Ohjelma on tarkoitettu laitteiston dokumenttien ylläpitoon. Dokumentit tallennetaan EA Server -palvelimen tai EA Client -työaseman levyille hakemistoon, josta ne on saatavissa halutessa esille joko näytölle tai kirjoittimelle. Dokumenttia ei voida tallentaa makasiiniin tai työtiloihin.

CdCAD on dokumentointiohjelma, jonka avulla tehdään ja suunnitellaan säätökaavioita käyttäen hyväksi standardin DIN 19227 Teil 2 mukaisia symboleja.

LgCAD on dokumentointiohjelma, jonka avulla suunnitellaan ja dokumentoidaan loogisia toimintakaavioita. LgCAD on erillinen ohjelma, joka lisää CdCADin valikoihin sellaisia ominaisuuksia, joita pelkässä CdCADissa ei ole.

Tietokantojen käyttö suunnittelutyössä hyödylliseksi kun projektissa joudutaan tekemään useita saman toimintaperiaatteen omaavia piirejä, joissa esim. ainoastaan I/O-tiedot muuttuvat. Tällöin tietokantoihin syötettyihin tietoihin liitetään ns. malli/generointi-piirejä, joihin merkitty kutakin tietokannan osaa tarkoittava ankkuri. Ankkurin perusteella liitosohjelma osaa syöttää mallipiireihin halutut tiedot.

3.3.3 Automaatiokieli (Hiltunen 2000)

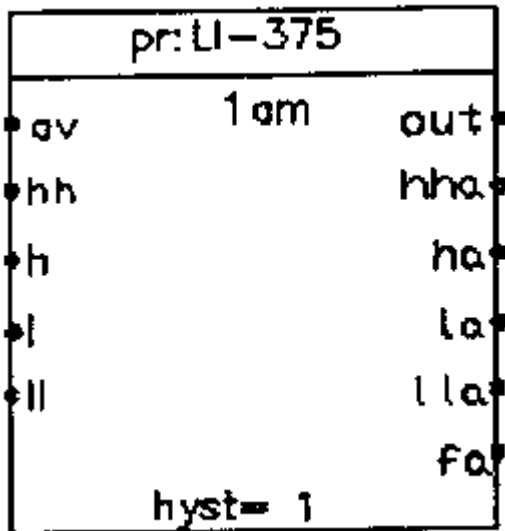
Automaatiokielellä määritellän automaatiojärjestelmän toiminta eli sillä kuvataan automaatiojärjestelmän sovellusohjelma. Kielen perustana on kytkentätyyppinen toimilohkoihin ja monipuolisiin tyypeihin tukeutuva kieli, jota voidaan laajentaa esimerkiksi lausekemuotoisella esitystavalla laskennalle, logiikalle ja vertailuille sekä grafiikan lausekielisellä esitystavalla. Automaatiokielen tavoitteena on luoda selkeä ja looginen malli automaatiojärjestelmästä ja sen konfigurointitiedoista sovellussuunnittelijalle. Koska kielen sovellusalue on rajoitettu, se kykenee tukemaan kielen käyttäjää merkittävästi. Sillä voidaan saavuttaa automaatio suunnittelussa huomattavasti suurempi tehokkuus kuin käyttämällä yleisiä ohjelmointikieliä (lausekieliä kuten C, FORTRAN, PASCAL jne.). Ohjelmointivirheitä syntyy graafisessa kuvauskielessä lausekieltä vähemmän ja se on helpompi ja nopeampi oppia. Automaatiokieli on tyyppitetty kieli, jolloin kytkettävän tiedon ja ko. tietoon kytkeytyvän tiedon tyyppi on oltava sama. Tyypit jaetaan useaan eri tyyppiin, joista tärkeimmät ovat:

toimilohkotyyppit eli toimilohkot ja

tietotyyppit.

