

Trådlös kommunikation

**Ett delprojekt inom PROcessFörankrad IT -
PROFIT**

Elforsk rapport 04:04

Trådlös kommunikation

**Ett delprojekt inom PROcessFörankrad IT -
PROFIT**

Elforsk rapport 04:04

Trådlös kommunikation

**Ett delprojekt inom PROcessFörankrad IT -
PROFIT**

Elforsk rapport 04:04



Förord

Kommunikationslösningar stödjer snart sagt varje verksamhetsprocess. Den snabba utvecklingen har naturligtvis också påverkat elkraftindustrin, men genomslaget tycks inte ha blivit lika genomgripande i underhållsprocesserna. En orsak till det är låg förnyelsetakt för anläggningstillgångar med stort bundet kapital. Även om ny teknik erbjuder "obegränsade" möjligheter gäller det att nyttja den på ett sätt som verkligen stödjer underhållsprocessen.

På uppdrag av ett antal nätbolag¹ och vattenkraftproducenter² har Elforsk därför låtit genomföra "PROFIT – PROcessFörankrad IT", ett projekt som undersökt möjligheter att skapa effektivare systemstöd för underhåll. Utgångspunkten har varit att utnyttja IT-lösningar som redan finns på marknaden. Projektet har undersökt fem områden i lika många delprojekt:

- *Avancerad övervakning och feldiagnos (Elforsk rapport 04:03)*
- *Trådlös kommunikation (Elforsk rapport 04:04)*
- *Kommunikation av drift- och underhållsdata över Internet (Elforsk rapport 04:05)*
- *Skydd vid ensamarbete (Elforsk rapport 04:06)*
- *Gränssnitt människa/teknik vid underhållsverksamhet (Elforsk rapport 04:07)*

PROFITs vision är att klokt nyttjande av IT inom elkraftindustrins underhållsprocesser kommer att öka utbytet från varje anläggning, förbättra personsäkerhet och arbetsmiljö samt skapa attraktiva arbetsuppgifter för en ny generation medarbetare. Målet är att skapa förutsättningar för detta genom att identifiera IT-lösningar som förbättrar arbetsprocesserna.

Som utgångspunkt för arbetet i de fem delprojekten har tänkta larmscenarioer i vattenkraftverk och elnät studerats. I *Slutanalys och förslag till fortsatt insatser, Elforsk rapport 04:02* ställs resultaten från delprojekten samman och värderas. Där föreslås också fortsatta insatser för att driva de koncept som bedöms mest intressanta ur anläggningsägarens perspektiv, dvs i termer av ökat anläggningsutbyte och förbättrad personsäkerhet och arbetsmiljö, vidare mot implementering.

¹ Svenska Kraftnät, Vattenfall AB/ND, Sydkraft Elnät AB, Fortum Distribution AB, Gräninge Nät AB, Skellefteå Kraft AB, Jämtkraft AB, Mälarenergi Elnät AB, Göteborg Energi AB, Öresundskraft AB, Gävle Energi AB, Härnösand Elnät AB, Eskilstuna Energi & Miljö AB, C4 Elnät AB

² Vattenfall AB Vattenkraft, Fortum Generation AB, Sydkraft Vattenkraft AB, Gräninge Kraft AB, Skellefteå Kraft AB, Jämtkraft AB, Sollefteåforsens AB, Karlstads Energi AB, Gävle Energi AB, Öresundskraft AB

Genomförandet har skett i samverkan mellan Vattenfall Utveckling, Carl Bro Energikonsult och Fortum Teknik och Miljö. Verksamheten har letts av följande styrgrupp som bland annat har granskat och godkänt föreliggande rapport:

Jan Sundell, Vattenfall
Lennart Henriksson, Fortum Generation
Lars-Gunnar Vestman, Graninge Kraft
Stefan Skarp, Skellefteå Kraft
Lars Wallin/Nils Lindén, Svenska Kraftnät
Göran Andersson, Öresundskraft

Stockholm februari 2004



Cristian Andersson
Elforsk AB

Sammanfattning

Målsättningen med framtagandet av detta dokument var att ur ett tekniskt och affärsmässigt perspektiv undersöka förutsättningarna för mobil och trådlös kommunikation med olika processutrustningar i anläggningar ur ett drift- och underhållsperspektiv.

Dokumentet inleder med scenarion som kan ses både som konkreta exempel på användning av trådlösa nät, men även för att visa hur trådlös teknik fungerar i ett IT-arkitekturmässigt perspektiv. Ett kapitel handlar om de olika teknikerna. Där beskrivs väl etablerade som mobiltelefonibaserade (GSM, GPRS, UMTS (3G), Mobitex och TETRA) och radiobaserade (radiomodem, radiolänkar och moderna trådlösa nät, WLAN och Bluetooth), men även ev. kommande standarder som ZigBee. Även satellit- och laserlänkar beskrivs.

Trådlös teknik är mogen för användning inom elbranschen, så länge de speciella egenskapernas för- och nackdelar beaktas. Detta gäller både ekonomiska- som säkerhetsaspekter.

Trådlös teknik bör inte bara ses som en ersättning för traditionell kablage, utan snarare som ett komplement. I många situationer kan trådlös teknik vara billigare, lätt och snabbt implementerat osv. och därmed vara ett fullvärdigt alternativ, men man bör även se om det finns krav och behov som inte går att uppnå på annat sätt än genom trådlös teknik. Det kan röra sig om platser man inte kan dra kabel till, eller krav på mobilitet vilket innebär att helt nya arbetssätt kan införas.

Vid en implementation av en trådlös infrastruktur lönar det sig oftast att ha ett helhetstänkande kring installationen och en förankring av beslut hos både beslutsfattare och berörda parter. Det sistnämnda är viktigt även ut säkerhetssynpunkt. Detta kan ge viktiga fördelar i form av synergier, ekonomiska vinster vid samordning mellan olika intressenter. Kommunikation mellan de som är i behov av en trådlös infrastruktur är viktigt, och beslutsfattare bör bekanta sig med ämnet. Författarna hoppas att detta dokument kan bidra till detta.

Summary

The goal with the creation of this document was to explore the settings to use mobile and wireless communications solutions for operation and maintenance plants from a technical and business perspective.

The document describes scenarios that can be seen as examples of how wireless technology can be used, but also to show how it works from an IT-architectural perspective. One chapter describes the different technologies, including more established like mobile telephony-based (GSM, GPRS, UMTS (3G), Mobitex and TETRA) and radio based (radio modems, radio links, WLAN and Bluetooth), but also a possible emerging standard, ZigBee. Laser and satellite links are also covered.

Wireless technologies are mature enough to be used in the power business, as long as the special characteristics of wireless technologies are noted. This includes both economical and security aspects.

Wireless technologies should be seen not only as a replacement for traditional wires, but also as a complement. In many situations wireless solutions can be cheaper, easier and faster to implement etc. and thus be a worthy alternative, but it should be investigated whether there are needs and demands that can not be solved by any other way. This could include locations where you cannot use cables, or with a need for mobility which also allows the emergence of totally new ways to work.

When implementing a wireless infrastructure, it is important to have a good overview, and decisions made should be well established among decision makers and others this concerns. This can give important benefits because of possible synergies and savings because of co-ordination. Communication between those who could benefit from wireless technology is important, and decision makers should get an overview on the technology. The authors hope that this document can contribute to this.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	BAKGRUND.....	1
1.2	MÅL	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	1
1.4	DELTAGARE.....	1
2	APPLIKATIONSBESKRIVNING.....	2
2.1	INLEDNING	2
2.2	MOBIL OPERATÖRSPLATS	2
2.3	TRÅDLÖS SIGNALÖVERFÖRING INOM ANLÄGGNING	6
2.4	TRÅDLÖS KOMMUNIKATION ÖVER LÄNGRE AVSTÅND	9
2.5	SÄKERHET	11
2.6	MOBIL OPERATÖR	13
2.7	SCENARIO - LARM TILL OPERATÖR	16
3	TEKNIKER	18
3.1	ÖVERSIKT.....	18
3.2	BLUETOOTH	18
3.3	RADIO-LAN	21
3.4	ZIGBEE.....	24
3.5	RADIOLÄNK.....	25
3.6	RADIOMODEM.....	28
3.7	LASERLÄNK	30
3.8	GPRS.....	32
3.9	UMTS	35
3.10	GSM.....	36
3.11	MOBITEX.....	37
3.12	TETRA / ANNAT "BLÅLJUSNÄT"	39
3.13	SATELLIT.....	41
4	SLUTSATSER	42
4.1	SKILLNADER	42
4.2	TEKNIKMOGNAD	43
4.3	SÄKERHET	43
5	FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE	45
5.1	PROJEKTFÖRSLAG: MOBIL TERMINAL FÖR UNDERHÅLLSPERSONAL.....	45
5.2	PROJEKTFÖRSLAG: TRÅDLÖS SIGNALÖVERFÖRING MED ALTERNATIV STRÖMFÖRSÖRJNING.....	46
6	REFERENSER.....	47

Bilagor

- A ALLMÄN INFORMATION KRING TRÅDLÖS DATAKOMMUNIKATION**
- B ORDLISTA**
- C SCENARIOS**

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Utvecklingen inom mobil kommunikation och närliggande områden har gått fort framåt under de senaste åren. Nu går det att teckna abonnemang för paketförmiddad dataöverföring(GPRS) via GSM-näten. Infrastrukturen för UMTS byggs ut för fullt och möjligheter för mobilkommunikation med högre hastigheter öppnas, samtidigt som konsumentprodukter med stöd för Bluetooth har börjat tillverkas.

Den snabbaste utvecklingen har skett inom området trådlösa LAN, ofta kallat WLAN (Wireless LAN). Här har marknaden exploderat och priserna är nu på en nivå som gör att dessa produkter även installeras i hemmiljö. Tekniken är mycket kostnadseffektiv och har en god potential att kunna användas inom kraftbranschen.

1.2 Mål

Målsättningen med detta arbete är att ur ett tekniskt och affärsmässigt perspektiv undersöka förutsättningarna för mobil kommunikation med olika processutrustningar i anläggningar ur ett drift- och underhållsperspektiv.

Lösningarna skall dessutom studeras speciellt ur aspekterna säkerhet och tillgänglighet. Målet är också att lämna ett antal förslag på områden inom vilka tekniken kan implementeras för vidare utvärdering.

Resultatet blir en sammanställning av hur långt utvecklingen av trådlös kommunikation har kommit samt hur tekniken kan användas i elbranschens produktions och distributionsanläggningar.

1.3 Avgränsningar

För att avgränsa arbetet är ett samlande begrepp för hela PROFIT-projektet, underhåll ur anläggningsägarens perspektiv. För att ytterligare definiera arbetet har två scenarier skapats. Utifrån dessa har delprojektet tagit fram applikationer att studera med avseende på trådlös kommunikation.

Delprojektets fokus är att studera trådlös kommunikation inom anläggning eller anläggningsområde.

1.4 Deltagare

Förutom författarna har följande personer medverkat i författandet av denna rapport.

- Robert Malmgren, Robert Malmgren AB, på uppdrag av Vattenfall Koncernsäkerhet, har bidragit med författandet av säkerhetsavsnitten och analys av risker med trådlös kommunikation.
- Bertil Österlind, Fortum Teknik & Miljö AB, har fungerat som opponent och granskare av rapporten.

2 Applikationsbeskrivning

2.1 Inledning

I detta kapitel beskrivs tänkbara applikationer där trådlös överföring kan vara en lösning och vilka tekniska system som kan vara lämpliga. Kriterier för val av kommunikationslösningar att studera, har varit att dessa skall vara möjliga att implementera inom en 5-års period. Tekniken skall dessutom vara kostnadseffektiv, vilket medför att lösningarna till största del bör bygga på standardkomponenter som används inom flera branscher eller i konsumentprodukter.

2.2 Mobil operatörsplats

2.2.1 Bakgrund

Vid arbete i produktionsanläggningar kan tillgång till dokumentation, ritningar, operatörssystem, rondningsjournaler med mera, underlätta för drift- och underhållspersonal. Med ständig tillgång till dokumentationssystem kan ändringar i anläggningen dokumenteras i samband med arbetet. Genom enkel åtkomst till dokumentation kan rätt reservdelar lokaliseras i leverantörens databas och beställas direkt vid felavhjälplingen. Via operatörspanelen kan underhållspersonalen ändra och kontrollera parametrar.

Idag övervakas de flesta anläggningar via ett centraliserat övervakningsprogram. För att drift och underhållspersonal skall få tillgång till information och kunna påverka anläggningen behövs det operatörspaneler utplacerade i anläggningen. Traditionellt har denna problematik lösts genom att operatörspaneler anpassade för industrimiljö placerats ut.

2.2.2 Lösning

En handdator och trådlös kommunikation kan fungera som en ersättning för fasta operatörspaneler ute i anläggningen.

Idag finns det en uppsjö av olika bärbara terminaler. Handdatorer, Personal Digital Assistants (PDA:er), finns i en mängd utföranden och med varierande kapacitet och funktionalitet. Många av terminalerna har färgskärmar och möjlighet för kommunikation via trådlöst LAN, Bluetooth, GSM/GPRS/UMTS eller andra liknande metoder. Det finns även handdatorer med GPS-mottagare för navigering och avläsning av GIS-koordinater. En annan terminaltyp är tablet-PC, vilken är en dator utformad som en bärbar platt skärm. Funktionalitet i denna typ av terminaler motsvarar den som finns i vanliga PC-datorer och man använder sig av samma operativsystem. med vissa tillägg exempelvis för datainmatning och navigering med hjälp av en penna på en tryckkänslig skärm utan behov av tangentbord.

