

Snart kan sensorer placeras var som helst

Energisnålt och pålitligt är de viktigaste kriterierna i trådlösa sensornät



Av Joy Weiss, Linear Technology

Joy Weiss, är ansvarig för Dust Networks, som numera är en produktgrupp inom Linear Technology. Hon var vd för Dust Network när företaget köptes av Linear år 2011. Tidigare har hon bland annat haft ledande positioner på amerikanska Inviso, som utvecklar mikrodisplayer, och Nortel Networks.

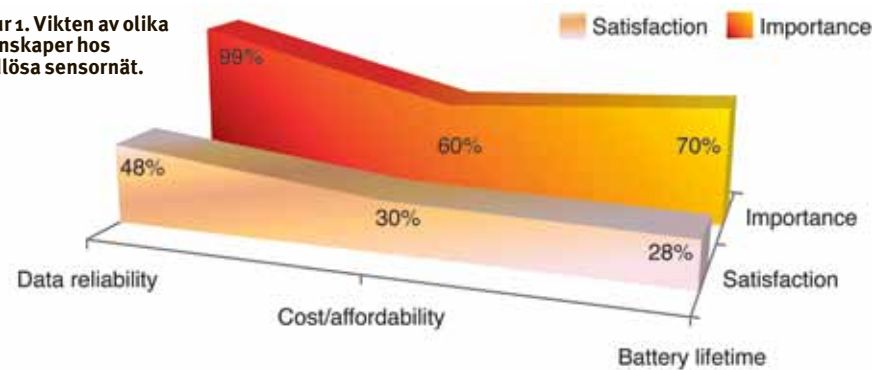
Energisnål trådlös teknik ger väsentliga kostnadsbesparingar för traditionella trådbundna system och öppnar för nya sensornät som helt enkelt inte varit möjliga med trådbunden teknik. Standarder för energisnåla trådlösa nät (Wireless Sensor Network, WSN), framför allt så kallade mask-arkitekturer (mesh architectures) som utnyttjar tidssynkroniserade kanalhopp (time-synchronized channel hopping, TSCH) gör att samtliga noder i nätet kan drivas med batterier eller energiskördning (energy harvesting) utan att tillförlitligheten eller data-genomflödet försämras.

Detta gör att utvecklare av tillämpningar kan använda sensorer var som helst, inte bara där kraft finns tillgängligt utan där tillämpningen är i behov av data från sensorer. Linear Technology, med produktgruppen Dust Networks, har legat i bräschen inom innovation på områden som hög tillförlitlighet, energisnåla TSCH-baserade trådlösa sensornät och ultralåg power. Sådana tekniker går hand i hand för att öka möjligheterna för tillämpnings-utvecklare att utnyttja system som kräver färre, om alls några, batteribyten, vilket ytterligare minskar totalkostnaden för användning av trådlösa sensorer och snabbar på utvecklingen inom prylarnas Internet (Internet of Things, IoT).

EN STUDIE FRÅN 2012 genomförd av analysföretaget ON World visar att de två egenskaper hos ett trådlösa sensornät som har störst betydelse för industrikunder är tillförlitlighet och låg effekt (figur 1). Kostnaden följer som trea, men innan problemen kring tillförlitlighet och kraft är lösta är priset inte av största vikt för kunden.

Dust Networks mångåriga forskning och utveckling inom TSCH och de många tusentals Dust-produkter som redan är i

Figur 1. Vikten av olika egenskaper hos trådlösa sensornät.



n = 74/216

Source: ON World

användning visar tydligt att kombinationen av noggrant synkroniserade tidsluckor (time slotting), kanalhopp och en ultraenergisnål radio möjliggör de mest energisnåla och mest tillförlitliga trådlösa sensornäten. Detta fokus på låg energi gör att samtliga noder kan köras under många år med billiga batterier. Likaså öppnar det för möjligheten att utnyttja olika kraftkällor, däribland energiskördande tekniker.

INFÖRANDET AV STANDARDEN IEEE 802.15.4 skapade en utmärkt radioplattform för trådlösa sensornät. IEEE 802.15.4 definierar ett energisnålt fysiskt lager (PHY) med 2,4 GHz och 16-kanaligt spridningspektrum på vilket många IoT-tekniker har konstruerats, exempelvis ZigBee och WirelessHART. Standarden definierar också ett MAC-lager (Medium Access Control), som legat till grund för ZigBee, vars enkanaliga natur dock ger oförutsägbar tillförlitlighet. För att förbättra tillförlitligheten definierar WirelessHART-protokollet, även kallat IEC62591, ett flerkanaligt länklager baserat på 15,4 MAC. Det ger en tillförlitlighet på över 99,9 procent, vilket krävs för industriella tillämpningar av trådlösa sensornät.

I början av 2012 antogs en ny version av 802.15.4 MAC kallad 802.15.4e och denna MAC omfattar flerkanaliga maskor och tidsluckor. Den vanliga uteffekten för 802.15.4-kompatibla radiokretsar ligger runt 0 dBm med sändnings- och mottagningsströmmar inom området 15–30 mA. Klassens lägsta sändningsström vid 0 dBm är 5,4 mA och klassens lägsta mottagningsström är 4,5 mA (baserat på Linears LTC5800).

