

Trådløs teknologi til Industri 4.0 og IloT

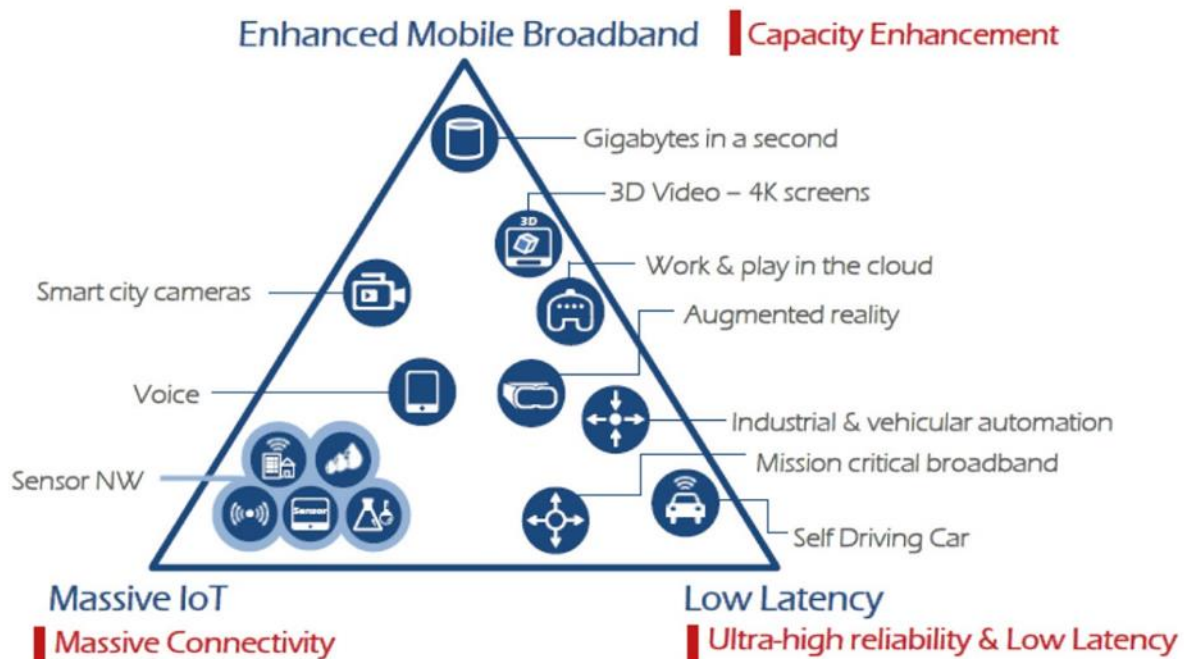
Indledning

Aalborg Universitet (AAU), Togsverd Consult og DI gennemfører i perioden 2020 – 2022 projektet Industrial IoT med 5G med støtte fra Industriens Fond. Formålet er at udbrede kendskabet til forretningsmulighederne i 5G og anden trådløs IoT til et stort antal danske virksomheder, der har behov for at udveksle data i skyen (cloud – eller hvis serveren er tæt på: Edge cloud). Projektet vil give virksomhederne adgang til at afprøve teknologierne i praksis i samarbejde med forskere ved AAU, ligesom et mindre antal virksomheder tilbydes mulighed for at deltage i pilotprojekter, der kan være til inspiration – også for andre virksomheder.

Projektet vil benytte AAU's 5G Smart Production Lab til at afprøve konkrete use-case vedr. 5G i et miljø, hvor andre Industri 4.0-emner er i spil, mhp. at modne virksomhederne til at kunne udnytte 5G-løsninger i deres udvikling. Se mere på projekthjemmesiden www.di.dk/5G

Hvad er 5G?

5G er en mobil kommunikationsstandard, der bygger oven på 4G (også kaldet LTE for Long Term Evolution), jfr. ref. (1). 5G rulles nu ud i hele Danmark, og her i 2020 har vi allerede set de første terminaler. Der er også færdigudviklede chip-set, ligesom moduler til indbygning i apparater og sensorer er på vej til markedet. 5G byder på væsentlig højere datarater end 4G og har samtidig et mere fleksibelt design, som gør det muligt at servicere et bredt spektrum af trafikprofiler fra meget hurtigere mobilt bredbånd med en teoretisk datarate på over 10 Gbit/s, langtrækkende IoT med batterilevetider på op til 15 år, samt ultra pålidelig mobil datakommunikation med en latenstid på under 1 ms. De 3 forskellige typer trafik, som 5G vil supportere, er illustreret i nedenstående figur, som første gang blev beskrevet af den internationale telekommunikationsorganisation ITU (1).