2.2.3 Lämpliga tekniker

Genom att använda standardiserade produkter kan ovanstående scenario realiseras enkelt och kostnadseffektivt.

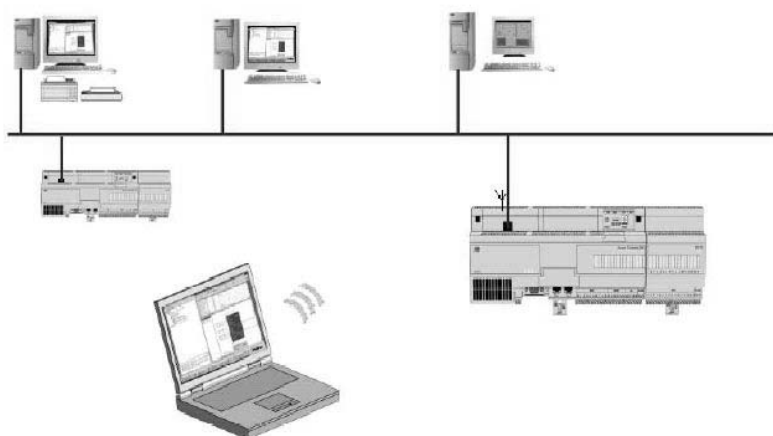
Ett trådlöst LAN installeras i anläggningen. Drift- och underhållspersonalen kan använda sig av en standard handdator (PDA) med stöd för WLAN. Därmed har de tillgång till nätverket och eventuellt även Internet om sådan koppling finns. Överföringshastigheten i ett trådlöst LAN är tillräckligt, så begränsningen finns ej i kommunikationen utan snarare i handterminalens egenskaper (beräkningskapacitet, skärmens storlek, upplösning och färgåtergivning etc).

Även Bluetooth kan användas, då den har möjlighet att fungera som ett trådlöst nätverk, men med lägre prestanda än WLAN. Om en infrastruktur baserad på Bluetooth redan finns är den lämplig istället för WLAN. Båda nätverken kan även samexistera, då de är helt transparenta ur applikationers och högre nätverksprotokolls synvinkel.

2.2.4 Existerande lösningar

ABB har tillsammans med ConnectBlue, ett företag som utvecklar Bluetooth produkter för industriändamål, kompletterat ett av ABBs styrsystem med möjlighet att via Bluetooth ansluta till styrsystemet med hjälp av en handdator eller liknande utrustning.

För åtkomst till det decentraliserade styrsystemet behöver användaren en handdator, tablet-PC eller liknande terminal med stöd för Bluetooth och en standard webbläsare installerad. I styrsystemet finns det en inbyggd webbserver, efter verifiering att användaren har rättighet ansluta sig mot systemet presenteras operatörsbilderna på handterminalen via webbläsaren. Drift & underhållspersonal har möjlighet att titta på statusen på anläggningen och kan vid behov direkt göra ändringar i styrsystemet.



Figur 2.1 - Åtkomst till styrsystemet via Bluetooth och en bärbar dator eller handdator. Styrsystemet fungerar även som gateway för åtkomst till andra enheter anslutna till det lokala nätverket. Källa: ConnectBlue

Kommunikationen sker direkt med styrsystemet, vilket medför att åtkomst till enheten kan ske även om styrsystemet har förlorat kontakten med det överordnade SCADA-systemet. Vilket kan vara en viktig funktion i distribuerade anläggningar vid avbrott på kommunikationen med driftcentralen, kan anläggningen köras lokalt via den mobila operatörspanelen.

2.2.5 Synergier

Är styrsystemet anslutet till företagets WAN/LAN kan styrsystemet användas som en accesspunkt för åtkomst till annan utrustning, system eller programvara som är anslutet till nätet. Ansluts till exempel driftjournalssystemet till samma nätverk kan underhållspersonalen efter slutfört uppdrag ansluta sig mot servern som hanterar driftjournalerna och föra in sin rapport på utfört uppdrag och hämta nästa arbetsorder.

Om rondningsjournaler, underhållssystem, anläggningsdokumentation med mera ansluts till nätverket har drift- och underhållspersonal alltid tillgång till dokumentation, driftövervakningssystem, stödsystem med mera. Beroende på vilken typ av handdator som används kan den även fungera som ersättning för en kontorsdator och användas för dokumenthantering, tidrapporter osv.

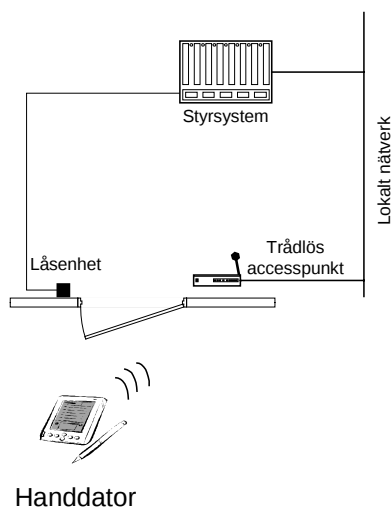
Om ett existerande trådlös infrastruktur finns kan den användas för handterminalernas datakommunikation utan större investeringar. Likaså kan ett nytt trådlöst nätverk även användas för andra applikationer, t.ex. kontorsbruk eller insamling av mätvärden.

2.2.6 För- och nackdelar, ekonomi

I distribuerade anläggningar kan mobila operatörspaneler ha en stor ekonomisk potential. Investeringarna för fasta operatörspaneler och installation av dessa försvinner, istället tillkommer inköp av mobila terminaler till drift- och underhållspersonalen samt installation av nödvändig kommunikationslösning om sådan inte finns. Givetvis tillkommer kostnader för administration av terminalerna, behörighet etc.

Infrastrukturen för mobila operatörsplatser kan även användas till andra tillämpningar. Den skulle kunna användas för att hantera den fysiska behörigheten till anläggningar. Det som behövs är att täckning för den trådlösa kommunikationen även finns utanför anläggningen så att användaren kan ansluta sig för autentisering. Samma system som hanterar behörigheten för åtkomst till styrsystem och annan utrustning kan då även hantera den fysiska behörigheten.

I mindre anläggningar kan till exempel styrsystemet som användas för att styra anläggningen även anslutas till låsenheten. Användaren använder sin handdator och samma gränssnitt både för åtkomst till anläggningen och de enskilda komponenterna.



Figur 2.2 - Styrsystemet för anläggningen kan även kopplas till dörrlåset. Via handdatorn sker autentiseringen och styrsystemet låser upp dörren.

Att basera flera system och funktioner på samma system förenklar installation och underhåll. Enskilda komponenter kan även förenklas genom att samutnyttja gemensamma funktioner. Detta kan även bli en nackdel, exempelvis kan fel i en komponent påverka flera system. Vilket ställer krav på tillverkare och integratörer att systemen exempelvis utnyttjar distribuerad intelligens så att fel i en komponent ej påverkar hela systemets funktion.

Produkter för trådlösa lokala nätverk tillverkas idag i stora volymer till ett lågt pris. Idag går det att köpa en trådlös accesspunkt för runt 1000 kr. Det finns handdatorer med inbyggt stöd och antenn för WLAN från cirka 5000 kr. Skall handdatorn användas ute i fält kanske en slagtåligare variant bör väljas och då ökar priset.

2.3 Trådlös signalöverföring inom anläggning

2.3.1 Bakgrund

I anläggningar finns idag ett stort antal mätare och givare som nästan utan undantag kommunicerar trådburet. Kabeldragning i industriella miljöer är ofta dyrt, pga. långa avstånd, svårforcerade väggar, dålig miljö och dåligt planerade kabelvägar som ofta ger upphov till störningar då givarnas kablage ofta måste dela plats med starkströmsledningarna och andra störningsalstrande kablar. Dessutom finns tillfällen då det är omöjligt att använda trådburen kommunikation, t.ex. i rörliga eller roterande objekt.

Under uppstart av anläggningar behövs ofta ett större antal givare för att mäta faktorer som inte behövs under normal drift. Dessa temporära givares kablar kräver kabeldragning till stora kostnader och blir ofta kvar oanvända. I de fall kablar placeras temporärt, t.ex. i gångvägar, dras kortaste vägen osv, är de oskyddade och utsatta för störningar.

Denna signalöverföring fungerar även åt andra hållet, lika väl som givare kan skicka värden kan styrsignaler sändas över samma nät, t.ex. från PLC-system till svåråtkomliga eller rörliga platser.

2.3.2 Lösning

Trådlösa lösningar kan användas för att eliminera flera av de ovanstående problemen och kostnaderna. Detta bör ses som ett komplement till fasta installationer, då trådlösa komponenter är dyrare än trådbundna - den eventuella vinsten fås genom utebliven kabeldragning och montering där det annars inte hade varit möjligt.

Trådlös kommunikation har inbyggd felhantering och störningskorrigering och är därmed robustare i miljöer med starka elektromagnetiska störningar.

2.3.3 Lämpliga tekniker

Bilaga A behandlar olika gränssnitt och protokoll, och speciellt i detta syfte är det viktigt att man beaktar de olika kommunikationslösningarnas möjligheter och begränsningar att använda sig av olika protokoll och gränssnitt.

Seriell kommunikation används mycket i industrin för att förmedla data mellan givare och mottagare, t.ex. PLC-system eller datorbaserade system. Detta förutsätter att givaren har lokal mätning och omvandling till digitala värden som skickas genom det seriella gränssnittet. Bluetooth är en lämplig teknik att använda som en ersättning eller förlängning av seriella kablar. Idag finns produkter baserade på den avsett att upprätta seriella punkt till punkt-förbindelser. Kablage i befintliga installationer kan ersättas och kompletteras med Bluetooth.

För att ersätta analoga givares kablage (och därmed reducera kabeldragning och försämrade mätkvalitet från pga. störningar) måste mätvärdeshanteringen ske vid givaren så att ett digitalt värde kan skickas över den trådlösa kommunikationslänken.

Zigbee (kapitel 3.4) kan i framtiden bli ett alternativ till Bluetooth, då den förväntas vara billigare och utvecklad för denna typ av tillämpningar.

WLAN är mindre lämpat för denna sorts tillämpningar eftersom varje enhet är mer komplex och därmed dyrare. Gränssnittet är nätverksbaserat, vilket utesluter de givare som använder sig av seriella gränssnitt.

Radiomodem kan användas, men på kortare avstånd, upp till 100m, är Bluetooth ett billigare alternativ. De kan ändå ha sin nisch där Bluetooth har för kort räckvidd och andra kommunikationsmetoder mindre lämpliga eller dyra.

Enstaka noder i en anläggning kan anslutas till ett GSM/GPRS-modem och kan på så vis bli åtkomliga på distans. Modemen finns till både seriella och nätverksbaserade gränssnitt och kan vara lämpliga som komplement till noder som är svåra eller oekonomiska att koppla in på andra sätt.

2.3.4 Synergier

En trådlös infrastruktur kan även användas till andra tillämpningar. Om en sådan finns på plats kan man ev. använda sig av en sådan för att slippa nyinstallationer, nya säkerhetsrutiner osv. Om ingen trådlös utrustning finns bör man se efter om det finns pågående projekt som kommer att använda sig av det, och om man kan synkronisera uppbyggandet kan de inblandade projekten ge skjuts åt varandra och ge gott resultat ekonomiskt och datasäkerhetsmässigt.

2.3.5 För- och nackdelar, ekonomi

Trådlös signalöverföring innebär att sensorer, styr- och övervakningsutrustning kan installeras på platser där kostnaden för kabelförlängning blir för kostsam eller omöjlig.

Detta innebär att ekonomiska nyttor finns av två sorter, och för att bilda sig en uppfattning över den kan man svara på följande:

- Hur mycket skulle kostnaden att använda sig av trådbunden teknik kosta?
 - Kabeldragning
 - Ev. installations- och abonnemangsavgifter vid t.ex. hyrda linjer.
- Vad är mervärdet för att noden kan installeras med hjälp av trådlös teknik?

Det är troligen mest ekonomiskt försvarbart att hitta de nischer där trådlös teknik skulle vara användbar och ekonomisk. Men med god täckning, god säkerhetslösning och t.ex. stöd för andra applikationer, kan trådlös signalöverföring installeras på bred front och ge bra ekonomiska fördelar samt möjlighet till framtida applikationer.

Vid temporära mätningar, t.ex. vid felsökning, installationer och översyn där fast kablage skulle vara kostsamt att installera kan en mycket god ekonomisk vinst göras. Om utrustningen paketeras och återanvänds är nyttan ännu större pga mindre utvecklingskostnader och vana vid hantering.

2.4 Trådlös kommunikation över längre avstånd

2.4.1 Bakgrund

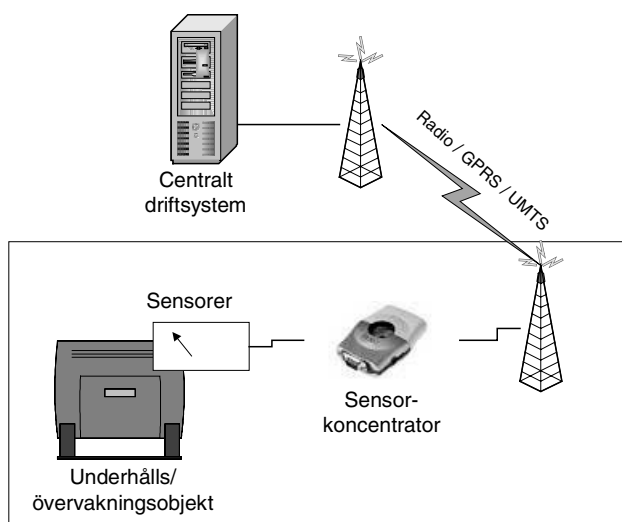
I större anläggningar finns platser som skiljer sig mycket från de förutsättningar beskrivna i kapitel 2.3. Ofta rör det sig om ett mindre antal noder utspridda på ett större geografiskt område. Dessa kan vara av mycket varierande slag:

- Givare
- Övervakning
- Mobila terminaler eller operatörer
- Fjärrstyrning

Till och med förbindelser mellan anläggningar eller anläggningsdelar kan upprättas med trådlös kommunikation.

