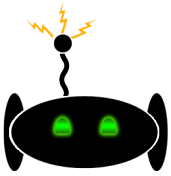
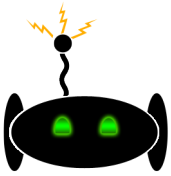


Trådlös kommunikation

Niklas Ericson och Jens Edhammer
Kandidatprojekt Y - Grupp 8 - VT2014
Version 1.0

Status

Granskad	-	22 maj 2014
Godkänd	-	-



PROJEKTIDENTITET

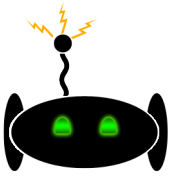
Grupp 8, 2014/VT, MapMaster2001
Tekniska högskolan vid Linköpings universitet, ISY

Namn	**Ansvar**	**Telefon**	**E-post**
Jens Edhammer	Dokumentanvsvarig (DOK)	076-030 67 80	jened502@student.liu.se
Erik Ekelund	Designansvarig (DES)	073-682 43 06	eriek984@student.liu.se
David Habrman		976-017 71 15	davha227@student.liu.se
Tobias Grundström	Testansvarig (TES)	073-830 44 45	tobgr602@student.liu.se
Hans-Filip Elo		073-385 22 32	hanel742@student.liu.se
Niklas Ericson	Projektledare (PL)	073-052 27 05	niker917@student.liu.se

E-postlista för hela gruppen: mapmaster2001@cyd.liu.se

Kund: Mattias Krysander, Linköpings universitet, 581 83 LINKÖPING,
013-28 21 98, matkr@isy.liu.se
Kontaktperson hos kund: Mattias Krysander, 013-28 21 98,matkr@isy.liu.se
Kursansvarig: Tomas Svensson, 3B:528,013 28 21 59,tomass@isy.liu.se

Handledare: Peter Johansson, 013-28 1345 peter.a.johansson@liu.se



Innehåll

1 Inledning

I kursen TSEA56 utförs ett projekt i elektronik. Projektet avser att konstruera en mobil robot som autonomt kartlägger en bana. Roboten ska kommunicera med en persondator via trådlös kommunikationslänk. I projektet ska även en fördjupning skrivas med anknytning till projektet. Denna fördjupning avser att redovisa olika typer av trådlös kommunikation. I avslutande del av dokumentet kommer kommunikationsprinciperna att jämföras utifrån hastighet, säkerhet och applicerbarhet för vårat projekt.

2 Problemformulering

Trådlös kommunikation med ett mobilt fordon ställer vissa krav på kommunikationslänken. I denna fördjupning kommer olika kommunikationsmetoder att undersökas. I fördjupningen tas väsentliga aspekter för trådlös kommunikation hos de olika teknikerna upp och granskas. Dessa är framförallt säkerhet, avstånd, överföringshastigheter och stabilitet hos de olika teknikerna.

- Hur säker är respektive kommunikationsteknik samt vilken säkerhetsteknik bygger de på?
- Vad har teknikerna för räckvidd?
- Vilken hastighet kan teknikerna operera i?
- Hur stabil är kommunikationslänken?
- Vilka trådlösa kommunikationstekniker passar ett mobilt robotfordon?

3 Principer för trådlös kommunikation

Trådlös kommunikation utnyttjar ljus eller radiovågor och modulering av dessa för att skicka en följd av ettor och nollor i ett förspecificerat protokoll från sändarenheten. På mottagarenheten finns hårdvara för att läsa av den inkommande vågens modulering och konvertera tillbaka detta till en bitföljd och tolka datat.

3.1 WLAN

Ett wireless local area network (WLAN) kopplar ihop två eller flera noder med hjälp av någon form av trådlös distributionsmetod. Ett exempel på en sådan distributionsmetod är orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) som utnyttjar olika bärvågfrekvenser får att koda om signalen. WLAN använder sig oftast av en accesspunkt så att noderna/användarna kan förflytta sig inom räckvidden för denna accesspunkt. Idag används mestadels WLAN som är baserade på standarden IEEE 802.11 som i vardagligt språk brukar kallas Wi-Fi. Standarden är skapat av Institute of Electrical and Electronics Engineers, (IEEE).