Kilde: ITU-R. Visions for 2020 and beyond (1).

5G rummer et nyt radiointerface samt en ny systemarkitektur, som tillader at de core-funktioner, der ellers udføres centralt i nettet, kan håndteres tæt ved kundens installation.

Resultatet af disse ændringer er: Højere hastigheder, øget kapacitet samt mindre forsinkelse, jfr. (2).

5G udrulles på licenserede frekvensbånd, hvorfor operatøren/indehaveren af en tilladelse har fuld sikkerhed for at undgå forstyrrelser, hvilket man ikke kan garantere på de såkaldt licensfrie bånd, som benyttes til f.eks. wi-fi.

Hertil kommer muligheden for network-slicing, der indebærer, at dele af frekvens-spektret reserveres til én bestemt anvendelse. Dvs. at kunden kan sikres 100% pålidelighed, enten ved at etablere sit eget net, eller ved at en leverandør kan garantere, at vedkommendes trafik med 100 % sikkerhed kommer igennem til kritiske anvendelser. 5G kan altså leve op til de samme serviceniveau-krav (SLA'er) – dvs. garantier for sikkerhed og pålidelighed – som vi kender fra trådede løsninger, hvorved ét af kritikpunkterne i forhold til hidtidige trådløse kommunikationsformer kan tilbagevises.

Med 5G opnås samme realtid, hastighed og sikkerhed som ved brug af et kabel. Udover at trådløs kommunikation som tidligere nævnt er eneste mulighed for mobile enheder, vil 5G åbne op for en helt anden fleksibel indretning af fremtidens produktionsmiljøer, hvor produktionslinjer hurtigt kan omstilles, ligesom sværme af mobile robotter nu kan gøre sit indtog.

Frekvensbånd

5G er primært designet til at fungere i frekvensbånd omkring 3,5 GHz, hvortil de første moduler udvikles. Til højkapacitetsanvendelser er det internationalt aftalt at benytte 26 GHz-båndet. Imidlertid vil 5G blive afviklet på mange forskellige frekvensbånd på samme måde, som vi har set det med LTE.

Teleselskabernes aktuelle udrulning i Danmark sker overvejende på de 700 MHz-frekvenser, som blev tildelt i 2019, medens auktionen om 3,5 GHz og 26 GHz frekvenserne først vil blive gennemført i Danmark i marts 2021.

Energistyrelsen har givet en række forsøgstilladelser i 3,5 GHz-båndet og stiller sig positiv for at tildele flere, inden de fremtidige, længerevarende tilladelser træder i kraft.

Industriel realtidskommunikation.

Industri 4.0, som vi kender fra Tyskland, og Industrial Internet of Things (IIoT), som er den foretrukne benævnelse i USA, handler grundlæggende om at digitalisere og forbinde (connect'e) alle virksomhedens produkter, processer og enheder i skyen (private/public cloud eller edge cloud), således at al information på tværs af virksomheden opsamles og deles, jfr. (3).

