

## IoT: Hvad skal du vide når dine IoT enheder skal online?

**Michael Hansen**  
IT Chefkonsulent,  
A-2 Management Consulting

Hvis du interesserer dig for IoT, så støder du på et tidspunkt på navnene NB-IoT, LoRaWAN og Sigfox. Det er navnene på de 3 største radionetværk specielt udviklet til IoT enheder. Når du skal vælge radionetværk til dine IoT enheder, er det lidt som at skulle vælge et teleselskab, blot med den vigtige forskel, at når du først har valgt radionetværk, er det meget besværligt at skifte. I denne artikel beskriver jeg de 3 forskellige teknologier, deres fordele og ulemper, og hvilke områder de er stærke inden for.

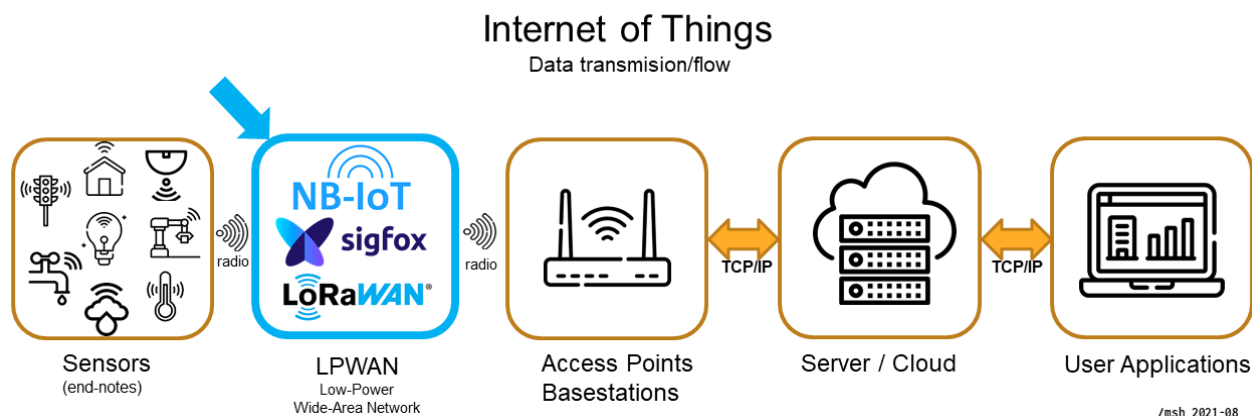
*Artiklen er på 2150 ord, og tager ca. 9 minutter at læse.*

*Dette her er første artikel i A-2s serie om IoT, de næste to artikler kommer til at handle om Server/Cloud løsninger og User Applications.*

Men først en hurtig intro til, hvordan data typisk flyder i IoT systemer.

### Datatransmission i IoT systemer

Et typisk IoT system er illustreret i figur 1. IoT-systemet har nogle sensorer/end-nodes placeret ude i verdenen, disse sensorer drives typisk af et batteri, og kommunikerer via radiosignaler til en basestation (LPWAN). Basestationen transformerer radiosignalerne til internet-kommunikation (TCP/IP) og sender data videre over det almindelige internet. Den del der omhandler radiokommunikationen kaldes for **Low Power Wide Area Network (LPWAN)**.



Figur 1 IoT system

### LPWAN - Low Power Wide Area Network

Normalt tænker vi på netværk som noget, hvor det gælder om at sende så meget data, så hurtigt som muligt. Det fungerer fint, når der er masser af strøm til rådighed. Men en IoT enhed har ikke brug for at kunne sende/modtaget mange data, som der f.eks. er behov for når man skal streame en film, enheden har blot brug for at kunne sende/modtage små datapakker over flere år. Og IoT enheder har ikke ubegrænset strøm, de kører normalt på batterier, og er placeret steder, hvor man ikke lige kan trække en strømledning eller nemt skifte et batteri. Derfor har man udviklet Low Power Wide-Area Networks (LPWAN). Det er radioteknologier, som bruger meget lidt strøm, og kan sende lidt data over lange afstande (meget længere end din mobiltelefon).