Användning av WLAN har ökat radikalt och blivit väldigt populärt på grund av dess flexibilitet och användarvänlighet. Dessa typer av nätverk kommer dock alltid med lite säkerhetsrisker. IEEE 802.11 innehåller både kryptering och autentiseringsmetoder med hjälp av wired equivalent privacy (WEP).[1] Detta är en av de mest simpla metoderna och har idag ersatts av Wi-Fi Protected Access (WPA) som använder sig av en mer avancerad krypteringsmetod än WEP.

3.1.1 Stationer

Alla komponenter i ett WLAN utgörs av antingen stationer som kan vara noder eller accesspunkter. Alla stationerna har ett nätverkskort, wireless network interface controller (WNIC), som arbetar på samma lager som MAC-lagret (Se rubrik IEEE 802.11). Nätverkskortet använder antenn för att kommunicera med hjälp av radiovågor. En accesspunkt utgörs oftast av en router eller en switch medan en nod utgörs av en PC eller mobiltelefon.

3.1.2 Räckvidd och störkänslighet

WLAN har en räckvidd på mellan 10 och 100 meter.

[1] Lopez-Aguilera, Elena. Study on the influence of transmission errors on RSNA authentication mechanisms in IEEE 802.11 WLAN. Computer Communications Volume: 41 Issue: 5 (2014-01-01) p. 76-93

Det finns flertalet källor till störningar, ett exempel är andra trådlösa kommunikationstekniker som mobiltelefoner. Alla elektromagnetiska källor i aktuellt frekvensband kan vara en störningskälla, en vanlig sådan källa är mikrovågsugnar som skickar ut störningar i hela 2,4 GHz bandet.

En av teknikerna för att minska eventuella störningar är att skicka sin data utspridd på olika frekvenser. Detta ger vid en störning på en viss frekvens att det är endast den delen av datasändningen som blir förstörd. Den förstörda datan kan då upptäckas och skickas om på en annan frekvens. Detta kallas ”spread spectrum” och en vanlig implementering av den kallas ”frequency hopping”, (FH). Med FH kommer transmissioner att spridas ut på vissa frekvenser, där mer avancerade versioner av FH kan mäta i sin omgivning för att hitta lämpliga kanaler i bandet för kommunikationen. När enheten har hittat dessa kanaler så skapas en mask som sedan delas mellan enheterna som ska kommunicera sinsemellan.[2]

3.1.3 IEEE 802.11

IEEE 802.11-familjen består av en serie halv-duplex (kommunikationen kan ske i båda riktningarna men bara en riktning i taget) modulationstekniker som använder sig av samma MAC-protokoll. MAC-protokollet eller MAC-lagret är ett sublager i datalänklagret. Detta lager fungerar som en mellanhand mellan logical link control (LLC) och nätverkets fysiska lager och styr alltså hur nätverksnoderna får åtkomst till det fysiska skiktet (signal och binär överföring). IEEE 802.11.g har en räckvidd på cirka 30 meter medan IEEE 802.11.n har en räckvidd på cirka 50 meter.
Standarden finns i flertalet versioner som använder sig av olika frekvensband och hastigheter. De vanligaste frekvensbanden är 2,4 och 5 GHz och hastigheten kan vara allt från 2 Mbit/s till 1 Gbit/s. IEEE 802.11 kräver att nod x konstant lyssnar för att vara redo om en nod y skulle försöka skicka data. Detta drar givetvis mycket ström men kan reduceras med hjälp av en Network Allocation Vector (NAV), som enkelt sett fungerar som en räknare. När räknaren är nollskild är systemet i vila, när räknaren är noll lyssnar systemet. Trådlösa stationer som har batteridrift kan därför spara ström genom att gå i vila och sen vakna till när räknaren är noll och då vara redo att ta emot data.[3]

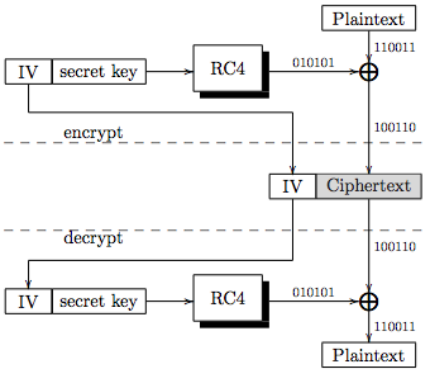
3.1.4 WEP

Wired Equivalent Privacy (WEP) är ett system som utvecklats för att göra 802.11 standarden säker. Principiellt går det till så att avsändaren(exempelvis routern) krypterar data och skickar det trådlöst för att mottagaren(exempelvis en smartphone)sedan ska kunna dekryptera det. WEP är ett protokoll som bygger på att både sändare och mottagare har