Toimilohkotyyppit eli toimilohkot ovat jonkin toiminnan. esim. säädön, analogiamittauksen, moottoriohjauksen jne. suorittava yksikkö. Siihen voidaan liittää tulo- ja lähtötietoja ja sen toiminta määritellaan konfigurointiparametreilla. Näitä toimilohkoja kytkemällä muodostetaan esim. säätopiiriä koskeva moduuli.

Seuraavassa kuvassa 28 on eräs prosessiaseman toimilohko, jota käytetään analogiamittauksissa. Se sisältää kaksi konfigurointiparametria (joista yksi parametri, hyst, näkyy symbolissa) sekä viisi tuloa ja kuusi lähtöä.



Kuva 28 Analogiamittaustoimilohkon symboli

Moduulit ovat suunnittelijan ja prosessiohjauksen kannalta mielekkäitä kokonaisuuksia. Ne ovat pienimpiä yksittäisiä ohjelmalohkoja, joita voidaan kerralla ladata järjestelmän asemille. Toimilohkojen ja moduulien kytkemisessä on kytkettävien tietojen oltava samaa tietotyyppiä. Tietotyypit jaetaan useaan eri ryhmään rakenteiden mukaan seuraavasti:

- alkeistyytit,
- rakenteiset tyypit (koostuvat useasta alkeistyytistä) ja
- indeksoidut tyypit (koostuvat useasta alkeistyytistä).

Yleisimmin käytetyt tyypit ovat:

- intl**, pitkä kokonaisluku,
- intls**, lyhyt kokonaisluku,
- ana**, analogiasignaali,
- bin**, sisältää binäärisignaalin arvon,
- bo**, binäärilähtö (sisältää lähdön arvon lisäksi pulssin pituuden) ja
- fails**, vikatieto.

3.3.4 Automaatiomoduli

Automaatiokielen sovellusohjelma koostuu sovellussuunnittelun ja prosessinohjauksen kannalta mielekkäistä kokonaisuuksista, konfigurointimoduuleista. Moduulit koostuvat tietopisteistä, porteista, toimilohkoista sekä algoritmisista lausekelajennuksista (laskenta, logiikka ja vertailu). Konfigurointimoduulit kommunikoivat keskenään porteille annettujen järjestelmän tiedonhallinnan tuntemien nimien perusteella.

Automaatiomodulit ovat sovellusohjelmiston graafisia esityksiä. Ne voivat koostua useista konfigurointimoduuleista. Automaatiomoduuleihin voidaan liittää tärkeimmät yhteen säätöpiiriin liittyvät konfigurointimoduulit, mm:

*prosessiaseman toimintamoduuli ja I/O-moduulit,
kaaviolamppujen ohjauksessa käytettävät moduulit ja
valvomon positio-, operointi- ja tapahtumamoduulit.*

Automaatiomoduli koostuu seuraavista osista:

*automaatiomoduulin hallintaosasta,
toimintamoduulin hallintaosasta,
ulkoisten tulojen ja tulomoduurien kytkentäkentästä,
ulkoisten lähtöjen ja lähtömoduurien kytkentäkentästä,
toimilohkojen kytkentäkentästä,
automaatiomoduuliin liittyvien valvomo- ja
piirturinohjausmoduurien osasta) sekä sivunumerosta.*

Yllä mainittu automaatiomoduli on myöskin metsoDNA järjestelmässä saanut uuden nimen, joka on *Autoinfoiminto*. Käytännössä vakiintunut nimitys on edelleen automaatiomoduli.

Lähdeluettelo

Control Engineering, Oct. 1992. s. 63-66

Hiltunen J. 2000. Oppimateriaali Prosessi- ympäristötekniikan osaston kurssiin:
Digitaalinen prosessiautomaatio 47445S. 112s.

Leiviskä K. 1990. Virkaanastujaisesitelmä, 9.5.1990.

Leiviskä K. 1999. Papermaking Science and Tecnology: Process Control. Fapet
Oy, Jyväskylä. ISBN 952-5216-00-4(the series), ISBN 952-5216-14-4(book 14).
297 s.

Metso metsoDNA Manuals Collection 2001 Fi V.2.1 build 2.