De tre største LPWAN teknologier er Sigfox, LoRaWAN og NB-IoT.

### Sigfox

SigFox blev grundlagt i 2009 i Labège, Frankrig. SigFox har haft stor succes med sine vellykkede marketingkampagner i Europa, og kan også prale af et stort økosystem af leverandører, herunder Texas Instruments, Silicon Labs og Axom. SigFox baseres på en proprietær teknologi. Sigfox bruges i mere end 70 lande verden over, og af over 7 millioner enheder inden for mange forskellige brancher. Sigfox samarbejder med lokale netværksoperatører i de forskellige lande.

Netværket kom til Danmark i 2016, hvor det danske firma IoT Denmark påbegyndte udrulningen af det danske Sigfox IoT netværk, som nu er landsdækkende.

### LoRa og LoRaWAN

Historien om LoRa begyndte også i Frankrig i 2009, da tre venner forsøgte at udvikle en radioteknologi med lang rækkevidde og lavt strømforbrug. De stiftede firmaet Cycleo, og i starten fokuserede de på målerbranchen f.eks. til gas-, vand- og elmålere. I 2012 blev Cycleo opkøbt af det amerikanske firma Semtech og så tog LoRa og LoRaWAN fart. I 2015 stiftedes den internationale LoRa Alliance. Alliancen er nonprofit og operatør-uafhængig, og har over 500 medlemmer blandt

andet IBM, Everynet, Actility, MicroChip, Orange, Cisco, KPN, Swisscom, Semtech, Proximus, The Things Industries og Cavagna Group. LoRaWAN-standarden er i dag den hurtigst voksende IoT-netværksstand globalt. Standarden baserer sig på hardware fra elektronikproducenten Semtech samt andre, der producerer LoRa-chips, og har udviklet sig til et stort økosystem af producenter af både gateways og sensorer. LoRaWAN netværket findes i over 170 lande verden over, og med over 150 forskellige netværks operatører. Da LoRaWan teknologien er åben, så findes der et hav af LoRaWAN gateways verden over.

LoRaWAN standarden definerer 3 klasser af enheder class a, b og c.

Alle 3 klasser kan sende og modtage data, men der er forskel på hvor meget de "lytter" efter beskeder, hvilket har betydning for deres batteri-levetid.

**Class-A enheder:** Uploader data en gang i mellem, og lytter ikke efter downlink beskeder. Typiske Class-A enheder er: røgdetektor, vandlækage detektor, miljø data og gps-trackere. Altså enheder der har behov for at sende en status en gang i mellem, men som ikke behøver at modtage data. Class-A enheder er ofte batteridrevet, og har et minimalt energiforbrug, da de er i sleep mode det meste af tiden.

**Class-B enheder:** Class-B enheder er en udvidelse af Class-A enheder. Class-B enheder lytter nemlig til downlink på faste tidspunkter. Class-B enheder bruger mere batteri end Class-A da de bruger radioen mere. Typiske Class-B enheder er: temperatur målere og strøm målere. Class-B enheder er typisk fundet med til en strømkilde.

**Class-C enheder:** Class-C enheder er også en udvidelse af Class-A typen. Class-C enheder har sin radio tændt konstant, og lytter hele tiden efter beskeder. Det giver en kort latenstid, da man kan bede enheden om at sende data, når man har brug for det. Til gengæld bruger Class-C enheder meget mere strøm end Class-A. Typiske Class-C enheder er: gadebelysning, enheder der skal kunne opdateres over-the-air,

I Danmark driver virksomhederne Cibicom og SEAS-NVE LoRaWan netværk, og så findes det åbne netværk TheThingsNetwork også her.