[2] How WiFi Works,http://www.i-programmer.info/programming/hardware/2767-how-wifi-works.html

[3] Holger Karl, Willig Andreas. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks, Wiley, 2005

samma nyckel. RC4-chiffret använder sedan nyckeln för att skapa en pseudo-slumpad utsekvens som skickas till mottagaren. Väl på mottagarsidan sker samma sekvens fast i omvänd form för att få fram datapaketet.[4]



Figur 1: Översiktsbild WEP[4]

[4]Chaabouni, Rafik. Break WEP Faster with Statistical Analysis, Institute of Technology Lausanne, 2006. http://lasecwww.epfl.ch/pub/lasec/doc/cha06.pdf

Problemet med WEP är att den gemensamma nyckeln aldrig eller väldigt sällan byts ut eftersom metoden inte har stöd för att enheter byter krypteringsnyckel dynamiskt. Om samma nyckel används under lång tid kan angripare hitta mönster i paketen och således även nyckeln. Hur lång tid det tar att knäcka en WEP-nyckel beror på hur pass stor dataströmmen är; desto fler paket som skickas från noden till knytpunkten ju mer data med samma nyckel har avlyssnaren att arbeta med. På grund av bristerna i denna krypteringsmetod har en del andra utvecklats och kommit ut på marknaden under senare år.[5]

3.1.5 WPA

Wifi Protected Access (WPA) skapades för att ersätta WEP och fylla igen dess säkerhetsbrister. WPA använder sig även den av chiffret RC4 men till skillnad från WEP har den en nyckel som dynamiskt genereras för varje enskilt paket. WPA finns i två versioner, Enterprise och Personal. De två olika versionerna har olika metoder för autentisering av noderna i nätverket. WPA-Personal även kallad Pre-Shared key, används av hemmaanvändare och här autentiserar varje nod med knytpunkten(routern) med en 256-bitars nyckel. WPA-Enterprise även kallad 802.1x använder sig av en central server ofta kopplat till ett större nätverk (exempelvis på ett företag) som kontrollerar att certifikaten eller nycklarna är korrekta hos de noder som söker access. [6] Förutom att WPA producerar nycklar dynamiskt har den även en rad andra tekniker som gör den säkrare än WEP. De krypterade paketen organiseras bättre och använder en vassare algoritm. WPA är säkrare än WEP men givetvis inte helt säkert. En ”hacker” skulle t.ex. kunna använda en teknik som går ut på att skicka speciella paket till autentiseringsnoden och sedan studera hur dessa tas emot. Detta är dock betydligt svårare än WEP och den största risken med WPA är oftast att användare väljer ett allt för enkelt lösenord.[5]

3.1.6 WPA2

WPA2 är som det låter en vidareutveckling av WPA. Största fördelen med WPA var ju att den dynamiskt kunde byta ut nycklar, WPA2 gör nyckelskiftningen på ett mer elegant sätt. Den använder sig av Counter Mode Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol eller helt enkelt CCMP. Detta krypteringsprotokoll har skapats utifrån svagheterna i WEP. Enkelt sagt kan man säga att protokollet gör så att avsändaren och mottagaren identifierar sig mot varandra och bestämmer en gemensam nyckel som i princip bara existerar vid ett tillfälle då ett enskilt paket skickas.[6]

[5]Kryptera mera. WEP, WPA och WPA2. http://www.omwlan.se/artiklar/kryptering-wep-wpa.aspx
[6]Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2) Configuration Example. http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/67134-wpa2-config.html

3.2 Bluetooth

Bluetooth är en global standard för trådlös kommunikation på korta avstånd och utvecklades av Ericsson 1994. Bluetooth utnyttjades till en början primärt som en ersättning för serielkommunikationskablar mellan enheter.[7] Bluetooth är fullt duplex och kan alltså skicka information i båda riktningar samtidigt. Dessutom kan Bluetooth sättas upp utan en tidigare existerande trådlös-arkitektur och blir därför väldigt attraktiv för att para ihop enheter. På grund av hur Bluetooth protokollet fungerar är det just parning mellan två enheter som är aktuellt. Bluetooth har fler aspekter som gör det särdeles bra för små mobila enheter.[8]