2.4.2 Lösning

Kraven på kommunikationen inom ett anläggningsområde är beroende på vilken typ av applikation som kommunikationen skall användas till. Är behovet punkt till punkt-kommunikation eller är behovet en yttäckande kommunikationslösning avsedd för kommunikation med rörliga enheter eller tillfälliga lösningar? Slutligen avgör avståndet vilken kommunikationsmetod som används. Nedan finns en liten fingervisning i olika fall.



Figur 2.3 - Ett exempel på ett sätt att koppla ett antal givare på en avlägsen del av en anläggning till ett driftsystem.

Om avsikten är att upprätta en punkt till punkt-kommunikation för TCP/IP med mycket hög prestanda är laser och radiolänkar lämpliga, pga. deras höga prestanda. Dessa båda lösningar kräver fri (Laser) eller någorlunda fri sikt (Radio) mellan noderna.

Radiolänken kan dessutom förse ett flertal noder med kommunikationsmöjligheter, antingen i en stjärnarkitektur eller som en kedja av länkade stationer.

Om inte fri sikt kan ordnas kan mobiltelefonibaserade lösningar vara en lösning, men är inte rekommenderade för stora datamängder.

Satellit ger en bra prestanda, men har mindre täckning i norra delarna av Sverige och är dyrt i inköp (ca 20 kkr) och drift (ca 2 kkr/månad från Tiscali).

Om enheter med enbart seriella gränssnitt ansluts (som den industriella bussen RS-485), kan man använda sig av en radiomodelänk, som har lång räckvidd och låga kostnader.

2.4.3 Synergier

En yttäckande radiokommunikation inom ett anläggningsområde kan användas till många olika tillämpningar eftersom de flesta system använder sig av standardiserade gränssnitt. På samma infrastruktur kan t ex kameror för övervakning, anläggningsgivare för tillfällig datainsamling samexistera. Finns det tankar på att samma infrastruktur skall användas för larm och övervakning vid ensamarbete måste radiotäckning finnas överallt på anläggningsområdet, vilket ofta kräver många basstationer för att uppnå god täckning.

2.4.4 För- och nackdelar, ekonomi

En radiobaserad kommunikationslösning kan vid många tillämpningar vara att föredra eftersom den är enkel och snabb att installera och driftsätta. Ofta finns det också tillgång till matningsspänning där behov av kommunikation finns.

2.5 Säkerhet

Med trådlösa nät finns risken att en dåligt utformad lösning kan exponera anläggningen. Det är därför viktigt att säkerhet är en komponent som finns med redan från början vid projektering och införande.

Hoten vid användning av trådlösa nät inkluderar bland annat

- Möjlighet till avlyssning av överförd data
- Möjlighet till förändring av överförd data
- Möjlighet till införande eller återuppspelning av information
- Exponering av nätinfrastruktur och anslutna system
- Åtkomst till anslutna system och IT-resurser
- Överlastningsattacker och attacker med avsikt att slå ut resurser, s.k DoS-attacker

De hot man i allmänt tal om trådlösa nätverk ofta hör föras fram är avlyssning och förändring av överförd data. Åtkomst till anslutna system kan vara ett större men ibland förbisett problem.

Produktions-, distributions-, anläggningsmiljöer och andra miljöer som kan tänkas omfattas av denna typ av IT-användning kan innebära att den som skall införa ny teknik ställs inför en eller flera valsituationer. Skall man installera ett nätverk för många, tom alla, kommunikationsbehov inom anläggningen? Eller skall man installera flera, mer eller mindre parallella nätverk för de olika funktionerna? Med olika funktioner menar vi här

- Produktionsrelaterade funktioner såsom mätvärdesinsamling, sensorer och annan produktionsövervakning såsom kameraövervakning av anläggningen.
- Åtkomst till administrativa IT-system såsom filservrar, applikationer och databaser på det administrativa nätverket.
- Kommunikationsstöd för andra enskilda system såsom passagesystem, kameraövervakning (ej produktionsövervakning), larm och liknande.

I tidigare generationer av tekniska lösningarna löstes dessa funktioner med olika typer av tekniska kommunikationslösningar, gärna med leverantörsspecifika protokoll och över transmissionsmedia som inte var kompatibla mellan funktioner och/eller lösningar. Passagesystemets alla delar kommunicerade med egna protokoll över seriell kommunikation. Videoövervakningsutrustningen var försedd med koaxialkabel över vilken man sände eller tog emot rörliga bilder med egna typer av dataformat och filöverföringsmetoder.

En trend i dagens generation av utrustning är att man ersatt enklare utrustning, såsom kontrollutrustning, med mer avancerade komponenter. Dessa är i allt större omfattning kompletta datorer i industriformat. Som en del i denna utveckling så går man på mjukvarusidan också ifrån företagsspecifika lösningar och använder allt mer de

factostandarder såsom nätverkprotokoll baserade på TCP/IP och operativsystem såsom Linux eller Windows.

En risk med att använda standardkomponenter, såsom datorer och trådlös kommunikationsutrustning, är att stöldbegärligheten av dessa ökar då det finns användning och avsättning av dessa komponenter på ett annat sätt än när företagsspecifika lösningar används.

Dessa ovanstående punkter innebär att utrustning i en produktionsmiljö måste skyddas mot de vanligaste sårbarheterna och hoten som normalt finns på standard PC-datorer, kommunikationsutrustning, etc. En sanning i PC-världen är att man måste följa leverantörernas strida ström av programuppdateringar samt att man dagligen måste uppdatera antivirusprogramvaran. Detta behövs för att undvika säkerhetsproblem. När samma typ av utrustning, kommunikationsprotokoll och mjukvara nyttjas i industrisammanhang och i inbyggda system så har dessa risker även uppstått i detta sammanhang. Därmed måste man överföra dessa tankesätt gällande risker och skydd till detta användningsområde.

I det fall man väljer att en anläggning enbart skall ha ett och samma nät för alla typer av funktioner så skapar man en lösning som ekonomiskt kanske är billigare. Däremot kan det bli underhållsproblem samt öppna upp kortslutningar eller genvägar mellan de olika typerna av nätverk och de funktioner som man har. Ett alternativ till detta är att ha flera separata nätverk men som nyttjar samma teknik, i detta fall trådlös kommunikation.

Om man kan samutnyttja existerande IT-infrastruktur, i detta fall främst kommunikationsinfrastruktur, innebär det också att man i en anläggning riskerar att blanda olika funktioner som i sig har olika skydds- och säkerhetsbehov och olika krav på tillgänglighet.

Att tänka på är att flera av kommunikationsmetoderna som beskrivs, exempelvis satellitkommunikation eller GPRS, ur ett säkerhetsperspektiv kan likställas med kommunikation över Internet. Man använder sig av delade, öppna eller publika, nätverk. Problemen, såsom möjlighet för avlyssning och att man skapar externa ingångar i nät och åtkomst till utrustning, är snarlika problemen på Internet. Skydden är också snarlika; filtrering av nättrafik, kryptering av överförd data och liknande.

Av säkerhetsskäl är det därför viktigt att man vid införande av trådlösa nätverk klassificerar de olika funktionerna och gör korrekta, realistiska hotbilder samt riskbedömningar vad det gäller att blanda funktioner. Därefter måste rätt mix av tekniska, administrativa och organisatoriska skydd skapas.

2.6 Mobil operatör

2.6.1 Bakgrund

Man kan skilja på två olika sorters mobila operatörer:

- Den som arbetar inom ett begränsat område i en anläggning och där det kan motiveras att ha ett lokalt trådlöst nätverk. Kapitel 2.2, Mobil operatörsplats behandlar denna typ av tillämpning.
- Den som rör sig i ett område i eller utanför detta område och tidvis befinner sig utanför nätverkets räckvidd eller på andra anläggningar utan tillgång till nätverk. Detta kapitel behandlar det sistnämnda.

Mobila operatörer kan beroende på arbetsuppgifter ha stor nytta av dokumentation och mätvärden under arbetet i avskilda delar eller andra anläggningar.

Det finns idag applikationer som är åtkomliga från stationära datorer som skulle kunna vara till stor nytta även för den mobila operatören. Exempel på detta är:

- Register över anläggningar och anläggningskomponenter.
- Nätinformationssystem, t.ex. NetBas-systemet.
- Rondningsapplikationer
- Serviceorder
- Tidrapporteringssystem
- E-post

2.6.2 Lösning

Mobila handdatorer är lämpliga att använda. En bra batteritid och/eller uppladdningsmöjligheter är ett måste.

Handdatorer använder sig av publika kommunikationsnät för att kommunicera med system man är geografiskt avskild från. GSM och GPRS är tillgängliga i större delen av Sverige i nuläget, medan UMTS (3G) har större prestanda.

Positionering kan vara en extra teknik som är mycket lämplig för mobila operatörer. Det finns kommersiella kartprogram där man med stor exakthet ser sin position på en lättnavigerad karta. Det finns även mjukvarugränssnitt som gör att positionsdata kan integreras med andra, mer specialiserade program.

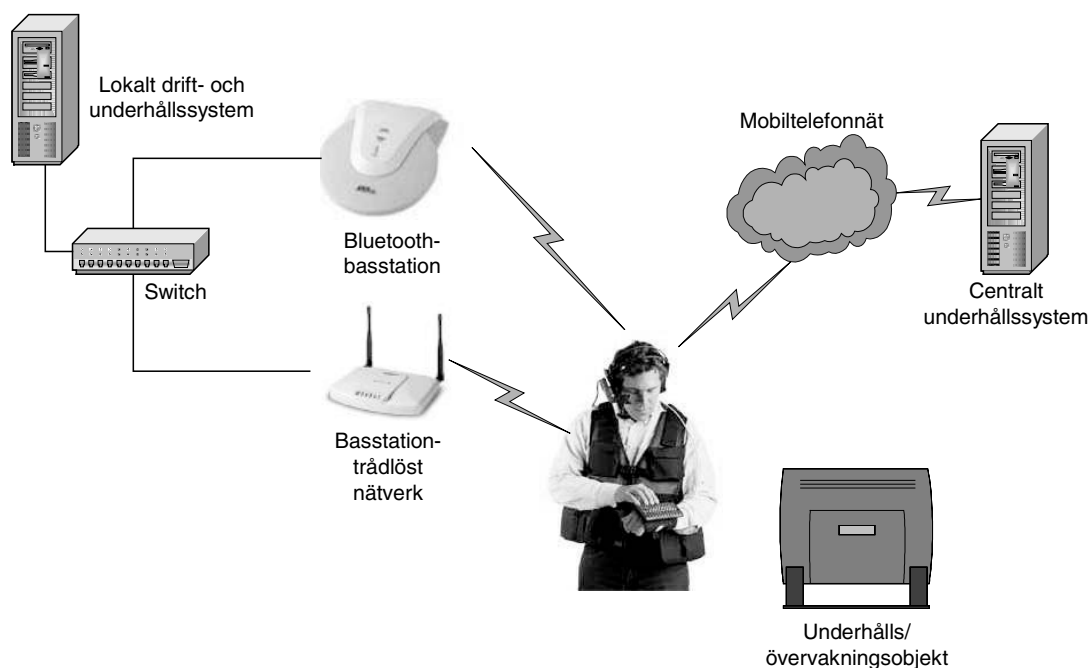
2.6.3 Lämpliga tekniker

Publika system med stor täckning är synnerligen lämpliga för denna sorts applikationer. Där finns de mer välkända som mobilnäten GSM, GPRS, UMTS (3G), men även Mobitex och det kommande "blåljusnätet", ev. baserat på Tetra.

Till handdatorer finns GSM och GPRS-modem i olika instickskortsformat. Till portabla datorer finns nu även UMTS (3G)-modem.

Dessa faktorer måste beaktas när man gör applikationer och identifierar användningsområden. GSM och till viss del GPRS har mycket låg bandbredd. Applikationer med mycket ljud och bild är därför mindre lämpliga.

Uppringda samtal och datatrafik över GPRS och UMTS kan bli dyrt, och detta kan på sina ställen åtgärdas (och större bandbredd uppnås) genom att man växlar till att använda sig av ett radio-LAN eller Bluetooth för kommunikationen när man kommer inom en sådan stations räckvidd, t.ex. när man anländer till en station med sådan infrastruktur. Automatisk flytt mellan olika kommunikationsmetoder finns redan nu, och ett ännu större stöd hos tillverkare och etablerade standarder är på väg. Detta automatiska byte av datalänk gör kommunikationen billigare och lättare från användaren som slipper byta manuellt.



Figur 2.4 - Den mobila operatören på bilden har tre olika kommunikationsmöjligheter beroende på var han befinner sig, och har kontakt med både lokala och centrala underhållssystem.

2.6.4 Synergier

En operatörsutrustning med kommunikationsmöjligheter kan även användas som kommunikationsplattform för en lösning som är avsedd att ge ökat skydd vid ensamarbete.

2.6.5 För- och nackdelar, ekonomi

En stor nytta med en mobil operatörsutrustning är att det möjliggör en stor självständighet för operatören, då han har tillgång till dokumentation, ritningar,

mätvärden och annan information. Detta gör operatören mer effektiv och reducerar antalet återbesök pga. brist på nämnd information. Direkt åtkomst till mätvärden reducerar dessutom risken för kritiska fel pga. operatörsingrepp.