MED DEN URSPRUNGLIGA 802.15.4 MACen måste de noder i masknätet som routar information från angränsande noder alltid vara på, medan noder som bara sänder/tar emot egen data, ofta kallat "reducerad funktion", kan sova mellan sändningarna. För att alla noder i nätet ska vara strömsnåla måste kommunikationen mellan moderna schemaläggas, och det är nödvändigt att ha samma tidsavkänning i nätet. Ju snävare synkroniseringen är desto mindre tid måste routingnodernas radiokretsar befinna sig i 'på'-läge, vilket minimerar effektförbrukningen. Klassens bästa TSCH-system synkroniserar samtliga noder i ett multi-hopnät till inom några få tiondelars mikro-



kan valet av kraftkälla vidgas. Kraft finns överallt: ljus, vibration och värme är bara några exempel på energi som fritt kan omvandlas till tillräcklig elektrisk energi för att driva ett strömsnålt TSCH-baserat trådlöst sensornät. Följande exempel visar några praktiska energiskördande tekniker som genererar mer än 150 µW, mer än nog för att driva en vanlig IPv6 routingnod i ett 802.15.4e-nät (exempelvis Dust Networks IP-produkt SmartMesh™).

BELYSNING. Flertalet utrymmen i ett vanligt kontorshus har tillräckligt med ljus inomhus för att driva ett strömsnålt TSCH-baserat trådlöst sensornät. Enligt USAs General Services Administration, som sätter riktlinjerna för USAs statliga byggnader, har kraftigt upplysta utrymmen, såsom arbetsstationer och lässalar, belysning på 500 lux. Även i utrymmen som betraktas som normalt upplysta såsom entréhallar och trapphus samt teknikskåp för mekanik- och kommunikationsutrustning, finns det åtminstone 200 lux av ljus och 300 lux är normalt för flertalet konferensrum. Med 200 till 300 lux av ljus finns det ett antal små ljusceller för inomhusbruk (t.ex. solpanelen G24i 4100 för lågt ljus eller inomhuscellen Sanyo AM-1815) som kan ge tillräcklig kraft för att driva en IPv6 router i ett 802.15.4e TSCH-nät.

VÄRMEENERGI. Termiska elektriska generatorer (TEGer) producerar kraft från värme som avges från varma ytor, såsom värmen från vanlig utrustning som normalt inte betraktas som särskilt varma (t.ex. datorskärmar eller strömstarka motorer). Allteftersom trådlösa lösningar blir mer energieffektiva blir den kraft som temperaturskillnader på så lite som 10°C ger användbar som kraftkälla. Som jämförelse kan nämnas att den vanliga skillnaden mellan den interna kroppstemperaturen och rumstemperaturen är cirka 15°C.

MÅNGA ENERGISKÖRDANDE GIVARE producerar endast några hundra millivolt. Då behövs en DC/DC-omvandlare som stegar upp spänningen (step-up) för att skapa ett användbart matningsspänningsområde. Kretsar som LTC3105 från Linear Technology inkluderar maximal kraftpunktstyrning, så att givarna arbetar så effektivt som möjligt. LTC3105 tillåter även batteribackup. Eftersom batterierna bara utnyttjas när omgivningens energikälla är otillräcklig eller saknas kan batterilivslängden kraftigt förlängas, vilket minskar kostnaden associerad med batteribyte. Däremot kan en batteribackup som komplement till en energiskördande krets ge extra säkerhet och kraftkontinuitet om energikällan råkar vara oregelbunden – till exempel om belysning eller maskiner är avstängda under en helg.

sekunder. När delad avkänning av rätt tid samt ett schema över tidsluckor för parvis sändning mellan noder i nätet väl finns på plats kan kanaltilldelningen inkluderas i schemat, vilket därmed möjliggör kanalhopp.

TRÅDLÖSA KANALER KAN vara opålitliga och ett antal olika fenomen kan hindra ett sänt paket från att nå en mottagare. Dessa kan förvärras när radioeffekten minskar. Interferens uppstår när flera sändare sänder samtidigt över samma frekvens. Detta är speciellt problematiskt om de inte kan höra varandra, fast mottagaren kan höra alla sändare ("hidden terminal problem"). Mekanismer för "backoff", omsändning och bekräftelse krävs för att lösa kollisioner. Interferens kan komma inifrån nätet, ett annat liknande nät inom samma radioområde eller från en annan radioteknik på bandet, vilket är vanligt förekommande på 2,4 GHz-bandet som delas av Wi-Fi, Bluetooth och 802.15.4.

Ett annat oförutsägbart fenomen som kallas flervägsfäding kan hindra fram-

gångsrik sändning även när länkens siktlinje förväntas ha tillräcklig marginal. Detta uppstår när flera kopior av sändningen studsar mot objekt i miljön (tak, dörrar, människor osv) och alla reflekterade kopior färdas olika sträckor. Vid destruktiv interferens är fäding på 20–30 dB vanligt.

Flervägsfäding beror på sändningsfrekvensen, utrustningens läge och på samtliga objekt i närheten och den är praktiskt taget omöjligt att förutspå. Figur 2 visar leverans av ett paket över en enda trådlös väg mellan två industriella sensorer under en 26 dagars period, samt för samtliga av de sexton kanaler som systemet utnyttjar. Vid en given tidpunkt är vissa kanaler bra, andra dåliga och återigen andra högst varierande. Väsentligt är dock att det inte finns någon period då en kanal är bra på samtliga vägar överallt i nätet.

MED ANLEDNING AV DETTA är det viktigt att trådlösa sensornät utnyttjar flera kanaler. Genom att tidssynkronisera och schemalägga nätet i tidsluckor kan sändningen noga schemaläggas på specifika kända kanaler, och valet av kanal kan variera för varje sändning. Schemaläggning av nätets sändningar löser dessutom problemet med "hidden terminal" och utesluter praktiskt taget kollisioner på nätet. En sådan mekanism har visat sig fungera i fält i fler än 10 000 WirelessHART-nät, som rutinemässigt uppnår en flerårig batterilivslängd och 99,999 procent tillförlitlighet.

När kraftbehoven för trådlösa sensornät minimerats på lämpligt sätt

Figur 2. Leverans av paket över 16 kanaler under 26 dagar.