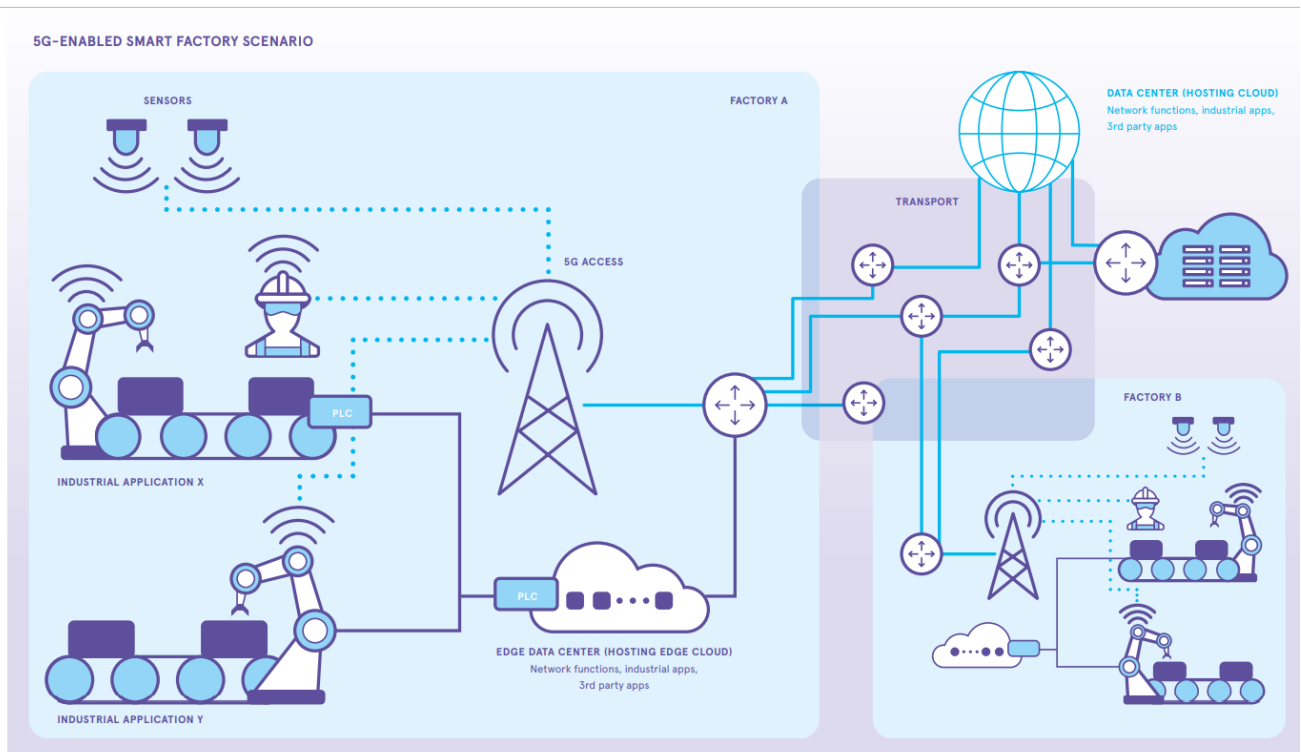
Databehandling i cloud og edge vil til tidskritiske processer kræve tidstro, ultrapålidelige og sikre trådløse netværk.

Stadigt flere virksomheder er optaget af at skabe vækst ved at centralisere databehandling i cloud eller edge cloud. Alt fra implementering af soft PLC, kunstig intelligens (AI) samt dataudveksling i hele værdikæden fra leverandører til slutkunde. Visionen er, at komplekse AI-beregninger i cloud/edge skal kunne anvendes i realtid og lige dér, hvor et problem eller et produkt befinder sig – mobilt og fleksibelt - hvilket stiller krav om hurtige og sikre trådløse netværk.

I de fleste virksomheder er trådløse net i dag baseret på wi-fi. Men i produktionshaller eller landbrugsbedrifter er dækningen utilstrækkelig, og wi-fi har svært ved at håndtere mobile robotter samt mange samtidige objekter. Derudover har mange industrielle produktionsfaciliteter utroligt mange enheder, og samtidigt meget udstyr, der genererer støj.

5G er nu ved at blive rullet ud i Danmark, og visionen er at anvende 5G til industriel realtidskommunikation med forsinkelser ned til 1 ms. Dermed bliver det muligt at erstatte kabelforbindelser med en trådløs forbindelse på ned til SCADA og Field Bus niveau, ligesom 5G også understøtter andre tidskritiske netværk.

Nedenfor er vist et eksempel fra den tyske elektronikorganisation ZVEI (4) på, hvordan 5G kan erstatte kabler i fremtidens produktionsvirksomhed.



Kilde: ZVEI, Digital Infrastruktur mit 5G auf die Überholspur, Ampere 2, 2018.

Private netværk

5G kan leveres som private virksomhedsnetværk, hvor telenettets central-funktion er flyttet ud til kunden, hvilket mange virksomheder i vore nabolande Sverige og Tyskland allerede benytter sig af – netop for både at kunne opnå lav forsinkelse og høj pålidelighed. I disse lande har virksomhederne fået mulighed for selv at søge om frekvenslicenser i 3,5 GHz båndet til brug inden for egne arealer. I Danmark er der lagt op til, at virksomheder kan leje deres eget spektrum af en operatør på favorable vilkår, hvis man efterspørger det inden for en 4 års periode efter tilladelsens ikrafttræden. Herudover har myndighederne peget på, at frekvenser i spektret 3,8-4,0 GHz. på et senere tidspunkt kan allokeres til private 5G net.