En annan viktig aspekt är säkerheten: Säkerhetsföreskrifter och tillvägagångssätt kan göras tillgängliga för operatören, som dessutom kan hålla kontakt med t.ex. driftcentraler och/eller ha utrustning som larmar vid olycksfall vid ensamarbete. I kombination med positionering får man dessutom en exakt position var operatören finns.

De handdatorer som nämnts i kapitel 2.2 kan användas om de har tillräcklig drifttid. Då det rör sig om produkter för massmarknaden är priserna låga. Mer robusta versioner är dyrare, men kan vara mer lämpliga beroende på arbetsmiljö.

Kommunikationsutrustning för handdatorer och portabla datorer finns allmänt tillgängliga på marknaden till ett lågt pris.

Beroende på teknik och abonnemangsform betalar användaren för uppkopplad tid eller överförd datamängd. Val av teknik och abonnemangsform bör anpassas efter vilken sorts användning det rör sig om:

Vid frekventa uppkopplingar med små datamängder är det lämpligare att använda sig av GPRS. Vid användning av GPRS är det lämpligt att komprimera datatrafiken för att minimera överförd datamängd och sänka kostnaderna.

Vid små datamängder och förutbestämda kommunikationstillfällen är GSM lämpligt. Man betalar endast för uppkopplad tid och den bör hållas kort för att uppnå bra ekonomi. T.ex. vid synkroniseringar eller daglig avrapportering är denna teknik lämplig.

2.7 Scenario - Larm till operatör

2.7.1 Beskrivning

Detta scenario är ett exempel på hur olika trådlösa tekniker kan kombineras i en och samma anläggning.

- En givare mäter av vibrationer på en generator på ett litet kraftvärmeverk och gör värdet tillgängligt genom sitt seriella gränssnitt, RS-485.
 - Ett PLC-system i byggnaden anropar periodiskt givare och enheter som är anslutna till den och vidarebefordrar data till ett PC-baserat SCADA-system i en huvudbyggnad som är bemannad av driftpersonal.
 - En jourhavande reparatör har en handdator med trådlös kommunikationsutrustning.
1. När PLC-systemet anropar vibrationsgivaren transporteras signalen genom en Bluetooth-länk, eftersom vibrationsgivaren är ny och vanlig kabeldragning hade varit oekonomiskt. Givaren returnerar sitt värde som återigen överförs genom Bluetooth, till PLC-systemet.
 2. PLC-systemet är förinställt att initiera en sänkning av anläggningens uteffekt när vissa parametrars gränsvärden överskrids. I detta fall har vibrationerna uppmätts till mycket höga värden.
 3. Ett larm skickas även till SCADA-systemet vars huvudenhet ligger i en huvudbyggnad en kilometer från anläggningen. En WLAN-baserad radiolänk med riktantenner utgör kommunikationslänken mellan byggnaderna.
 4. En operatör i driftcentralen har ett operatörsgränssnitt mot SCADA-systemet och får ett larm på sin skärm. Han läser av en trendkurva och anser att det är bäst att stänga ner kraftvärmeverket omedelbart. SCADA-systemet översätter operatörens kommando till en serie kommandon och börvärden till PLC-systemet som får dessa genom radiolänken.
 5. Operatören ringer den jourhavande reparatören och beskriver felet. Han skickar även ett e-postmeddelande till reparatören. Inget mer utbyggt system för reparationsärenden finns i denna anläggning.
 6. Reparatören beger sig till anläggningen och öppnar byggnadens webbgränssnitt på sin Tablet PC. Han noterar larmikonen som blinkar i vänstra nedre hörnet och kommer till den aktuella komponentens statussida. All information uppdateras i realtid genom en GPRS-förbindelse.

7. Reparatören använder sig av ett program för att kommunicera med operatören med hjälp av textbaserade direktmeddelanden. Hade reparatören arbetat i huvudbyggnaden, där man har WLAN, hade de kunnat använda sig av ett videokonferenssystem för att effektivisera kommunikationen. Efter diverse kontroller av generatorns gummibussningar och lager bestämmer sig de båda att testköra anläggningen.
8. Vid testkörning ser alla värden bra ut utom vibrationerna. Inga missljud finns och andra ledtrådar leder till att reparatören hittar felet - vibrationsgivarens infästning sitter lös och givaren har rapporterat för höga vibrationsvärden. Efter utförd åtgärd och ytterligare testning bedöms felet vara åtgärdat. Operatören för in händelsen i anläggningens loggbok (som är tillgänglig både från operatörens och reparatörens gränssnitt).
9. Reparatören skriver tidrapport för kvällens arbete och passar på att läsa av sin mail, där han ser e-post-brevet som aldrig behövdes. Han använder text från den i sin tidrapport och stänger ner GPRS-uppkopplingen och går hem för kvällen.

3 Tekniker

3.1 Översikt

Följande kapitel är en kort översikt på de trådlösa tekniker som nämnts i föregående kapitel och andra trådlösa tekniker som kan vara tillämpningsbara för drift och underhålls tillämpningar.

3.2 Bluetooth

3.2.1 Förklaring

Bluetooth är en standardiserad teknik för radiokommunikation. Radiokommunikationen använder ett frekvensband på 2,4 GHz och kan således kommunicera igenom kläder tunnare väggar och så vidare, till skillnad ifrån kommunikation baserad på infrarött ljus som kräver fri sikt.

Grundidén med utvecklingen av Bluetooth tekniken är att ersätta kablar mellan olika produkter. Telekomindustrin var drivare av utvecklingen. Målsättningen var att finna en teknik som kunde ersätta kablarna mellan mobiltelefonen och exempelvis headsetet och andra tillbehör med korta inbördes avstånd.

3.2.2 Gränssnitt och säkerhet

Bluetooth kommunikationen är ofta en integrerad del i produkten där produktens vanliga gränssnitt även hanterar Bluetooth-kommunikationen. Ett exempel på en sådan applikation är en Bluetooth-handsfree som kopplas till en mobiltelefon där alla inställningar och sker via mobiltelefonens vanliga användargränssnitt.

På marknaden finns det ett flertal olika varianter på Bluetooth-produkter som ersätter seriella kablar. Gränssnitt för dessa applikationer är de vanliga seriella gränssnitten RS232/422/485. Det finns även produkter där tillverkaren har möjlighet att implementera andra seriella protokoll för till exempel ersättning av en seriekabel i ett system med proprietära protokoll.

Det finns flera säkerhetsaspekter att tänka på vid användning av bluetooth. En aspekt är att utrustning görs tillgänglig via just trådlös åtkomst och att bluetooth är en standard som allt mer utrustning stödjer. Hög teknisk tillgänglighet och spridning av en produkt, standard eller lösning brukar leda till att den samma blir mer attraktiv att undersöka, hacka eller missbruka. Av denna anledning så finns det numera verktyg för att undersöka radioutrymmet efter förekomsten av bluetooth-kapabel utrustning och kartlägga denna. Ett exempel på ett sådant verktyg är säkerhetsföretaget @stake:s verktyg hcitool.

En annan säkerhetsaspekt av bluetooth är att säkerhetsfunktionerna i själva protokollet är tillval och kan nyttjas i en av tre nivåer. Den lägsta nivån innebär att säkerheten är avaktiverad.

En säkerhetsmässig fördel med Bluetooth är de små sändareffekterna som gör att områdena varifrån nätutrustningen är åtkomlig är små, oftast några enstaka meter. Detta gör att utrustning och nätverk som finns åtkomliga i stationer via Bluetooth som regel inte går att nå utanför utrymmets skalskydd. Om bluetooth med hög sändareffekt används så går det att nå detta nät från längre avstånd. Beroende på omständigheter, så kan dessa nät exponeras även utanför själva skalskyddet.

3.2.3 Tillförlitlighet och prestanda

Bluetooth är skapat för robusthet. Tekniken bygger på frekvenshopp och avancerad felkorrigering. Bluetooth har testats i industri anläggningar med bra framgång.

Bluetooth delas in i följande effektklasser.

Klass	Max sändareffekt (mW)	Räckvidd (cirka m)
Class 1	100	100
Class 2	2,5	10
Class 3	1	5

Strömförbrukningen under pågående överföring är ungefär 5-30mA. I stand-by läge är strömförbrukningen ungefär 300µA-1mA.

Datahastigheten är maximalt 723 kbit/s i en riktning och 57,6 kbit/s i andra. Det finns ett flertal olika kombinationer av hastigheter uppströms/nerströms. Typiskt värde på fördröjning i kommunikationen är ungefär 15-30ms.

3.2.4 Marknadssituation

Bluetooth-standarden är designad för att hålla nere tillverkningskostnaden på utrustningen. Målsättningen har från början varit att produkterna som mobiltelefoner, handhållna datorer och liknande utrustningar från början skall vara försedda med kretsar för bluetooth kommunikation.

Än så länge är det mobiltelefonstillverkningen som har kommit längst i denna utveckling. Idag finns det en uppsjö med mobiltelefonmodeller med inbyggt stöd för Bluetooth.

Under de senaste åren har det kommit Bluetooth-produkter för industriellt bruk. En applikation är en kabelersättningsprodukt som transparent ersätter en seriell kommunikationskabel mellan två produkter med gränssnittet RS232, 422 eller 485. Anpassad för industriellt bruk kostar den idag ungefär 300€. Tillverkningsvolymerna av denna typ av utrustning är fortfarande ganska små. Vid volym och vid integrering direkt i givare och annan utrustning bör priserna sjunka ytterligare.

Det finns för tillverkare/utvecklare av produkter färdiga Bluetooth-moduler som innehåller kommunikationskretsarna vilket möjliggör integrering av Bluetooth-

kommunikation även i produkter som tillverkas i mindre serier. På detta vis kan även mindre tillverkare utnyttja Bluetooth-tekniken i sina produkter.

Fördelar	Nackdelar
Tillverkas i stora volymer – lägre priser	Komplext protokoll kräver relativt kraftfull processor
Fritt frekvensband	Spridd teknik – Säkerhetsbrister i protokollet sprids snabbt
Standardiserad teknik	Begränsad räckvidd
Robust kommunikation	

3.3 Radio-LAN

3.3.1 Förklaring

Under de senaste åren har trådlösa nätverk etablerats i kontorsmiljöer. Utrustningen som används till detta är standardiserad och tillverkas nu i stora volymer till låga kostnader. Samma typ av utrustning kan användas i produktionsanläggningar och distributionsanläggningar.

För att skapa ett trådlöst nätverk installeras accesspunkter(radiosändare/mottagare) som placeras där man vill ha tillgång till ett radiobaserat nätverk. Räckvidden inomhus är 20 till 100 meter, utomhus är räckvidden 100 till 600 meter beroende antenmodell. Tekniken kan med specialantennerna även användas för att skapa radiolänkar för avsevärt längre avstånd, se kapitel 2.4. Till nätverket kan datorer, handdatorer och annan utrustning anslutas.

3.3.2 Gränssnitt och säkerhet

Accesspunkterna har en RJ-45 nätverksanslutning för Ethernet, 10/100 Mbit/s. Enheter anslutna till resten av nätverket genom denna accesspunkt fungerar precis som om de var anslutna till lokalens vanliga nätverk. Inga speciella ändringar behövs således i applikationerna, med reservation för om tillägg behövs på de trådlösa datorerna pga. förbättrad autentisering eller ändringar i nätverksinställningar på grund av ändrad routing eller andra nätverksparametrar. Förutom rena accesspunkter som fungerar som routers så finns det WLAN-utrustning som fungerar mer som switchar eller bryggor. En förbisedd aspekt av detta är ofta att trafik, i vissa fall broadcasts och i andra fall även normaltrafik, som går via den trådbundna delen av nätverket även sänds ut det trådlösa nätverket.

Nätverkskort till datorer och annan utrustning finns till i stort sett alla förekommande gränssnitt: PC-Card, Compact Flash och SmartCard till handdatorer och bärbara datorer, PCI-kort till stationära datorer. USB och USB2 för stationära och mobila datorer osv. Dessutom finns kort för inbyggnad, eller inbyggt i förväg, till flera bärbara datorer.



Figur 3.1 - Produkter från trådlösa nätverk, från vänster: Instickskort till stationär dator, PC-Card för bärbara enheter och basstation. Källa: Svensk Binär Teknik

WLAN är mer strikt trådlösa nätverk baserade på standarder från IEEE:s kommission IEEE 802.11. Tidigare var inte produkter baserade på 802.11:s första implementation kompatibla med andra. För att råda bot på detta infördes en s.k. WiFi-märkning på utrustning som skulle följa nästa, förbättrade standard 802.11b, och även efterföljande. Ibland kallas dessa nät även för WiFi-nät. WiFi-märkningen är en garanti för att så märkta 802.11a/b/g-produkter kan kommunicera med andra tillverkares dito.

Wired Equivalent Privacy, WEP, är en metod som standardiserats av 802.11 vilken används för att åstadkomma en rudimentär säkerhet vid WLAN-kommunikation. WEP som sådant har vid flera tillfällen visat sig ha sina brister. Detta dokument fördjupar sig inte i ämnet, det finns mycket skrivet i ämnet och läsaren bör bekanta sig i ämnet innan implementering av ett WLAN. På grund av säkerhetsproblemen med WEP så har flera tillverkare egenutvecklade säkerhetslösningar och utökningar av säkerhetsfunktioner. På grund av WEP:s säkerhetsproblem så har man också arbetat med att ta fram ersättningar. Den främsta av dessa kallas WPA, Wi-Fi Protected Access.