- Låg strömförbrukning
- Låg kostnad
- Liten formfaktor
- Behöver ej fri sikt mellan enheterna

Bluetooth utnyttjar högfrekventa radiovågor mellan 2,4 GHz till 2,485 GHz för att sända information.[7]

3.2.1 Standarder för Bluetooth

Hastighet för olika Bluetooth standarder:

- Bluetooth 1.2 - 1 Mbit/s
- Bluetooth 2.0 - 3 Mbit/s
- Bluetooth 3.0 - 24 Mbit/s
- Bluetooth 4.0 - 24 Mbit/s

Intressant att notera här är att Bluetooth 3.0 har en teoretisk överföringshastighet på 24 Mbit/s, men att denna överföring inte sker via Bluetooth, utan via den snabbare teknologin IEEE 802.11. Bluetooth 4.0 ökar inte hastigheten från 3.0 utan fokuserar istället på att spara in på strömförbrukning.[8]

3.2.2 Koppling av enheter

En parkoppling mellan två Bluetooth-enheter, A och B, fungerar enligt principen att ena enheten, låt oss säga enhet B, är upptäckbar och sänder ut en form av identifikation, ofta i form av ett namn. Enhet A söker av vilka enheter den kan detektera och ger ofta en

[7]Bluetooth SIG. Fast Facts http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.asp
[8]Gupta, Naresh. Inside BLUETOOTH LOW ENERGY. Artech House, 2013

komplett lista till användaren över enheter som den detekterade. Nästa steg är att enhet A begär en koppling till enhet B. När kopplingen lyckas blir enhet A master och enhet B slave. Tvåvägskommunikation är nu möjlig mellan enheterna.[9]

3.2.3 Säkerhet

Bluetooth är en förhållandevis säker kommunikationsform, men är självklart inte helt säker. En begränsning är att Bluetooth-enheterna ofta saknar inmatningsmöjligheter och display. Detta leder till att lösenord inte kan fyllas i eller ens genereras på enheterna. Om båda enheter har display och inmatningsmöjligheter kan en 16 siffror lång PIN-kod genereras som sedan måste fyllas i på den enhet som begär kopplingen. Detta skyddar mot de flesta former av avlyssning. För enheter som saknar antingen display eller inmatningsmöjligheter finns andra möjliga lösningar. NFC, Near-Field Communication, kan användas för parning och då måste enheterna i princip röra varandra i parningsfasen men kan därefter utnyttja fulla räckvidden på Bluetooth. Detta kallas Out-of-Band Pairing.[9]

En annan typ av säkerhet som används är ”Just Work”, som utnyttjas när enheterna saknar både inmatningsmöjligheter och display. Ett exempel på detta är Bluetooth-headsets till mobiltelefoner. Denna säkerhetsmetod kräver inte att användare utför någonting förutom själva kopplingen. Denna metod skyddar mot passiv avlyssning, men ej mot aktiv avlyssning. Aktiv avlyssning är när en enhet lägger sig mellan de två enheterna och vidarebefodrar kommunikationen mellan dem och kan vara väldigt svår att upptäcka. Vid passiv avlyssning försöker man endast lyssna av kommunikationen mellan två enheter.[9]

3.2.4 Räckvidd och störkänslighet

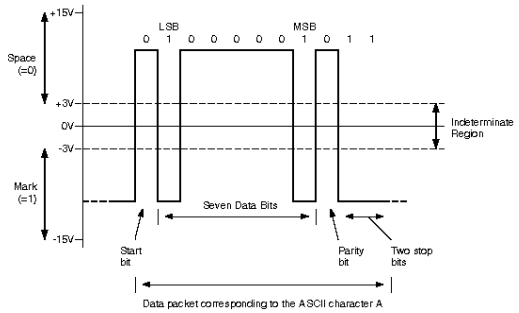
Bluetooth har en räckvidd på mellan 5 och 100 meter. Bluetooth som en medlem av IEEE-familjen har samma problem med störningar som WLAN, Bluetooth utnyttjar också ”Frequency Hopping”.