Teleoperatørerne vil dog også på kommercielle vilkår kunne levere virtuelle private net via network-slicing, således at virksomhederne med SLA'er garanteres samme driftssikkerhed,

som hvis de havde deres eget net. GSM Association har udgivet en grundig beskrivelse af koncepter for private net – og hvordan de kan kombineres med forskellige strategier for cloud-løsninger, jfr. (5).

Også med 4G er private netværk til industriel automation i drift inden for fjernstyring af større entreprenørmaskiner (kraner, trucks) samt operationer i lukkede områder som havne og miner. Både private 4G og 5G net kan afprøves i Aalborg Universitets 5G Smart Production Lab, jfr. nedenfor.

Hvilken trådløs teknologi skal jeg vælge?

Der findes mange forskellige trådløse kommunikationsplatforme med vidt forskellig rækkevidde, kapacitet og pris. Nogle netværk kan du som kunde selv etablere, andre forudsætter en aftale med en operatør, der vil levere den pågældende service.

De spørgsmål, som ofte er blevet stillet, vedrører:

- Rækkevidde
- Båndbredde – hvor store datamængder kan håndteres?
- Energiforbrug – er der strømforsyning, eller er batteri eneste mulighed?
- Forsinkelse
- Åben standard?
- Driftsomkostninger
- Eget net eller operatørdrevet? – og hvilken dækning kan man regne med?

Nedenfor er vist et udsnit af de mest benyttede kommunikationsformer med angivelse af rækkevidde og båndbredde. Bemærk, at nogle af de anførte gør-det-selv teknologier også kan leveres af en operatør, hvis man ønsker det.

Gør-det selv:

- RFID
- Bluetooth
- Zigbee
- Z-wave
- Wi-fi
- LoRaWAN
- 5G

Rækkevidde:

meget kort
kort
kort
kort
kort/mellem
meget lang
mellem/lang

Båndbredde:

smal
bred
medium
medium
bred
smal
meget bred

Operatørdrevet

- Sigfox
- NB-IoT
- 3G (GPRS)
- LTE (4G)

meget lang
lang
lang
lang

meget smal
smal
bred
bred

- 5G

mellem/lang

meget bred.

Use-cases

For alle brancher handler implementering af digitalisering og industri 4.0 om at automatisere og it-understøtte flest mulige processer, herunder at trække viden ud af data som kilde til innovation. Men mulighederne afhænger meget af, hvilken type virksomhed vi taler om, herunder om det er inden for landbrug, produktion eller service, jfr. (6). Vi starter dog med nogle anvendelsesområder på tværs af brancher:

Mobile robotter

De fleste mobile robotter er "født" med et navigationssystem, der på grundlag af en opmåling, som robotten selv foretager, gør robotten i stand til – autonomt – at levere emner fra ét punkt til et andet uden at støde ind i forhindringer. Disse navigationssystemer er typisk baseret på lidar- eller kamerateknologi.

Men herudover har robotten behov for at være i kontakt med et datacenter/MES-system, bl.a. for at modtage nye opgaver, få korrigeret eksisterende og/eller sikring af, at der navigeres smart i forhold til andre mobile robotter (fleet management).

Ved at tilføje robotten trådløs teknologi, kan kunden tillige tilbydes en række supplerende funktioner, f.eks. billedanalyse af omgivelserne – hvem møder man i fabrikshallen? Og til hvilken side vil personen dreje? - så man forebygger sammenstød.

Indendørs er mange robotter p.t. styret via wi-fi; men wi-fi kommer tit til kort pga. forstyrrelser, og hvis mange samtidige robotter er i brug i en produktionshal, er der behov for 4G og 5G løsninger, fordi performance i form af sikkerhed og kapacitet er bedre, jfr. (7).

Droner

Droner anvendes allerede i dag på tværs af brancher, og potentialet for yderligere anvendelser er overvældende - til beredskabsformål, overvågning af det åbne land, farvande, byggepladser og meget mere.

Efter de nugældende regler skal droner styres af en person/pilot, der har dronen inden for synsvidde, kaldet VLOS (Visual Line of Sight). I et testområde på Nordfyn gennemføres der nu forsøg med autonome droner, der fjernbetjenes uden visuel kontakt fra et testcenter, kaldet BVLOS (Beyond Visual Line of Sight).