Den metod som idag främst används för att skapa säkerhet i WLAN är att lägga till ett extra lager av säkerhet. Detta sker ofta genom att man använder sig av någon VPN-teknik, främst IPSec mellan WLAN-anslutna enheter och en VPN-gateway i anslutning eller bakom accesspunkterna. Denna VPN-gateway autentiserar inkommande trafik, avkrypterar och integritetskontrollerar innehållet, och kan i vissa fall även fungera som brandvägg med trafikkontroll, innan datatrafiken släpps in till det interna nätverket.

3.3.3 Tillförlitlighet och prestanda

WLAN har som tidigare nämnts förekommit flera versioner, skillnaderna finns främst i prestanda (se tabellen nedan), men även kompatibilitet (WiFi-märkningen) men även i tillförlitlighet, och senare generationer av 802.11b, och alla 802.11a och 802.11g hanterar miljöer med mer elektromagnetisk strålning bättre.

	Dataöverföringskapacitet	Räckvidd
802.11	2 Mbit/s	Lång (ca dubbla mot 802.11b)
802.11b	11 Mbit/s	Medel
802.11a	54 Mbit/s	Kort (ca halva mot 802.11b)
802.11g	54 Mbit/s	Kort (ca halva mot 802.11b)

Tabell 1 - Översikt över standarder för trådlösa nätverk

Trådlösa nät kan numera anses vara tillförlitliga så länge man befinner sig i områden med bra täckning. Om man är utanför nätverkets räckvidd är kommunikationsbortfallet lika allvarligt som ett kabelbrott i ett vanligt nätverk. Man kan anta att avbrutna sessioner och förlust av data är mer vanligt vid felaktig användning av WLAN. För att minska riskerna för- och effekterna av detta är information till användaren viktigt. Dessutom bör man säkra att utebliven kontakt inte resulterar i bortfall av funktioner eller data för andra användare än den som rört sig utanför täckningsområdet.

3.3.4 Marknadssituation

WLAN används i mycket stor utsträckning, tekniken har fått mycket stor uppmärksamhet och tillverkningen sker i stora volymer. Detta medför att priserna är mycket låga. En basstation för kontorsbruk kan vintern 2003 köpas för mindre än 1000 kr och nätverkskort kostar, beroende på gränssnitt från 500 kr och uppåt.

Fördelar	Nackdelar
Tillverkas i stora volymer – låga priser	Spridd teknik – Säkerhetsbrister i protokollet sprids snabbt
Fritt frekvensband	Begränsad räckvidd
Standardiserad teknik	Fritt frekvensband – många intressenter

3.4 ZigBee

3.4.1 Förklaring

ZigBee är en ny standard framtagen för trådlös kommunikation. ZigBee karakteriseras av låg dataöverföringskapacitet. Räckvidden är jämförbar med Bluetooth. Målsättning med ZigBee-standarderna är låg tillverkningskostnad och låg strömförbrukning.

Standarden saknar stöd för överföring av ljud och fokuserar på målgrupperna övervakningsindustri, smarta hem och konsumentelektronik.

ZigBee bygger på en enklare processor jämfört med Bluetooth, Zigbee är dessutom skapad för låg strömförbrukning. Två AA-batterier förväntas kunna försörja en Zigbee modul i sex månader till två år beroende på applikation.

Notera att det finns andra kommande standarder tänkta att ersätta eller komplettera Bluetooth i vissa applikationer, och Zigbee är en av dem och kan lika väl bli en succé eller försvinna, beroende på vilket stöd och utbredning den får.

3.4.2 Tillförlitlighet och prestanda

Protokollet är robust uppbyggt och förutsättningar för hög tillförlighet är goda.

Enligt specifikationerna är överföringskapaciteten för Zigbee 250 kBit/s när frekvensbandet 2,4 GHz används. Moduler anpassade för den lägre frekvensen 868,3 MHz ger en överföringskapacitet på 20 kBit/s.

3.4.3 Marknadssituation

Standarden är ny och produkter som använder Zigbee beräknas finnas på marknaden under 2004.

Philips Semiconductors, Invensys, Mitsubishi och Motorola är några av företagen som står bakom Zigbee-standarderna. Målet är att skapa/utveckla en standard för tillförlitliga och kostnadseffektiva trådlösa tillämpningar. Man har en förhoppning om att det skall gå att bygga kretsar för under två dollar styck.

3.5 Radiolänk

3.5.1 Förklaring

Denna teknik har existerat längre än de moderna trådlösa nätverken (Bluetooth och WLAN), men grundprincipen är densamma – radioteknik används för att möjliggöra trådlös datakommunikation. Ett sätt att definiera radiolänkar är att de inte är mobila på samma sätt som Bluetooth och RadioLAN. De har lång räckvidd, upp till flera kilometer är möjligt. Detta avstånd kan förlängas ytterligare med större effekter och speciella antenner. Se Bilaga A2 om antenner och räckvidd. Som en fingervisning kan nämnas att max räckvidd utan extra antenn är kring 300 meter. Med maximal tillåten uteffekt (100mW) och en avancerad riktantenn, extra förstärkning och gynnsamma förhållanden och fri sikt uppnås en räckvidd på 70km.

Ofta ligger mindre företag och bolag (ofta kommuner) och engagerade lokala intressenter bakom de sistnämnda projekten. En stjärnarkitektur används, där en kraftfull central nod agerar som nav till ett större antal prisbilliga noder.



Figur 3.2 - Riktantenn för trådlöst nätverk. Källa: svensk Binär Teknik

3.5.2 Standarder och kapacitet

Tekniken används även för att upprätta datakommunikationsanslutningar för privatpersoner och företag. Den konkurrerar då med kabel-TV-baserade nät, bredbandsanslutningar, ADSL/VDSL och andra koppartrådsbaserade anslutningar. De används speciellt mycket i nischade områden, t.ex. för att förse privatpersoner med Internetanslutningar i områden där inte ADSL finns tillgängligt.

På senare tid har teknik från trådlösa nätverksdvs. WLAN använts i stor utsträckning även för radiolänkar. Alvarion, tidigare BreezeCom är ett exempel på en tillverkare som använder sig av proprietära protokoll och produkter för att åstadkomma samma resultat.

3.5.3 Gränssnitt och säkerhet

Radiolänkar fungerar oftast transparent i applikationers hänseende, då deras gränssnitt består av nivå 1 och 2 i OSI-modellen. Detta gör att t.ex. TCP/IP kan använda sig av den precis som ett traditionellt tråd- eller fiberbaserat alternativ. Det finns ett stort antal gränssnitt som kan användas. Däribland en vanlig RJ-45-anslutning för Ethernet, som är vanligast, men även för gränssnitt från telekom-industrin och andra höghastighetsgränssnitt.



Figur 3.3 - Radiolänksmodem utan antenn. Källa: Alvarion

Att tänka på rörande säkerhet när man använder radiolänk är att radioloben även passerar förbi, runtom, den mottagande antennen för att den breder ut sig. Radiolober kan även uppstå åt andra håll, såsom bakom den sändande antennen, vilket gör att trafiken sprids till områden man inte avsett eller tänkt. Det kan därför vara viktigt att tänka på kommunikationssäkerhet även i de fall man använder sig av riktantenner.

En annan strategisk säkerhetsfråga vad gäller kommunikation via radiolänkar är huruvida man skall använda sig av länksäkerhet eller änd-till-änd-säkerhet. I de fall då man endast säkrar upp kommunikationen över en länk, exempelvis radiolänken, så kan angrepp och åtkomst göras i andra delar av nätverket, exempelvis mot kablage efter nedlänkningen. Om man har änd-till-änd-säkerhet så skyddar man kommunikationen hela vägen mellan de två kommunicerande ändutrustningarna.

3.5.4 Tillförlitlighet och prestanda

Trådlösa nätverksbasstationer är i allmänhet inte robusta, men de externa antennerna avsedda för utomhusbruk är det. Det finns även externa antenner för inomhusbruk, och man bör se till att de inte förväxlas så att en sådan antenn används utomhus.

3.5.5 Marknadssituation

Radiolänkar använder sig av frekvensband som är fria att använda, vilket innebär att kostnaden uppgår till inköpspriset.

Priset för basstation baserat på 802.11, och senare versioner, och riktantenner understiger 10kr. Se avsnittet om radio-LAN för information om lokala nät baserade på 802.11.

Radiolänkar från företag som använder sig av proprietära lösningar, t.ex. Alvarion, och Ericsson konkurrerar numera inte med priset utan med hög prestanda och säkerhet och är, beroende på utförande, dyrare eller mycket dyrare. För användning av denna typ av radiolänkar krävs det oftast licenstillstånd från Post- och Telestyrelsen.

Fördelar	Nackdelar
Välkänd teknik	Kort räckvidd, men som kan utökas med extra antenner, vilket drar upp priset
Fritt frekvensband	Fri sikt mellan noderna måste ordnas.
Lågt pris på grundkomponenterna	Högt pris på icke WLAN-baserade radiolänkar.
När utrustningen väl är installerad tillkommer inga fler kostnader.	
Inga uppkopplingstider.	

3.6 Radiomodem

3.6.1 Förklaring

Radiomodem använder sig av radioteknik, som radiolänkar, WLAN och Bluetooth, men skiljer sig en hel del i andra aspekter. Räckvidden är avsevärt längre, samtidigt som bandbredden är låg. Helt utan extra antenn (i utförande som i bilden nedan) är räckvidden ca 400m, men med extra antenn kan räckvidden uppgå till flera mil under gynnsamma förhållanden med fri sikt och med få absorberande eller reflekterande objekt.

Vissa radiomodem har möjlighet att fungera som relästationer för att utöka räckvidden. Andra radiomodem, t.ex. från Satel har dessutom möjlighet till s.k. *"Message routing"* vilket innebär att modemerna skickar vidare datapaketet genom ett nät av radiomodem.

Då produkterna är från början tänkta för industriellt bruk är de mer robusta än produkter för massmarknaden.



Figur 3.4 - Radiomodem från Satel

3.6.2 Gränssnitt och säkerhet

Radiomodem använder sig av RS-232 och 485, dvs. seriella gränssnitt.

Proprietära protokoll används i produkterna, vilket innebär att interoperabilitet mellan olika tillverkares enheter i allmänhet inte existerar när det kommer till radiokommunikationen, men då de är tänkta att fungera som förlängningar av seriella anslutningar (och inte som noder i ett nätverk) borde inte detta vara ett problem.

Flera tillverkares radiomodem kan även användas med PPP, vilket tillåter TCP/IP trafik som tunnlas genom radiomodemen. Man bör dock beakta den låga bandbredden, vilket innebär att detta fungerar bra endast för tillämpningar i en existerande TCP/IP-infrastruktur som inte har ett stort behov av bandbredd.

Vid konfiguration av PPP kan man ofta välja mellan olika autentiseringsmetoder såsom PAP och CHAP. Password Authentication Protocol, PAP, sänder autentiseringsinformationen, dvs lösenord, i klartext. I varianten Challenge-Handshake Authentication Protocol, CHAP, så har man i de olika kommunikerande utrustningarna en kopia av en delad hemlighet, ett lösenord. Genom att nyttja slumpstal och kryptografiskt starka checksummefunktioner i kombination med detta lösenord så får man en slags engångslösenord som används i protokollet i form av en kryptografisk utmaning. Genom att nyttja CHAP så kan inte lösenordet avlyssnas eller utmaningen spelas in och återupspelas. Vid användning av radiolösningar där PPP ingår bör man alltid välja CHAP framför PAP.

Ovanstående om PPP gäller allmänt för seriell kommunikation, inte enbart för radiomodem, utan även vid mobiltelefoni osv.

3.6.3 Tillförlitlighet och prestanda

Bandbredden är låg, från 1200 till 19200 bit/s.

Tillförlitligheten kan anses vara hög, då inbyggd felkorrigering finns, och låga hastigheter ställer mindre krav på perfekt signal.

3.6.4 Marknadssituation

Trots låga volymer jämfört med IT-branschprodukter är kostnaden per nod inklusive extra antenn under 10kr.

Man kan antingen använda sig av fria frekvensband, eller beställa dedikerade frekvensband från PTS. Det bör poängteras att det inte alltid är lätt att få tillstånd för dedikerade frekvensband, speciellt inte i Södra Sverige.

Fördelar	Nackdelar
Mycket lång räckvidd	Låg bandbredd
Mycket strömsnål	Trångt med helt dedikerade kanaler i södra Sverige
Relästationer och vidareförmedling av paket ökar räckvidden markant Robusta konstruktioner	Fri sikt mellan noderna måste ordnas.
Fria frekvensband	
När utrustningen väl är installerad tillkommer inga fler kostnader. Inga uppkopplingstider.	

3.7 Laserlänk

3.7.1 Förklaring

En laserlänk är en punkt till punkt-kommunikation där en laserstråle sänds och tas emot på var sin sida av förbindelsen. Laserstrålen moduleras istället för att t.ex. tända och släcka för varje databit och på detta sätt uppnås en högre bandbredd.

Räckvidden är från några hundra meter till några kilometer. Användningen kräver mycket precis inställning av utrustningen så att laserstrålen verkligen träffar mottagaren. Uppriggningsanordningen måste göras stabil så att inte vind, vibrationer och utrustningens egen vikt påverkar riktningen så att kontakten förloras. Fukt, regn och snö påverkar räckvidden och maximal räckvidd och tillförlitlighet uppnås vid torrt klimat utan värmedaller. Utrustningen har inbyggd felkorrigering, och uppkopplingen anses ha låg risk för dataförlust.