3.2.5 RS232

När den trådlösa delen av Bluetooth fungerar kan det vara intressant att diskutera vilken form av kommunikation själva hårdvaruenheterna som ska kommunicera med varandra får för typ av information. På en persondator, en vanlig mottagare av Bluetoothkommunikation, kommer den inbyggda Bluetooth-mottagaren alternativt Bluetooth dongel att virtualiseras som en serieport. Att kommunikationen blir seriell innebär att all information behöver konverteras till en följd av höga och låga bitar. RS232 är ett protokoll för sändning av just sådana paket. RS232 har stöd för asynkron kommunikation vilket

[9]Gupta, Naresh. 2013

blir eftertraktat när vi talar om trådlös kommunikation och information ofta kommer i små strömmer istället för en enda kontinuerlig ström. Vid programmering av mottagning och sändning via RS232 på en persondator finns oftast väl etablerade standardbibliotek att använda. På enklare hårdvara t.ex. en ATmega1284p med ett FireFly BlueSMiRF GOLD-modem, kommer man att variera spänningen på ett antal pinnar direkt för att styra diverse kommunikationssignaler samt för sändningen och mottagningen. Protokollet specificerar hur många databitar och stoppbitar man har i varje paketström och vilken typ av paritetsbit som ska användas. Dessutom har den stöd för kommunikationssignaler som kan reglera flödet av information. Två vanliga signaler är CTS och RTS. CTS, Clear To Send, berättar för motparten att denna enhet är redo att ta emot data. RTS, Request To Send, ber om tillåtelse att skicka. Dataströmmen av ett paket kan ses övergripande i figur 2 En viktig sak att beakta vid asynkron kommunikation är att båda enheterna i förväg måste veta vilken hastighet som protokollet utnyttjar.[10]



Figur 2: En RS232 sändning

3.3 Infrared (IR)

IR-kommunikation är en form av trådlös kommunikation där informationen skickas i form av IR-ljus och kräver därför direkt siktlinje mellan sändare och mottagare. En vanlig implementering av denna form av kommunikation är fjärrkontroller till TV-apparater. Infrared Data Association Standards (IrDA) är en association bestående av ungefär 100 medlemsföretag. IrDA protokollen är ett såkallat Point-to-Point-protokoll och skickar alltså kommunikation mellan två enheter. IrDA har överföringshastighet på 2,4 kb/s upp till 4 Mb/s på upp till 1 meters avstånd. Vid länkning av två enheter kommer dessa alltid att kommunicera med 9,6 kb/s för att sedan komma överens om vilken hastighet som ska köras under dataöverföring.[11]

[10] RS232 Data Interface, a Tutorial on Data Interface and cables. http://www.arcelect.com/rs232.htm

[11] Carruthers, Jeffrey B. Wireless Infrared Communications,Department of Electrical and Computer Engineering Boston University, 2002, http://iss.bu.edu/jbc/Publications/jbc-bc1.pdf

3.3.1 Långdistanskommunikation via IR

Flera hinder finns för konstruktion för långdistanskommunikation via IR. Dessa enheter behöver fri sikt och lider av signalstyrke förlust genom atmosfären. Vid byggnad-till-byggnad-kommunikation med IR får man även problemet med att byggnader svajar något vilket kan leda till att direkt länken bryts.[12]

3.3.2 Säkerhet

Säkerhet i IR-kommunikationsfallet vid kortdistans, handlar mer eller mindre om det faktum att avstånden för överföring är såpass små att hackningförsök blir inaktuella, men kryptering av data på mottagar- och sändarsida är självklart möjligt.[12]

[12]Carruthers, Jeffrey B. W 2002

3.4 ZigBee

ZigBee är en standard för trådlös styrning och övervakning som används i hem och industrier men även i andra övervaknings- och styrningsapplikationer där låg strömförbrukning och hög tillgänglighet är i fokus. Zigbee-standarden erbjuder näverks-, säkerhets- och applikationssupport ovanpå IEEE 802.15.4-standarden. Plattformen har stöd för stjärnnät och trädstruktur men mesh-arkitektur är mest populär.