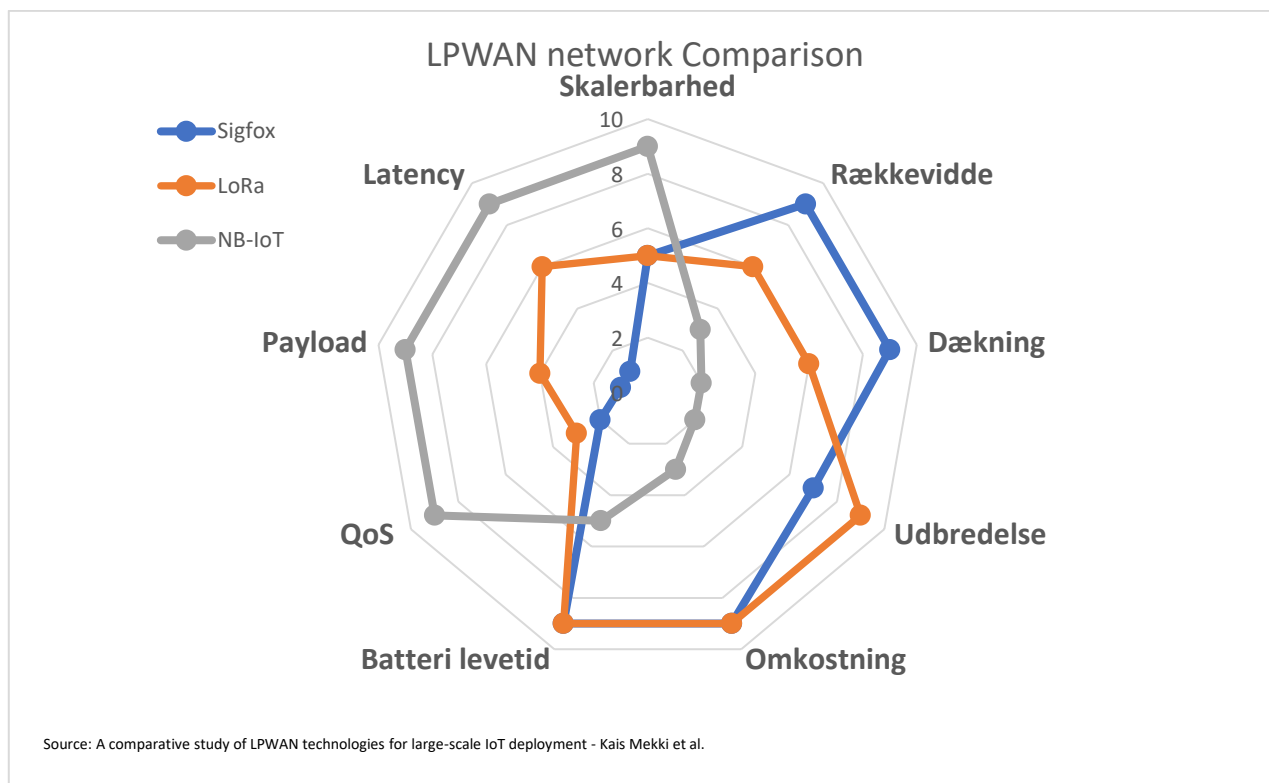
### **NB-IoT - Narrow Band - Internet of Things**

Narrowband Internet of Things (NB-IoT) er udviklet af teleindustrien og så dagens lys juni 2016. NB-IoT fokuserer specifikt på indendørs dækning, lave omkostninger, lang batterilevetid og høj forbindelseshæthed. NB-IoT anvender en delmængde af teleselskabernes mobildata standard LTE, men begrænser båndbredden til et enkelt smalbånd på 200 kHz. Kort sagt så kører NB-IoT på de eksisterende 2G-, 3G- og 4G-mobilnetværk. NB-IoT kræver et SIM-kort, heldigvis understøtter flere operatører eSIM på NB-IoT teknologien. Tænk på NB-IoT som et nedskalaret mobiltelefonnetværk der passer perfekt til IoT enheder.

I Danmark udbydes NB-IoT løsninger af de 3 store teleselskaber TDC, Telenor og Telia.