Figur 3.5 - Två laserlänkenheter uppriggade på ett tak. Källa: Direktkronik

3.7.2 Gränssnitt och säkerhet

Beroende på produkt kan en laserlänk fungera som en brygga, router eller både och. Den är protokolloberoende av övriga nätverket när den fungerar som brygga, vilket tillåter användning av andra protokoll än TCP/IP, till och med seriella protokoll eller industriella bussar.

3.7.3 Tillförlitlighet och prestanda

Bandbredden är mycket hög, med hundratals Mbit/s upp till några Gbit/s. Säkerheten anses vara mycket hög, pga det är svårt eller omöjligt att komma åt en bra signal från laserljuset utan att bryta den. Länkarna arbetar dessutom internt med modulering och kryptering och byter ofta säkerhetsnycklar.

3.7.4 Marknadssituation

Tekniken är relativt ny, är mycket dyr vid inköp, men helt licensfri. I nuläget kostar en punkt till punkt-laserlänk från närmare 100kr och uppåt beroende på prestanda och räckvidd.

Fördelar	Nackdelar
Extremt hög prestanda	Mycket dyr teknik
När utrustningen väl är installerad tillkommer inga fler kostnader.	Fri sikt mellan noderna måste ordnas. Kräver en mycket precis inställning, stabila stativ osv. Dessutom krävs underhåll och omriktning vilket fördyrar installationen och underhållet än mer.
	Väderleksförhållanden påverkar räckvidden och/eller tillförlitligheten.

3.8 GPRS

3.8.1 Förklaring

GPRS är en utökning av GSM-mobilstandarden som möjliggör paketbaserad datorkommunikation i GPRS-nätet. Nätet har stor täckning i större delen av landet, men på sina ställen bristfällig, speciellt i norra Sverige.

Det finns en mängd olika sorters utrustning för GPRS, inklusive robusta produkter för industrin. Instickskort till bärbara och handdatorer ger en stor mobilitet.

Fasta GPRS-modem som ansluts till nätverket eller t.ex. maskiner och givare kan användas för att enkelt upprätta en kommunikation till enheter som annars skulle vara oekonomiska eller omöjliga att ansluta.

3.8.2 Gränssnitt och säkerhet

Instickskort med GPRS-modem finns till de vanligast förekommande portarna på mobila enheter: USB, PC-Card, Compactflash och som ”jackor” till iPaq och Palm-datorer.

För statiska installationer finns både seriella och Ethernet-gränssnitt. Detta möjliggör användande av enheten som både modem eller router. Då många maskiner och givare använder sig av seriella gränssnitt lämpar sig de seriella modemerna väl för detta, men har nackdelen att de bara kan ansluta en enhet.

GPRS är en teknik som i likhet med bredbandsanslutningar kan ge användaren möjlighet att ständigt vara uppkopplad, även kallad ”always on”. Detta har sina fördelar – bl.a. snabb uppkopplingstid, men det kan också medföra vissa nackdelar – eftersom datorer som finns anslutna eller nåbara via en GPRS-utrustning när som helst kan bli nåbara och attackerade.

GPRS-standarden har stöd för kryptering. När kryptering idag används så brukar man algoritmerna GEA1 och GEA2. Andra algoritmer är möjliga att använda men dessa är inte standardiserade och ej heller använda av mobiloperatörer. Ett annat problem med den kryptering som finns i GPRS är att den inte omfattar hela kopplingen mellan mobilanvändaren och hela vägen till den server som skall användas. Krypteringen i GPRS omfattar den trådlösa trafiken mellan telefon och utrustning som finns i mobilleverantörens nät.

Änd-till-ändsäkerhet, dvs att hela kommunikationsvägen mellan de kommunikerande parterna är skyddad, är en viktig princip för att uppnå god säkerhet i kommunikationslösningar. GPRS som sådant erbjuder inte änd-till-ändsäkerhet, men det finns företagsspecifika lösningar för detta. Ett alternativ till detta är att använda VPN över GPRS. Ett av problemen med att använda VPN över GPRS är att GPRS är en kommunikationskanal med liten kapacitet (låg bandbredd) och långa svarstider (hög latens). Detta kan leda till att man får driftstörningar och fel i användningen av VPN.

Enligt uppgift [1] finns det inga tillverkare som idag tillämpar de spärrfunktioner och spärregister, (EIR – Equipment Identity Register) som finns i standarden för dedicerad GPRS-utrustning. I terminalutrustning (telefon eller modemkort) som är kombinerad GSM/GPRS finns stöd förr denna spärr.

Enligt vissa rapporter [1] finns det flera frågor som rör säkerheten i GPRS-infrastrukturen, t.ex.

- Det går att göra DoS-attacker (tillgänglighetsförlustattacker – att slå ut eller överlasta tjänster eller utrustning) mot servers och noder som tillhandahåller GPRS-infrastrukturen
- Många operatörer har dålig hantering av reella säkerhetsnivån samt har missat att applicera sin IT-säkerhetspolicy på nät och infrastruktur som hanterar GPRS och annan kundtrafik. IT-säkerhetspolicyn styr bara ordinarie IT-verskamhet och ”kontorsnätet”.

3.8.3 Tillförlitlighet och prestanda

Två vanliga ”klasser” av GPRS finns, Class 2 och Class 10, med olika hastigheter beroende på hur många tidsluckor som annars används för tal eller dataöverföring med GSM som används. Nuvarande möjliga prestanda med Class 10 i operatörernas nät är 40-50kbit/s.

GPRS bygger på samma infrastruktur och system som GSM-nätet och har i stort samma tillförlitlighet.

3.8.4 Marknadssituation

GPRS är till skillnad mot GSM paketbaserad, dvs man är ständigt uppkopplad vid datatrafik. Man betalar istället för överförd datamängd.

TCP/IP-baserad trafik är mycket enkelt att upprätta med GPRS-teknik, och olika sorters instickskort, nätverks- eller serieportsanslutna enheter finns tillgängliga.

Fram till nyligen var man tvungen att gå ”omvägen” genom GPRS-operatörens Internettjänst för att ansluta sig till en annan nod, men numera finns möjligheten att koppla upp sig direkt mot en annan nod med TCP/IP. Bl.a. Multicom, som hyr kapacitet av Telia, erbjuder denna möjlighet. Man ”äger” då sitt eget nät utan att Internet är involverat, vilket även medför större säkerhet och enklare infrastruktur.

- GPRS är en relativt lämplig teknik att använda om täckning finns. Man slipper problemet med att ordna fri sikt mellan noderna och utrustningen är relativt billig och driftkostnaderna är låga, då projektet sänder data sällan och i små mängder. Däremot kräver utrustningen mer ström än radiomodem.
- Tillverkaren Maestro tillverkar två versioner av en billig (ca-pris 1700kr) GPRS-modem som ansluts till ett nätverk eller serieport.



Figur 3.6 - Maestro 20 och 100 för GPRS.

Fördelar	Nackdelar
Stor, men inte komplett täckning	Dålig täckning i delar av Norrland
Det finns en stor mängd modem och kommunikationsutrustning som använder sig av GPRS.	
Fri sikt mellan noderna behöver inte ordnas.	

3.9 UMTS

3.9.1 Förklaring

Denna teknik kallas i folkmun för 3G-telefoni. UMTS är den standard som används i Europa.

Den är lik GPRS, med den skillnaden att prestandan är mycket högre. Täckningen är mycket liten för närvarande, då den använder sig av egna basstationer, vilket bara är utbyggt i storstadsregionerna ännu så länge

3.9.2 Gränssnitt och säkerhet

Samma gränssnitt och anslutningsmetoder finns som för GPRS-enheter, se kapitel 3.8.2 men ett mindre urval finns i dagsläget.

UMTS använder sig av protokoll som är säkrare än de för GSM, och dessutom hoppar frekvenserna mellan olika band, vilket gör det svårare att avlyssna en och samma signal.

3.9.3 Tillförlitlighet och prestanda

UMTS-näten är under uppbyggnad. Tillförlitligheten förväntas bli densamma som för GSM-näten.

De tjänster som erbjuds till en början, under vintern 2003/2004 från G, och troligen från Telia/Tele2 har bandbredden 384 kbit/s, men tekniken tillåter mycket högre prestanda än så, upp emot 2 Mbit/s teoretiskt.

3.9.4 Marknadssituation

Under hösten 2003 finns bara en operatör på den svenska marknaden, ”3”.

Produkter som använder sig av UMTS finns främst för mobila användare. Statiska och industri-anpassade produkter finns i begränsat antal men borde snart uppnå samma bredd som GPRS-baserade produkter.

Fördelar	Nackdelar
Hög prestanda.	Mycket liten täckning i nuläget i Norrland
Fri sikt mellan noderna behöver inte ordnas.	Den framtida prisbilden osäker. Prestandan är starkt överdimensionerad för applikationen, och priset kan vara därefter.

3.10 GSM

3.10.1 Förklaring

GSM är det mest spridda mobiltelefonisystemet. Den kan användas för att föra över data, men med låg bandbredd och långa uppkopplingstider. Det finns en stor mängd modem och kommunikationslösningar som använder sig av GSM.

3.10.2 Gränssnitt och säkerhet

Samma gränssnitt och anslutningsmetoder finns som för GPRS-baserade produkter. Program och hårdvara måste dock tolerera långa uppkopplingstider. PPP är ett måste vid användning av TCP/IP.

Se kapitel 3.6.2 för information om säkerhet vid användning av PPP.

3.10.3 Tillförlitlighet och prestanda

GSM har mycket låg prestanda för datorkommunikation, 9600 bit/s.

3.10.4 Marknadssituation

GSM-nät modifierade för att stöda GPRS finns i stort sett överallt där GSM finns. GPRS är att rekommendera före GSM i situationer där man överför små mängder data under många tillfällen per dag.

Man betalar förutom abonnemangsavgift en uppstartsavgift för samtalet samt en minutkostnad.

Fördelar	Nackdelar
Stor, men inte komplett täckning	Modemliknande funktion vid dataöverföring, vilket kan medföra misslyckade uppringningar, och programmen måste tolerera långa uppkopplingstider.
Det finns en stor mängd modem och kommunikationsutrustning som använder sig av GSM.	Abonnemang och uppkopplingstid medför löpande kostnader.
Fri sikt mellan noderna behöver inte ordnas.	Dålig täckning i delar av Norrland

3.11 Mobitex

3.11.1 *Förklaring*

I Sverige har dåvarande Televerket och Ericsson byggt ett rikstäckande mobitexnät. Trafiken bedrivs i duplex med utfrekvenser mellan 76-77MHz och infrekvenser mellan 81-82MHz.

Tekniken är paketkopplad, vilket innebär att man är uppkopplad konstant. Uppkopplingstiderna är långa, men bandbredden låg.

Mobitex har funnits sedan 1986 och är en mogen teknik som väntar på ett tekniskifte, vilket syns i de produkter som finns. Den används mycket av aktörer som behöver mobilitet, även i glesbygden. Transportföretag, skogsbolag och räddningstjänst är exempel på användare.

3.11.2 *Gränssnitt och säkerhet*

Gränssnittet är seriellt, och RS 232 används nästan genomgående, men det finns några undantag, till exempel en standard för montage och drift i bilar som kallas OVLS, Open Vehicle Standard.

Mobitex stöder även TCP/IP, vilket innebär att applikationer baserade på användning i företagsnät fungerar direkt, men självfallet med lägre prestanda.

3.11.3 *Tillförlitlighet och prestanda*

Dataöverföringskapaciteten är låg, 1 200 bit/s men är tillräcklig för skickande av enkla kommandon och mätvärden. Nätet anses ha mycket god tillförlitlighet och de produkter som finns är robusta.

3.11.4 *Marknadssituation*

För att kommunicera i Mobitex-nätet behövs ett Mobitex-abonnemang, radiomodem, terminaler och en speciell kommunikationsprogramvara för Mobitex.

Multicom erbjuder tjänster och produkter för Mobitex. Nätet har mycket stor täckning och produkterna hög tillförlitlighet, men är aningen ålderstigna, p.g.a. den förväntade övergången till ett annat nät för många av de nuvarande kunderna, t.ex. myndigheternas "blåljusnät"

Fördelar	Nackdelar
God täckning, även i Norrland.	Mycket låg bandbredd, vilket bör beaktas om planen är att senare implementera andra applikationer som kräver större bandbredd.
Fri sikt mellan noderna behöver inte ordnas.	En lösning baserat på Mobitex är troligen inte lika lätt implementerat som med GPRS.

3.12 Tetra / annat "blåljusnät"

3.12.1 Förklaring

Tetra står för **TE**rrestrial **T**runked **RA**dio och är ett digitalt, yttäckande radiosystem som tillåter direkt kommunikation mellan terminaler utan basstationer.

Systemet är tänkt att byggas ut i hela Sverige och avsett för bl a polisen och räddningstjänsten. TETRA kallas populärt för "Blåljus GSM". Oklart dock om och när Tetra kommer att införas.

Olika tjänster som TETRA kommer att stödja förutom vanlig talkommunikation är: slow-scan video, mobil Internet/intranet, textöverföringar, fjärrmanövreringar och mätaravläsningar. TETRA standarden stödjer även direktkommunikation mellan olika enheter utan inblandning av basstation eller växel vid haveri av dessa.

3.12.2 Gränssnitt och säkerhet

TETRA-terminaler är i nuläget utrustade med ett seriellt gränssnitt (RS-232), men framtida produkter kommer med all säkerhet att inkludera router-liknande funktionalitet och då ha RJ-45 Ethernet-anslutning.

WAP och liknande telefonitjänster finns och är på gång att införas till TETRA, vilket gör att TETRA blir mer likt ett vanligt telefonsystem, samtidigt som den har stöd för X25 och andra "traditionella" kommunikationsgränssnitt och protokoll. Tekniken verkar så pass flexibel att kompatibilitet med gamla och nya kommunikationssätt verkar relativt enkla att använda genom TETRA.