Aktuelt navigeres efter GPS. AAU har udviklet redundante – og dermed sikre - navigationssystemer for droner baseret på 4G, jfr. (8). På sigt vil disse løsninger kunne migreres over i 5G.

Trådløs kommunikation er ikke kun relevant for navigationen af dronen, men i høj grad relevant for de opgaver, som dronen skal udføre, f.eks. optage billeder, inspicere vindmøller og anden infrastruktur. Brugere ønsker interaktion med dronen i realtid, hvorfor der stilles krav om kapacitet, hastighed og lav forsinkelse af de data, der udveksles med dronen (data pay-load'en). Derfor er der blandt drone-virksomheder en stor interesse for at komme i gang med 5G, jfr. (9).

Positionering

Udendørs positionering håndteres af de fleste - både droner og køretøjer - via GPS, selv om det er forbundet med et højt energiforbrug. I tætbebyggede områder med høje bygninger kan GPS-signalet imidlertid være forstyrret af refleksioner fra bygningerne, hvorfor der er behov for et supplerende signal. I Aarhus-området er dette p.t. løst med det lokale TAPAS-net (Testbed i Aarhus for Præcisionspositionering af Autonome Systemer), jfr. (10) Det vurderes, at netop 5G vil kunne være en landsdækkende/international erstatning for TAPAS i løbet af få år.

Indendørs positionering, hvor der ikke er GPS dækning, er derimod mere kompliceret og kalder på andre trådløse løsninger, f.eks. baseret på ultralyd eller forud definerede baner (f.eks. kabler i gulvet) eller optiske markører, der styrer robotten/dronen. Med 4G og 5G vil det blive muligt at tilbyde en mere fleksibel og sikker navigation.

Tracking & Tracing

Tracking & tracing (T&T) er velkendt inden for transport og logistik. Men i alle virksomheder og servicekoncepter er der behov for at holde styr på, hvor personer, materialer og udstyr befinder sig.

T&T fortæller os:

- hvor servicemedarbejderen/håndværkeren er henne
- hvor materialerne er på byggepladsen
- at truck'en ikke kører ind i medarbejderen, forbi begge er tagged
- at bilparken optimeres i antal og benyttelse
- at man kan finde servicerobotten og andre relevante aktiver.

Mange T&T opgaver kan håndteres gennem smalbåndsløsninger som LoRaWAN og Narrow-Band IoT. Men i situationer, hvor der kræves udveksling af tidstro billedinformation – f.eks. i forbindelse med overvågning af lodsning af kritisk gods i havne eller andre terminaler – vil det være relevant at bruge 4G eller 5G.

Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) og Mixed reality (MR)

Mange virksomheder benytter VR til oplæring og træning af medarbejdere, f.eks. inden de skal flyves ud til en vindmølle, operere en patient eller udføre en ny proces ved samlebåndet.

Herudover er VR et formidabelt præsentationsværktøj i forbindelse med byggeri, boligindretning og som underholdning. Da VR sjældent benyttes on-site, dvs. dér hvor den fysiske aktivitet skal gennemføres, betyder kabler ikke så meget, selv om brugeroplevelsen klart vil blive bedre med trådløs kommunikation.

Anderledes forholder det sig med AR og MR, hvor computerskabte billeder skal sammenholdes med, hvad brugeren ser i virkeligheden under en konkret montage eller serviceopgave, hvor brugeren skal være mobil og forbundet i realtid. Det gælder f.eks. ved virtuel fjernsupport, hvor der skal videotransmitteres direkte til/fra den brille, som brugeren benytter. Her er trådløs kommunikation i realtid et must, hvorfor leverandører af AR og MR løsninger er blandt de første brugere af private 5G netværk. Se mere på hjemmesiden www.digital-reality.dk, hvor der også ligger en rapport om resultaterne fra et aktuelt forsøg, jfr. (11).

Sektorer:

Landbrug/primære erhverv

Dansk landbrug og fiskeri har en lang tradition for databaseret planlægning og drift, hvor data opsamles via sensorer i mælk, traktorer, høstmaskiner, trawlere m.m., ofte med GPS til positionsbestemmelse og registreringer af gødskning, udbytte m.m. Men mange af disse data opsamles asynkront i forhold til udnyttelsen, hvorfor der ikke har været mulighed for at reagere straks på uforudsete eller uønskede forhold. Hertil kommer, at maskinerne/datakilderne ikke altid dækker de områder, hvor man har brug for data.