## Sammenligning af de tre netværksteknologier

Der er rigtigt mange parametre man kan sammenligne netværkene på baggrund af. Vi har udvalgt 9 faktorer som vi mener er væsentlige, når du arbejder med IoT, og skal vælge den rigtige LPWAN-teknologi. Faktorerne er: Skalerbarhed, Rækkevidde, Dækning, Implementering, Kost, Effektivitet, Batteri Levetid, QoS, Payload og Latency.



### SKALERBARHED

Understøttelse af mange enheder er en af nøgelfunktioner i Sigfox, LoRa og NB-IoT. NB-IoT har dog en klar fordel på det punkt, da NB-IoT tillader op til 100.000 enheder pr. celle sammenlignet med 50.000 pr. celle for Sigfox og LoRa. Tallene er teoretiske og i praksis skal man nok forvente et lavere tal.

### RÆKKEVIDDE OG DÆKNING

Sigfox er den teknologi der har den største rækkevidde og dækning. En hel by kan dækkes af en enkelt basestation (pga. rækkevidde > 40 km). I Belgien, et land med et samlet overfladeareal på cirka 30500 km<sup>2</sup> (Danmark ~ 43000km<sup>2</sup>), dækkes hele landet af et Sigfox -netværk med kun syv basestationer. I modsætning hertil har LoRaWAN en lavere rækkevidde (dvs. rækkevidde <20 km), men alligevel kræver det kun tre basestationer at dække en hel by såsom Barcelona. NB-IoT har den laveste område- og dækningskapacitet (dvs. rækkevidde <10 km). NB-IoT fokuserer primært på enheder, der er installeret på steder langt fra den typiske rækkevidde af mobilnetværk (f.eks. indendørs, dybt indendørs). Derudover er implementeringen af NB-IoT begrænset til LTE-base stationer. Det er således ikke egnet til landdistrikter eller forstæder der ikke nyder godt af LTE -dækning.

## UDBREDELSE

Sigfox- og LoRa -økosystemerne er modne og godt i gang med deres kommercialisering i forskellige lande og byer. Ifølge The Things Network er der i dag LoRaWAN netværk i 170 lande i verden, Sigfox i cirka 57 lande og NB-IoT cirka samme antal. En væsentlig fordel ved LoRaWAN -økosystemet er dens fleksibilitet. I modsætning til Sigfox og NB-IoT tilbyder LoRaWAN lokale netværksdistribution, dvs. LAN også ved hjælp af LoRa -gateway som offentlig netværksdrift via basestationer. I det industrielle felt kunne en hybrid driftsmodel bruges til at implementere lokale LoRa -netværk i fabriksområder og bruge det offentlige LoRaWAN netværk til at dække udvendige områder.

## KOSTEFFEKTIVITET

Det vil blive for omfattende at lave en Total Cost of Owner (TOC) på et helt IoT projekt, så derfor fokuserer vi på de omkostninger der er direkte forbundet med de forskellige LPWAN-netværk og deres sensorer. Tabel 1 viser de forskellige omkostninger på Sigfox, LoRa og NB-IoT. Overordnet er Sigfox og LoRa mere omkostningseffektive end NB-IoT.

LPWAN	Frekvens omkostninger	Investerings omkostninger	Sensor omkostninger	Vedligeholdelse
Sigfox	Gratis	> 4000 € / base station	< 2 € /enhed	15% af investerings omkostninger
LoRA	Gratis	> 100 €/gateway > 1000 €/base station	3 - 5 €/enhed	20% af investerings omkostninger
NB-IoT	> 500 M€/MHz*	> 15000 €/base station	> 20 €/enhed	10% af investerings omkostninger

Tabel 1 LPWAN-sammenligning af omkostninger

## BATTERI LEVETID

Sigfox, LoRa og NB-IoT sensorerne er i dvaletilstand det meste af tiden under drift. Det reducerer energiforbruget, så batterilevetiden kan måles i år. Imidlertid bruger NB-IoTs kommunikations-protokol mere energi end LoRaWAN og Sigfox, blandt andet pga. synkronkommunikation og QoS. Dette ekstra energiforbrug reducerer NB-IoT-sensorernes levetid sammenlignet med Sigfox og LoRaWAN. Men alle 3 teknologier kan understøtte lange serviceintervaller med hensyn til batteri levetid.