3.12.3 Tillförlitlighet och prestanda

Systemet ska vara mycket säkert och redundant, pga dess tänkta användningsområde. Varje TETRA-nod använder sig av 4 kanaler, och dessa disponeras av tal, datatransmission, eller till och med som relä för angränsande TETRA-noder som inte har kontakt med en basstation.

TETRA ska vara i princip omöjligt att avlyssna och det finns tre säkerhetsnivåer på kommunikationen, se tabellen nedan.

Kretskopplad datakommunikation – säkerhetsnivå	Tillgänglig bandbredd
Icke-skyddad dataöverföring	n x 7,2 kbit/s
Skyddad dataöverföring	n x 4,8 kbit/s
Dataöverföring – Maximalt skydd	n x 2,4 kbit/s

n = 1, 2, 3 eller 4, beroende på antalet tillgängliga kanaler

Prestanda är som beskrivet i tabellen beroende på vilken säkerhetsgrad och hur många av de 4 kanalerna som är tillgängliga. Tabellen innehåller data för kretskopplad (uppringd) förbindelse. Motsvarande prestanda gäller för paketkopplade förbindelser (TCP/IP och X25)

3.12.4 *Marknadssituation*

I Sverige diskuteras ett byggande av ett rikstäckande nät för räddningstjänst, polis osv, där ett nät baserat på TETRA är ett alternativ. Detta nät kommer eventuellt att även kunna användas av energibranschen. Syftet är att nätet ska ersätta eller komplettera GSM (tal) och långsamma datalänkar (t.ex. Mobitex). Ett TETRA-nät har redan utprovats i Gotland.

TETRA kan komma att bli mycket intressant i framtiden, men i nuläget finns endast lokala nät byggda. Nokia har som drivande aktör ett produktsortiment då de byggt upp TETRA-nät i Europa.

3.13 Satellit

Tvåvägs satellituppkopplingar används ofta i större, dyra och statiska installationer mot de TV- och kommunikationssatelliter som är placerade på en geostationär bana över mellersta Europa. Ju längre från kontinental-Europa man befinner sig, desto större parabler måste man använda sig av, och vissa satelliters funktion bortfaller helt.

3.13.1 Gränssnitt och säkerhet

Troligen kommer den här sortens tjänster paketeras som IP-förbindelser för företag och Internetanslutningar för företag och privatpersoner. De tjänster och produkter som finns idag är rena IP-uppkopplingar till en viss tjänst, t.ex. inom företaget eller till Internet.

Vad det gäller säkerhet och satellitkommunikation så bör man tänka på att transpondern på satelliten sänder ut informationen i en radiolob som när den når ytan ofta täcker stora geografiska områden. Även om upplänkningen sker med en riktad signal så sker ofta nedlänkningen med större spridning. Detta möjliggör avlyssning av information.

3.13.2 Marknadssituation

De satellitförbindelser som hittills varit kommersiellt tillgängliga har varit mycket dyra. Förbindelserna har oftast hyrts ut till större, tillfälliga evenemang.

I Sverige arbetar bl.a. företaget Display IT med satellitkommunikation. Det europeiska konsortiet Sirius, med satelliten med samma namn erbjuder bredbandsuppkopplingar över satellit, men är liksom några tidigare försök beroende på att kommunikationen uppströms genom modem, dvs. Ingen äkta tvåvägs kommunikation över satelliten används.

Internetleverantören Tiscali erbjuder sedan en tid tillbaka dubbelriktad Internetkommunikation via satellit. De maximala hastigheterna som erbjuds är 500 kbits/s i nerladdning och 256 kbit/s i uppladdning. Kostnaderna för utrustningen är ungefär 20 000kr och månadskostnaden 800-2000kr beroende på hastighet.

Man bör dock följa utvecklingen noga, då nya satelliter skjuts upp, tjänster paketeras och erbjuds till lägre och lägre priser.

Fördelar	Nackdelar
Fri sikt mellan noderna behöver inte ordnas.	Mycket dyrt, men priserna kan komma att sjunka inom kort
	Mycket dålig täckning i norra Sverige
	Hög elförbrukning
	Höga fasta och rörliga driftkostnader

4 Slutsatser

För att nå en slutsats kring trådlös kommunikation måste vi se på teknikerna ur ett större perspektiv – egentligen är de olika trådlösa kommunikationsmetoderna inget annat än ett alternativ eller ersättning för vanligt kablage. Samma protokoll används som i kablar och ur applikationers synvinkel finns ingen skillnad mellan trådburen eller trådlös kommunikation.

4.1 Skillnader

De olika trådlösa teknikerna skiljer sig åt mycket i flera aspekter. De främsta parametrarna är:

- Mobilitet, är tekniken statisk eller mobil?

Mobiltelefonbaserade lösningar, samt WLAN och Bluetooth är de lösningar som är de mest mobila.

- Räckvidd och täckning

Radiobaserade lösningar har de längsta räckvidderna, medan telefoni och satellitbaserad teknik har obegränsad räckvidd så länge det finns täckning i området.

- Bandbredd

Radio- och laserlänkar har högst bandbredd, men flera av de andra har goda prestanda. Detta krav bör anpassas till applikationens krav på bandbredd.

- Krav på kommunikationsenhetens vörd vid inbyggnad.

Bluetooth, telefonbaserad teknik och radiomodem kräver minst av den vörd som kommunikationsenheten är inbyggd i, och ZigBee är tänkt att gå ännu längre fram. WLAN kräver prestanda åtminstone i klass med handdatorer för att kunna användas.

- Kostnader

Laserlänkar och satellitlänkar är avsevärt dyrare än de andra lösningarna i inköp, och satellitlänkar har dessutom abonnemangs och ev. trafikavgifter. Mobiltelefonbaserade lösningar är billiga i inköp men de rörliga avgifterna kan bli höga om man inte anpassar lösningen väl för lågt eller smart utnyttjande.

Radiomodem och WLAN är nästan utan undantag licensfria, och utrustningen är ofta billig i inköp. Radiolänkar med hög prestanda kräver ofta licenstillstånd.

4.2 Teknikmognad

En konsekvens av att trådlösa tekniker i de flesta avseenden är att betrakta som kabelersättning i en IT-arkitektur är att inga nya protokoll tillkommit. Detta har medfört att mycket få kompatibilitetsproblem finns.

Trådlös teknik har fått stor uppmärksamhet och användning. Många produkter är baserade på samma grundkomponenter som konkurrenternas motsvarande. Detta i kombination med att stora mängder trådlös utrustning har sålts innebär att barnsjukdomar och problem i allmänhet löses snabbt. Speciellt Bluetooth och WLAN har dessa fördelar då de fått störst utbredning.

4.3 Säkerhet

Grundprincipen vid implementering av trådlösa nät är att de måste införas med kunskaper i detta ämne. Trådlösa nät, speciellt radionät, kan antas vara åtkomliga för andra. Vid trådlösa nät öppnar man även upp hela det nätet som kommunikationsnoderna befinner sig i, dvs inte bara det överförda datat är åtkomligt i många fall. Detta gäller nätverksbaserade lösningar, åtkomst till kritiska resurser genom komprometterade seriella länkar är svårare, men inte omöjliga att uppnå.

Man måste göra en rimlig bedömning vilken kombination av:

- Hotbilden – är datat och nätet som blir åtkomlig genom den trådlösa kommunikationslösningen kritiskt?
- Kommunikationsutrustningens inbyggda säkerhet – många lösningar har inbyggda skydd mot åtkomst för obehöriga. Dessa kan variera från starka till svaga, och vid kritiska tillämpningar bör man komplettera med extra skydd i form av kryptering, lösenordsskydd, tidsstyrning och/eller organisatoriska åtgärder.

5 Förslag på fortsatt arbete

5.1 Projektförslag: Mobil terminal för underhållspersonal

Ofta är rondningar mycket repetitiva och gås efter i förhand bestämda rutter med vissa åtgärder som ska utföras. En ny person kräver en hel del inläring för att komma in i rutinerna. Men det finns många situationer där personalen kommer till nya ställen som de inte är bekanta med, utan tillgång till instruktioner, ritningar och föreskrifter. Om platsen dessutom är avskilt belägen kan det vara svårt att hitta till platsen.

Underhållspersonal som besöker ett flertal platser för rondnings- och underhållsarbete har dessutom ingen kontakt med sitt kontor och kan således inte nå applikationer och information på sina resor eller rondningar.

Att förse en mobil operatör, en underhållsarbetare till exempel, med en handdator eller annan mobil datorutrustning med dessa funktioner kan vara ett lämpligt fortsättningsprojekt.

Tänkbara applikationer som kan implementeras och utvärderas kan vara:

- Rondningssystem inklusive inmatning av data, ev med streckkodsavläsning för att identifiera komponenter.
- Positioneringssystem med koppling till kartprogram för att hitta till aktuella anläggningar och komponenter.
- GIS-system med koppling till NetBas/NetGis och andra program för att lokalisera elnät. En koppling till ett positioneringssystem skulle ge mycket exakt och säker positionering av elnätskomponenter.
- Utrustningen kan även ge ökat skydd vid ensamarbete. T.ex. kan vissa åtgärder behövas periodiskt för att säkra att operatören inte är skadad. Om det finns positioneringsmöjligheter kan även operatörens position skickas vid ett larm. Här måste den personliga integriteten vägas mot de fördelar som ett sådant skydd ger, och kan i sig vara värd en undersökning eller mindre projekt, med intervjuer, enkäter osv.
- Tillgång till ritningar, säkerhetsföreskrifter, reservdelslistor.
- Diverse funktioner tillgängliga i kontorsmiljö: E-post, tidrapporter, inrapportering, Internet, företagsinformation.

Datorenheten som används bör vara miljöskyddat och robust

Lämpliga kommunikationsmetoder att beror på projektets målgrupp. Om operatören är mycket mobil är GPRS eller till och med UMTS (3G-telefoni) lämpliga. Om aktiviteterna utförs i en anläggning är bluetooth eller WLAN mest lämpade. Idag finns produkter och standarder tillgängliga för att växla sömlöst mellan olika nät beroende på vad som finns tillgängligt. Den sistnämnda möjligheten ökar teknikhöjden och den potentiella nyttan avsevärt.

5.2 Projektförslag: Trådlös signalöverföring med alternativ strömförsörjning

Trådlös kommunikation öppnar nya möjligheter. Mätning på rörliga delar blir enklare. Vid behov av tillfällig mätning går det snabbt att utlokalisera sensorerna. Mätning på rörliga delar blir enklare. Sensorer kan monteras på roterande delar, exempelvis kan en temperaturgivare monteras på rotern i en generator. Dock kvar står problemet med att sensorerna och kommunikationsenheten måste strömförsörjas. Många kommunikationstekniker är ganska strömkrävande. Att använda batterier som strömkälla kräver då att byte av batterier med jämna mellanrum och friheten med trådlöskommunikation blir begränsad.

Syftet med genomförande av projektförslaget är att utreda vilka trådlösa kommunikationslösningar som går att strömförsörja under längre tid med batterier eller liknande strömkällor. Dessutom undersöka om det finns alternativ till batterier. Kan induktionsalstrad ström vara en lösning?

6 Referenser

- [1] GPRS Wireless Security; "Not Ready For Prime Time", @Stake Research Report, Juni 2002-12-18.
- [2] Andersson Mats; "Industrial Use of Bluetooth", ConnectBlue, april 2001
- [3] SIG Security; "Säkerhet vid trådlös datakommunikation", Studentlitteratur, 2001
- [4] Kjesbu S, Endresen J; "Bluetooth in Industry", ABB Corporate Research AS, 2000
- [5] ConnectBlue AB, <http://www.connectblue.com>
- [6] Pro4Wireless, <http://www.pro4wireless.com>
- [7] Svensk Binär Teknik AB, <http://www.binarteknik.se>
- [8] Satel Oy, <http://www.satel.fi>
- [9] Direktronik, <http://www.direktronik.se>
- [10] Multicom Security, <http://www.multicomsecurity.se>

Bilagor

A Allmän information kring trådlös datakommunikation

Detta kapitel innehåller information och diskussion kring ämnen som kan vara av relevans i samband med trådlös kommunikation.

A.1 Protokoll

Seriell kommunikation

Seriella gränssnitt och protokoll används mycket i industrin, och de flesta sensorer använder sig av den. Tekniken är billig och mycket spridd med god tillgång av sensorer och kommunikationsutrustning.

PPP kan användas för att använda sig av TCP/IP med vissa typer av seriella modem.