Her kan trådløse teknologier gøre en forskel og levere data i realtid til brug for overvågning og drift, f.eks.

- til monitorering af afgrøder, kvæg og fiskebestand
- til ukrudtsbekæmpelse og styring af malkning,
- til sporing af produkter (f.eks. mælk og kød) fra jord til bord.

I tyndt befolkede områder har LoRaWAN og andre smalbandsteknologier vist sig nyttige, fordi man ikke er afhængig af mobiloperatørernes dækning, og batterilevetiden kan være op til 10 år. Til gengæld er databeskederne forholdsvis små.

Der er også use-cases, hvor trådløs kommunikation assisterer ved akutte funktioner som faring af grise, fodring og malkning af kvæg m.m. Hvis intelligensen ligger i sensoren, kan smalbandsløsninger igen være svaret. Men for større bedrifter vil et privat 4G eller 5G netværk være løsningen, navnlig hvis de enkelte dyr skal kunne trackes. Se mere info hos landbrugets udviklingscenter SEGES (12).

Produktion:

Trådløs kommunikation understøtter nye paradigmer for produktion, baseret på automation, robotter og cobots, herunder:

- Overvågning af produkter, processer og personer i realtid
- Remote kontrol og (software-)opdatering af produkter internt og hos kunderne
- T&T i interne processer og i forhold til partnere i forsyningskæderne
- VR, AR og MR til oplæring og operatørstøtte
- Flexibilitet i fremtidigt design, fordi beregninger flyttes fra produkt til til edge cloud.

De fleste produktionsanlæg er i dag styret af kablede PLC'er, der tagger kasser/moduler på et samlebånd eller styrer procesanlæg. Men når enhederne bliver mobile, kommer kablerne til kort. Hertil kommer ønsket om flexibilitet, dvs. at produktionslinjer kan omstilles i en fart, hvilket også udfordrer anvendelsen af kabler.

I regi af MADE (Manufacturing Academy of DENmark) kører flere forskningsprojekter, som fokuserer på netop at lave hyper fleksibel og rekonfigurerbar produktion – noget der i mange tilfælde vil kræve robust, pålidelig trådløs kommunikation. Her vil 4G og 5G være relevant, men afhængigt af use-casen kan også andre kommunikationsplatforme være relevante. F.eks. benytter høreapparatvirksomhed RFID-tags til at styre de enheder, der drives rundt på samlebåndene, jfr. (13).

Både i forbindelse med ubemandede robotter og i forbindelse med cobots ønsker mange virksomheder en realtidsovervågning, så der straks kan gribes ind i farlige situationer, og således at der er fuld dokumentation for, hvordan produktet er blevet håndteret. Også det kræver intelligente kameraer og/eller en højkapacitets forbindelse til cloud eller edge.

High performance computing stiller ofte krav om stor processeringskraft i udstyret, hvilket både gør det dyrt og ofte uhandy. I nogle situationer vil et kabel være en løsning, men med 5G får producenterne langt flere designmæssige frihedsgrader til at flytte dataprocessing fra udstyret op i cloud eller edge, hvilket er relevant for leverandører af mobile robotter, medicoteknisk udstyr m.m.

Andre sektorer

Eksempler på serviceområdet

For mange servicevirksomheder kan T&T være et nyttigt redskab for drift og ikke mindst dokumentation for, at de pågældende opgaver er udført. Det gælder f.eks. i forbindelse med rengøring, vagtselskaber og servicebesøg af montører/håndværkere, og såfremt der er behov for billeddokumentation i realtid:

- Rengøringsrobotter
- Billeddokumentation til vagt- og sikkerhedsselskaber
- Tracking & tracing af pakker, paller, containere, lastbiler og skibe

Eksempler på byggeriområdet

Den igangværende digitalisering af byggeriet forudsætter en massiv fremtidig anvendelse af trådløse platforme, f.eks. når:

- De digitale modeller sammenlignes med virkeligheden
- Robotter og droner på byggepladsen skal styres
- Når arbejdsmiljøet skal sikres i forhold til højde og farligt materiel

Hertil kommer den efterfølgende drift samt bygningernes indpasning i bydele:

- Smart buildings – styring af indeklima, energiforbrug, brug m.m.
- Smart cities – servicering af byrum, forsyning og klimaovervågning.