## QoS/SERVICEKVALITET

Sigfox og LoRa anvender ulicenserede radiofrekvenser og asynkrone kommunikationsprotokoller, og er egentlig ikke designet med henblik på QoS. NB-IoT anvender licenserede frekvenser og en LTE-baseret synkron protokol, som er optimal for QoS. Men til gengæld er teknologien dyr, frekvensauktionerne koster op til 500+ millioner euro pr. MHz. NB-IoT er enestående med sin QoS og har man applikationer der behøver stabil og sikker kommunikation, så er NB-IoT klart at foretrække. Kræver applikationerne ikke denne stabilitet, bør man overveje LoRaWAN eller Sigfox.

## PAYLOAD

Der er stor forskel på hvor store data pakker man kan sende over de 3 netværk. NB-IoT har den største nyttelastlængde, dvs. hvor mange data der kan sendes ad gangen, på op til 1600 bytes. LoRaWAN tillader maksimalt 243 bytes data, mens Sigfox har den laveste nyttelastlængde på 12 bytes, hvilket begrænser dens udnyttelse på forskellige IoT -applikationer, der skal sende store datastørrelser.

## LATENCY

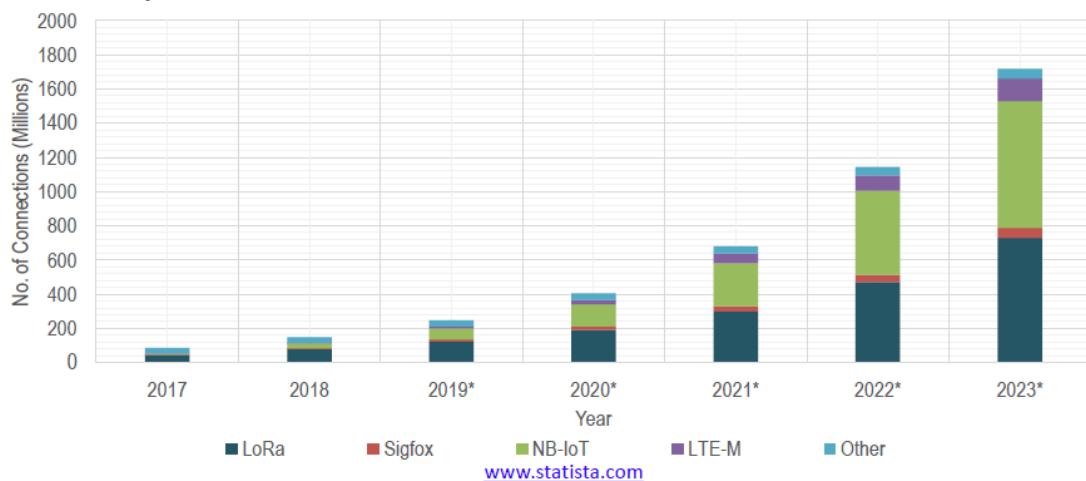
Nogle applikationer kan sagtens tåle en mindre forsinkelse i kommunikationen, f.eks. kan en måling på vanddybden i en brønd godt tåle at blive forsinket i flere sekunder, mens andre applikationer har brug for hurtig respons og kræver derfor lav latenstid. Applikationer der kan tåle høj latenstid, kan med fordel bruge Sigfox eller LoRaWANs class-A udstyr. Applikationer der kræver lav latens er NB-IoT og LoRaWAN.

## LPWAN TEKNOLOGIERNES UDBREDELSE

Websitet Statista.com (GE) har analyseret udbredelsen af LPWAN-teknologierne frem til 2023. I løbet af de næste 2 år vil antallet af IoT enheder blive fordoblet, så cirka 1.7 mia. enheder er online. LoRaWAN og NB-IoT netværkene er spået til at blive fordoblet i antal enheder, mens Sigfox vil vokse noget mindre. Det er nok ikke så overraskende, når man ved hvor store kræfter der står bag NB-IoT og LoRaWAN systemerne.