3.4.1 IEEE 802.15

Standarden definierar protokoll och sammankoppling av enheter i ett wireless personal area network (WPAN). IEEE 802.15.4 (LR-WPAN) som ZigBee använder sig av är en undergrupp till denna standard och har egenskaper som låg datahastighet men med lång batteritid. Datahastigheten kommer maximalt att kunna uppnå 250 kb/s men räcker gott och väl till dess användningsområde. Det kan också skalas ner till 20 kb/s för att kunna hantera sensorer och dylikt.[13] ZigBee utvecklades som ett strömsnålt trådlöst interface och enheten kan sättas i sovande läge större delen av tiden då ingen kommunikation sker. ZigBee lämpar sig därför bra för batteridrivna enheter där data inte skickas så ofta.[14]

Standarden definierar det fysiska lagret samt datalänklagret i OSI-modellen.[15]

3.4.2 Mesh-arkitektur

Mesh-arkitekturen är en nätstruktur där alla noder i nätet har kontakt med minst 2 noder samtidigt. Detta ger i sin tur hög redundans vilket leder till högre säkerhet på kommunikationen. Strukturen är således tillförlitlig och erbjuder bra skydd mot varianser i signalstyrka som kan skapas av interferens eller multipla signaler.[16]

3.4.3 Säkerhet

Säkerhetsåtgärderna i denna standard är baserade på symmetrisk kryptering även kallad delad-nyckel-kryptering. Denna metod använder samma nyckel vid kryptering som vid

[13] Part 15.4 Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (2003)

[14] Blumenscheid, Bob. Comparing WLAN and ZigBee for embedded applications. http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1276273

[15] Zimmermann, Hubert (April 1980). OSI Reference Model — The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection. IEEE Transactions on Communications 28 (4): 425–432. doi:10.1109/TCOM.1980.1094702

[16] Wheeler, Andy. Krama saften ur Zigbee. Elektronik Tidningen (2005)

dekryptering och detta innebär givetvis en svaghet i säkerheten, men en tillräckligt stor nyckel ger oftast fullt tillräcklig säkerhet. Standarden använder sig även av kontroll av vilka noder som är tillåtna, alltså vilka som får skicka data. Varje nod har en access control list (ACL), en lista över noder som är godkända att kommunicera med som noden har för att kunna jämföra med inkommande förfrågningar från andra noder.[17] Med ZigBee följer även ett koncept som heter ”Trust Center” som möjliggör för noder att ansluta till nätverket, distribuera nycklar och ge möjligheten att kontrollera säkerheten hela vägen mellan två enheter. Det finns två olika säkerhetsnivåer, en gjord för hemmabruk och en för kommersiella applikationer. Den största skillnaden mellan de båda nivåerna är att den sistnämnda skapar och underhåller säkerhetsnycklar.[18]

3.4.4 Räckvidd och störkänslighet

Zigbee har en räckvidd mellan 10 och 100 meter.

I tabellen nedan visas räckvidden för respektive teknik. Alla teknikerna har ungefär samma räckvidd. [19] IEEE 802.11, Bluetooth och ZigBee arbetar samtliga nära 2,4 GHz bandet och detta leder till möjligheter för störningar mellan de olika kommunikationsteknikerna. Dessa tre tekniker är alla godkända av IEEE 802 som utvecklar standarder för kommunikation via trådlösa medier. En del av att räknas till IEEE 802-familjen är att ta fram ett ”Coexistence Assurance Document” och en plan för hur samtliga IEEE 802 tekniker ska kunna fungera gemensamt utan att påverka varandra mer än nödvändigt.[20] ZigBee utnyttjar också ”Frequency Hopping”.

[17] Zimmermann, Hubert 1980
[18] Wheeler Andy 2005
[19] Comparing WLAN and ZigBee for embedded applications
[20] ZigBee and Wireless Radio Frequency Coexistence, 2007, https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/07-5219.PDF

4 Resultat

WLAN är en fantastisk teknik för skapandet av nätverk mellan flera enheter och har fördelen att ha stöd för uppkoppling och delning av internet via routrar. WLAN har dessutom lång räckvidd, stark säkerhet och hög överföringshastighet.

Bluetooth skapar solida kopplingar mellan enskilda enheter och har förhållandevis enkelt programmeringsinterface både för högnivåspråk och lågnivåspråk. Dessutom har Bluetooth en relativt hög överföringshastighet. Det som lämnar lite att önska hos Bluetooth är säkerheten hos enklare och äldre enheter.

IR-kommunikation har kort räckvidd och kräver väldig stabilitet hos både mottagare och sändare. Om synsikten mellan sändare och mottagare bryts kommer även kommunikationen att brytas. Hastigheten hos IR är relativt hög.