Eksempler på transportområdet

Udover tracking & tracing af pakker, paller, containere, lastbiler og skibe kan nævnes:

- Trådløs styring af lodsning i havne, herunder selvkørende kraner og trucks, baseret på autonome systemer og sikre kommunikationsløsninger, f.eks. som en kombination af 5G med mere langtrækkende systemer som LoRaWAN
- Trådløse sensor-systemer til autonom (selvsejlende) henholdsvis autopilot-understøttet navigation.

Eksempler på forsyningsområdet

- Overordnet styring og optimering af såvel forbrug som produktion, inkl. afbrydelige kunder og reserveproduktion fra virksomheder. Denne styring kan baseres på IoT-systemer til overvågning af udvalgte punkter i nettet for at sikre rettidig indgriben, herunder sikrere og mere effektiv udveksling/handel med el. Disse løsninger bør benytte realtids kommunikation (wi-fi, fiber, 5G + LoRaWAN i low-latency mode)
- Smart fjernvarme: Bedre styring af såvel tilbageløbs- som fremløbstemperaturer gennem IoT-løsninger, hvor sensorer og aktuatorer trådløst er koblet til en styringsenhed, der optimerer brugen af det samlede system.
- Alle forsyningsselskaber inden for el, fjernvarme og vand agter at benytte dynamiske målinger (smart metering), hvor data med fordel kan udveksles trådløst.
- Online-adgang til sensorer, der måler forbrug og tilstand, f.eks. el-, vand og varmeforbrug, vandstand i brønde i forbindelse med skybrud eller måling af vandkvalitet, hygiejne af fødevarer og meget mere.

Eksempler på sundhedsområdet

På sundhedsområdet har trådløse løsninger et stort potentiale i såvel den primære sundhedstjeneste/ældreplejen som på sygehusene, herunder:

- Trådløs overvågning/diagnosticering af KOL- og hjertepatienter, psykisk syge m.fl. patientgrupper, herunder forebyggelse af indlæggelser.
- Sygehusdrift: Brug af kommunikationsløsninger (hele paletten fra LoRaWAN til 5G) til guiding af kunder (patienter og pårørende) og personale samt til tracking af udstyr, patienter og medarbejdere.
- Trådløs styring af mobile robotter og droner på hospitaler til transport af prøver, linned og specialister. På sigt bliver fremtidens sygehussenge mobile robotter.
- Trådløs styring af berøringsfrie døre for at undgå smitte-risiko og tilbyde bedre service.

Eksempler på medieområdet

Medievirksomhederne DR og TV2 bruger allerede i dag trådløse løsninger til produktion af udsendelser og til kontribution af tv-signaler, dvs. overførsel af lyd og billeder fra optagelsesstedet til moderstationen. Mange optagelser kører p.t. på 4G nettet; men hvis der er mange publikummer til stede, har nettet ikke kapacitet nok. Derfor er medievirksomhederne meget interesserede i de netværks-slicing faciliteter, som 5G kan tilbyde. I forbindelse med produktion benytter medievirksomhederne i stigende grad robotarme til at styre billedoptagelserne. Også til dette formål er det vigtigt med ultrapålidelig trådløs kommunikation i realtid til styring af et stort antal kameraer, hvilket netop 5G kan levere.