# Global Trends

- 97 percent of LPWAN connections on LoRa, SigFox, NB-IoT and LTE-M by 2023



## KONKLUSION - hvordan vælger du LPWAN-teknologi til dit IoT projekt?

Grundlæggende er der 5 temaer du skal se på når du vælger LPWAN teknologi til dit IoT projekt.

- 1) IoT enhedens placering

Hvor befinder sensorerne/end-devices sig? Deres placering er afgørende for hvilken LPWAN-teknologi der er bedst egnet. Befinder enhederne sig indendørs i et storbyområde, er det i afsides

områder på landet, eller er enhederne monteret på noget udstyr der bevæger sig rundt over et større område. Når du har defineret hvor IoT-enhederne skal operere, så har du en forudsætning for at vælge LPWAN teknologi.

2) Datatrafikken

Du skal vurdere hvor meget og hvor ofte der sendes og modtages data. Systemer der kun sender data få gange i løbet af døgnet, stiller markant andre krav til LPWAN-netværket end et system der løbende monitorerer kritiske temperaturer og hvor der sendes kommandoer ud til IoT enheden.

3) Batterilevetid

Hvor længe skal IoT enhederne kunne operere, før de har behov for service/batteri skift? Nogle sensorer/loT-enheder kan være placeret ufremkommelige steder, der gør service/vedligehold til store økonomiske poster på den løbende drift. Den teknisk bedste løsning er måske ikke den bedst egnede, hvis det kræver forholdsvis meget vedligehold.

4) Leverandør forhold/Vendor-lockin

Netværksleverandører lever af abonnementer, og de forsøger derfor mere eller mindre at låse kunderne fast til deres system. Så du skal afveje, hvor meget projektet kan tåle at blive låst fast til en leverandør i den efterfølgende drift. Nogle af LPWAN-teknologierne baseres på åbne standarder, hvilket gør det forholdsvis nemt at skifte leverandør.

5) IoT-projektets samlede økonomi

Et IoT-projekt består typisk af en udviklingsfase, og en efterfølgende driftsfase. I udviklingsfasen vil de største omkostninger være hardware og udviklingstimer, mens driftsfasens største omkostninger er sværere at identificere. Det skyldes at man ved projektets start ikke kan forudsige, hvor stor indvirkning på ens organisation IoT-løsningen vil have. Der kan være uventede gevinster eller udgifter. Derfor er det ekstra vigtigt at få gennemarbejdet IoT-projektets driftsøkonomi, når man planlægger et projekt. I forhold til valg af LPWAN-teknologi så er det vigtigt at få beregnet hvad det koster at sende/modtage data.

## **Kilder**

A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment - Kais Mekki et al.

<https://www.iotforall.com/iot-connectivity-comparison-lora-sigfox-rpma-lpwan-technologies>

Evaluation of Energy Consumption of LPWAN Technologies - Husam Rajab et al

LPWAN State of the Art:Trends and Future Directions - Slides - Zaid Ahmad, Shaiful JahariHashim, Fakhruul Zaman Rokhani, Syed Abdul Rahman Al-Haddad, AduwatiSali, Smart City Conference 2021.

[https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/files/LoRa\\_and\\_LoRaWAN-A\\_Tech\\_Overview-Downloadable.pdf](https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/files/LoRa_and_LoRaWAN-A_Tech_Overview-Downloadable.pdf)

<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/>

<https://www.sigfox.com/en/coverage>

<https://www.gsma.com/iot/deployment-map/>

Comparison of LPWAN Technologies: Cost Structure and Scalability - Mohammad Istiak Hossain1 · Jan I. Markendahl1

<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/classes/>

<https://www.techplayon.com/lora-long-range-end-device-classifications-class-class-b-class-c/>