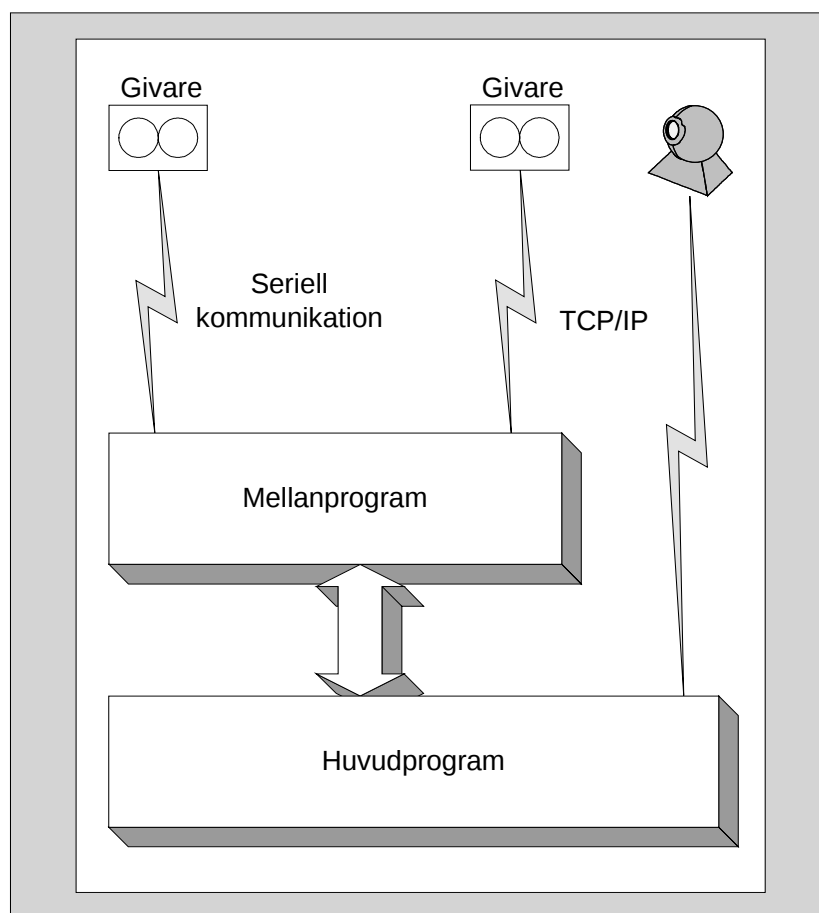
Nätverksprotokoll

Bland olika nätverksprotokoll finns det en som idag är den mest dominerande; TCP/IP, som Internet och flertalet lokala nätverk använder sig av. Man bör även nämna att t.ex. ProfiBUS och MODBUS finns i varianter som går att använda på nätverkshårdvara baserat på Ethernet, vilket är totalt dominerande i lokala nät.

Det finns utrustning som kan brygga alla sorters nätverksbaserade protokoll, t.ex. laserlänkar, medan den största delen av kommunikationsutrustningen, t.ex. routrar och modem använder sig enbart av TCP/IP.

Slutsatser protokoll

För att överbrygga skillnader mellan kommunikationsgränssnitt när man bygger system där flera olika gränssnitt och kommunikationstekniker används kan man med fördel använda sig av någon form av "mellanprogram" för att skilja kommunikationsgränssnittet och protokollen som används.



Figur A.1 - Mellanprogram används i detta exempel för att koppla in sensorer till ett huvudsystem oavsett kommunikationsgränssnitt

Detta synsätt kan löna sig även i andra avseenden, då systemet blir mer modulärt. Ett modulärt upplägg underlättar felsökning, val av tekniker och skapar väl definierade gränssnitt mellan t.ex. olika uppdragstagare.

A.2 Radiokommunikation

Tekniken används mycket för att upprätta punkt till punkt-kommunikation mellan platser som är inom synhåll för varandra, t.ex. mellan skolbyggnader, industriella fastigheter – helt enkelt som ett sätt att förlänga den existerande nätverksinfrastrukturen.

Då den är baserad på radioteknik med hög frekvens (upp till mikrovågsfrekvenser) uppnår man bäst räckvidd när antennerna inte har reflekterande eller absorberande objekt på en rak linje mellan sig eller inom ett tiotal meter på var sin sida av linjen. På nedanstående webbplats finns olika verktyg för att beräkningar i ämnet:

<http://www.ecommwireless.com/calculations.html>

Vissa frekvenser är mindre känsliga för hinder i vägen och används med fördel i miljöer där väggar och andra objekt ligger i vägen. Där ingår bl.a. Bluetooth och radio-LAN

Räckvidden och risken för databortfall är direkt beroende av ett antal faktorer, men främst:

- **Sändeffekt**
Ju större sändeffekt, desto längre räckvidd. I vissa frekvensområden finns det en maximal gräns för sändeffekten.
- **Antenntyp**
Den avsända signalens riktning beror på vilken sorts antenn man använder sig av.

En rundstrålande antenn skickar ut en "rund" signal(egentligen inte ut en helt perfekt rund signal utom ur ett horisontellt perspektiv). Denna typ av antenn placeras upprätt så att samma sändeffekt skickas ut åt alla håll i ett horisontellt plan.

En riktad antenn har en mycket starkare signal åt ett specifikt håll. Ju mindre vinkel, desto mindre område täcker den, men avståndet ökar mycket.

- **Förstärkning**
Den inkommande signalen kan förstärkas innan signalbehandlingen. Förstärkningen förlänger räckvidden, men medför att förhållandet signal/brus blir lidande. Detta kan medföra att data förloras, och måste återsändas (vilket ofta sker automatiskt av utrustningen, konsekvensen är minskad bandbredd)

A.3 Miljöskydd och robusthet

Då en stor del av kommunikationslösningarna för trådlös datakommunikation kommer från IT-världen är först och främst är avsedda för kontor bör man beakta de krav som ställs på utrustningen och olika produkters robusthet och miljöskydd.

Det finns få produkter som är helt skyddade mot regn och vind. Om kommunikationsutrustningen måste placeras utomhus bör den därför installeras i en skyddande låda. Om en extern antenn behövs kan en längre antennsladd användas för att inte behöva montera kommunikationsutrustningen i det fria över anläggningen.

Vissa skillnader finns i utförandet mellan produkterna. Satellit, radio och laserlänkar är från början avsedda att användas i utemiljö, vilket innebär att de behöver mindre eller inget skydd.

Radiomodem och GSM/GPRS-modem är i allmänhet mer robusta än radio-LAN-utrustning då de är tänkta för industriellt bruk från början, till skillnad mot det sistnämnda. Undantag finns, men sådan radio-LAN-utrustning sticker snabbt iväg i pris, och samma effekt uppnås billigare genom att ordna lämpligt miljöskydd för utrustningen.

B Ordlista

Term	Betydelse
IEEE	IEEE (utläses "i-triple-e"), Institute for Electric and Electronic Engineers, är en sammanslutning av folk och företag inom elektricitet, elektronik och datorer, huvudsakligen i USA.
Mellanprogram	Ofta benämnt med sitt engelska ursprung "middleware" I datavärlden är ett mellanprogram en programvara som förenklar kommunikation mellan olika skikt av ett system. Det typiska för ett sådant system är att det behöver byggas ut åt båda hållen för att göra någon nytta, men någon egentlig strikt definition saknas.
PPP	PPP är en teknik för att kunna tunnla TCP/IP-trafik genom användande av seriell kommunikation.
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Samlingsnamn för de protokoll som är grunden för kommunikation över Internet samt i de flesta företagsnätverk.
VPN	Virtuella Privata Nätverk. Metod för att skapa en tunnlad sammankoppling mellan nätverk över ett annat nätverk. Ofta innefattar VPN att man skapar en krypterad och därmed uppsäkrad kommunikation över det sammanlänkande nätverket.
PTS	Post- och Telestyrelsen http://www.pts.se/
WEP	WEP står för Wireless Equivalence Privacy och är en krypteringsmetod som ingår i standarden IEEE 802.11 (b, a och g) för trådlösa nät. Tanken var att WEP skulle göra de trådlösa näten lika säkra som trådnät, dvs inte perfekt säkra, men kanske tillräckligt bra för de flesta. Brister i algoritmerna har upptäckts, vilket innebär att nivån på krypteringen (40 och 128 är vanligaste nyckellängderna) är missvisande. Andra säkerhetsåtgärder bör vidtas för kritiska applikationer.
WiFi	En kvalitetsmärkning för trådlösa nätverk utarbetat av WECA Wireless Ethernet Compatibility Alliance http://www.weca.net/ Den innefattar även krav på interoperabilitet, dvs. att WiFi-märkta enheter måste kunna kommunicera med varandra.
Änd-till-änds säkerhet	Kommunikationen är uppsäkrad hela vägen mellan de olika kommunicerande ändpunkterna. I motsats till länksäkerhet där enstaka länkar eventuellt säkras upp var och en för sig.

C Scenarios

Denna bilaga innehåller beskrivningar av scenarios utvecklade i syfte att beskriva inriktning och avgränsning för PROFIT.

C.1 Felavhjälpning elnät

Tabell C.1 Användningsfall: Larm nattetid från 130/20 kV station

Nr	Aktivitet	Beskrivning	Aktör	Hjälpmedel och verktyg	Information
1	Detektering	Mätvärden/indikeringar från processutrustning och omgivning (ex. temp, fukt) överförs cykliskt till ett expertsystem (gem. För flera anläggningar) som är placerat i driftcentral	"Process-gränssnitt, Kontroll-anläggning"	Lokal kontrollanläggning/SCADA-system	Digitala och analoga signaler
2	Driftlarm	Expertsystemet detekterar onormalt tillstånd för en 20 kV brytare och skickar larm "Onormalt tillstånd brytare fack 21"	Kommunik.-system	Expertsystem	
3	Diagnos	Larm presenteras för operatör	Driftoperatör	SCADA-system	
4	Analys/Beslut om åtgärd	Operatör beslutar om drift- eller underhållsåtgärd baserat på utvidgad (uppkallas) information från expertsystem. Behov av jourhavande beredskap identifieras. Arbetsorder skrivs.	Driftoperatör		Arbetsorder
5	Analys	Beredskapspersonal kopplar från basplats upp sig mot expertsystemet för hjälp till analys av felavhjälpning och resursbehov för detta. Historiska data är en del av analysarbetet.	Underhållspersonal	Expertsystem, mobilt terminal för beredskapspersonal	Processdata, lokal logg, larmlista, händelselista
6	Rapportering	Lägesrapport till driftcentralen. Operatör i driftcentral fattar beslut om att vänta med reparation till dagtid. I väntan på reparation görs driftomläggning. Åtgärder vid utryckning registreras i driftjournal.	Underhållspersonal		Journaler (från felavhj. & rondning)
7	Planering av Uh-insats dagtid	Behov av åtgärd dokumenteras. Status för fel och åtgärd noteras. Vid behov kan kommunikation mellan specialister/leverantörer mot expertsystem och beredskapspersonal ske.	Underhållspersonal		Journaler (felavhj. & rondning), uh-planer, rapporter, lager (sök/best)
8	Åtgärd	Reparation. Vid behov kan underhållspersonal koppla upp sig i realtid mot leverantör/specialister m h a handterminal och tillhörande kamera. Tillgång till manualer m.m. möjlig via handterminal	Underhållspersonal		Anläggnings-info, instruktioner, lager (sök/best)
9	Återställning	Funktionskontroll	Underhållspersonal		
10	Driftsättning	Facket tas åter i drift, återgång till normalt driftläge.	Driftoperatör		
11	Rapportering	Åtgärder rapporteras till driftcentralen. Åtgärder vid reparation registreras i driftjournal.	Underhållspersonal		

C.2 Felavhjälpning produktion

Tabell C.2 Användningsfall: Larm nattetid i obemannad kraftstation

Nr	Aktivitet	Beskrivning	Aktör	Hjälpmedel och verktyg	Information
1	Detektering	Sensor detekterar hög temperatur tryckoljesystem. Maskin löser ut per automatik. Signaler överförs till lokal kontrollanläggning.	"Process-gränssnitt, Kontroll-anläggning"	Lokal kontroll-anläggning	Digitala och analoga signaler
2	Driftlarm	Larm "Utlöst maskin" skickas till driftcentral	Kommunik.-system	Kommunikation via tråd, telefon, eller radio	Typiskt A-, till D-larm
3	Diagnos	Larm "Utlöst maskin" presenteras för operatör	Driftoperatör	SCADA-system, t ex SattCon90	
4	Beslut om åtgärd	Operatör beslutar om drift- eller underhållsåtgärd. Jourhavande beredskap kallas in. Arbetsorder skrivs.	Driftoperatör		Arbetsorder
5	Analys	Beredskapspersonal går in i lokalt övervakningssystem, på plats eller från fjärr, och kontrollerar larm- och händelselista. Finner information om larm "Hög temp tryckoljesystem".	Underhålls-personal	Lokalt SCADA-system, t ex SattCon90	Processdata, lokal logg, larmlista, händelselista
6	Åtgärd	Tryckoljan har i detta fall nu återgått till normal temperatur. Maskinen återstartas varvid temperaturen snabbt stiger, och maskinen stoppas. Felsökning/reparation krävs.	Underhålls-personal		
7	Rapportering	Åtgärder rapporteras till driftcentralen. Operatör i driftcentral fattar beslut om att vänta med reparation till dagtid. Åtgärder vid uttryckning registreras i driftjournal.	Underhålls-personal	Tillståndskontrollsystem, t ex Conwide	Journaler (från felavhj. & rondning)
8	Planering av Uh-insats	Behov av åtgärd dokumenteras. Status för fel och åtgärd noteras.	Underhålls-personal	Underhålls-system t ex Conwide	Journaler (felavhj. & rondning), uh-planer, rapporter, lager (sök/best)
9	Analys	Underhållspersonal kontrollerar historik för temperatur för att identifiera ev. stegrande förlopp. Söker orsak till fel genom expertsystem eller kontakt med expert. Studerar åtgärder vid tidigare liknande fel.	Underhålls-personal		Historik (trendkurvor), bearbetad data, journaler (felavhj. & rondning)
10	Åtgärd	Reparation	Underhålls-personal		Anläggnings-info, instruktioner, lager (sök/best)
11	Återställning	Funktionskontroll	Underhålls-personal		
12	Driftsättning	Maskin återstartas.	Driftoperatör		
13	Rapportering	Åtgärder rapporteras till driftcentralen. Åtgärder vid reparation registreras i driftjournal.	Underhålls-personal		

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31

Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35

www.elforsk.se