ZigBee och Bluetooth är relativt lika tekniker, där ZigBee åtminstone ursprungligen riktade sig mer mot strömsnåla implementeringar i högre grad än Bluetooth

5 Diskussion

Utifrån fördjupningen kan vi sluta oss till att IR-kommunikation inte är ett alternativ för ett mobilt robotfordon. IR kräver antingen relativt stillastående föremål eller korta avstånd. Dessutom krävs sändar-mottagarstruktur på båda sidor då ett mobilt robotfordon rimligen ska både kunna skicka och ta emot data.

WLAN, Bluetooth och ZigBee tillhör som sagt alla IEEE802-familjen och har därför alla tekniker och metoder för att minimera störningar, i vårt fall ska även nämnas att tappad uppkoppling under kortare tid inte är ett allvarligt problem, utan skulle kunna lösas via mjukvarubuffrar etc. Vi har inte kunnat hitta någon signifikant skillnad i störkänslighet mellan de olika teknikerna, men det kan tänkas att en viss teknik i en given miljö skulle fungera bättre. För en applikation som skulle utnyttjas i en viss miljö kan en radiofrekvensmätning utföras för att sedan utföra vidare undersökningar om någon av teknikerna lämpar sig bättre. Kanske finns en störning på en viss frekvens i just den miljön.

IEEE802.11 är ett starkt alternativ tack vare sin höga överföringshastighet och långa räckvidd, men en oro är störningar som kan uppstå då många signaler populerar IEEE802.11 bandet, samt att en existerande nätverksstruktur behövs användas. En nätverksstruktur skulle troligen innebära ytterligare en enhet att behöva eventuellt felsöka.

Zigbee-tekniken har dock längre räckvidd vid samma strömförbrukning än Bluetooth och lämpar sig därav för mindre robotar som ska kunna operera under en längre tid. Omgivningen har även den stor betydelse för räckvidden och framförallt för signaler med låg intensitet. Oavsett vilken av teknikerna som används kommer en övervägning mellan strömförbrukning och räckvidd att vara nödvändig. En ytterligare aspekt till detta

är mottagarenhetens begränsningar. En persondator med inbyggd Bluetooth har ca. 10 meter räckvidd på sin Bluetooth-enhet medan nätverkskortet kan kommunicera via WiFi på ca. 50-100 meter.

Bluetooth, ZigBee och IEEE802.11 klarar alla kommunikation i båda riktningar, har tillräcklig säkerhet och stabilitet för vårt fall. Bluetooths användarvänlighet, att det ofta finns färdig sändare/mottagare i persondatorer och det faktum att den är Point-to-Point får avgöra i detta fall och Bluetooth blir rekommendationen vi lämnar på kommunikation med autonomt robotfordon.

Referenser

Bluetooth SIG. Fast Facts http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.asp

Chaabouni, Rafik. Break WEP Faster with Statistical Analysis, Institute of Technology Lausanne, 2006. http://lasecwww.epfl.ch/pub/lasec/doc/cha06.pdf

Comparing WLAN and ZigBee for embedded applications,http://www.eetimes.com/document.asp?doc_

Gupta, Naresh. *Inside BLUETOOTH LOW ENERGY.* Artech House, 2013

Holger Karl, Andreas Willig. *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, Wiley, 2005

How WiFi Works, http://www.i-programmer.info/programming/hardware/2767-how-wifi-works.html

Kryptera mera. WEP, WPA och WPA2. http://www.omwlan.se/artiklar/kryptering-wep-wpa.aspx

Lopez-Aguilera, Elena. *Study on the influence of transmission errors on RSNA authentication mechanisms in IEEE 802.11 WLAN.*, Computer Communications Volume: 41 Issue: 5 (2014-01-01) p. 76-93

Part 15.4 Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (2003)
http://www.engineering.uiowa.edu/ mcover/lab4/802.15.4-2003.pdf

Wheeler, Andy. Krama saften ur Zigbee. *Elektronik Tidningen (2005).*
http://etn.se/index.php?option=com_content&task=view&id=18463&Itemid=66

ZigBee and Wireless Radio Frequency Coexistence, 2007, https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/07-5219.PDF

Zimmermann, Hubert (April 1980). *OSI Reference Model — The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection.* IEEE Transactions on Communications 28 (4): 425–432. doi:10.1109/TCOM.1980.1094702