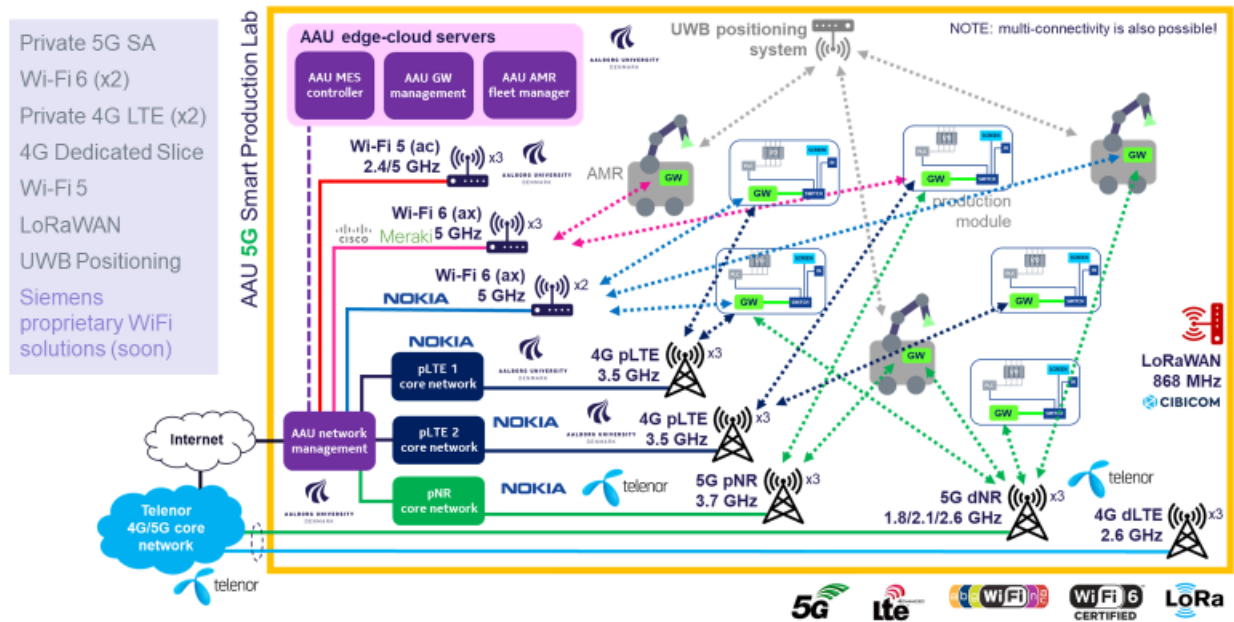
[Aalborg Universitets 5G Smart Production Lab](#)

Aalborg Universitet har etableret et 5G Smart Production Lab i samarbejde med "Smart Production Lab" og "Living IoT Lab" for at kunne teste og forskellige trådløse netværk til industriel produktion. Som led i projektet IIoT med 5G, finansieret af Industriens Fond, tilbydes virksomheder at teste deres produkter/løsninger af i AAU's 5G Smart Production Lab.

I lab'et finder du et offentligt og to private 4G netværk, et privat 5G netværk, wi-fi 6, LoRaWAN og ultralyd samt UWB til positionering. Her kan du i samarbejde med AAU's forskere prøve produkter og løsninger af. Et helt konkret eksempel er at erstatte trådet Ethernet mellem produktionsmodulerne og MES kontrollere med LTE.

Du kan endvidere få gode råd om din løsning fra eksperter i såvel produktionsteknologi som telekommunikation.

Wireless Research Capabilities at the AAU 5G Smart Production Lab



Referencer

1. ITU (2015): IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. M.2038-0.
2. GSMA (2019): 5G Guide <https://www.gsma.com/wp-content/uploads/2019/04/The-5G-Guide-GSMA-2019-04-29-compressed.pdf>
3. AAU Produktion og Materialer: Digital Hub. <https://www.digitalhub.aau.dk/smart-produktion/>
4. ZVEI (2018): Digital Infrastruktur mit 5G auf die überholspur. Ampere 2.
5. GSMA (2020): 5G Private & Dedicated Networks for Industri 4.0 GSMA, oktober 2020. <https://www.gsma.com/iot/resources/5g-private-npn-industry40/>
6. Freja Hansen & Thomas Kampmann (2018): 5G, Business Region North Denmark <http://www.businessregionnorthdenmark.dk/Files>
7. Rune Hahn Kristensen (2020): 5G og robotteknologi. Her er 3 ting, som nu bliver muligt. Teknologisk Institut. Odense <https://www.teknologisk.dk/ydelser/5g-og-robotteknologi/42438?cms.query=5g>

8. Istvan Kovacs: Drone Control over Public LTE. Nokia Belle Labs trial, [Drone control over public LTE - YouTube](#)
9. Catherine Sbeglia (2020): Four 5G drone demonstrations and trials. RCR Wireless News.
10. TAPAS, Smart Aarhus, <https://www.smartaarhus.dk/node/263>
11. Koch, L. (2020) Digital Reality: Optimering af arbejdsprocesser i dansk Industri 4.0, DTU. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/digital-reality-optimering-af-arbejdsprocesser-i-dansk-industri-4>
12. Seges (2018): Digitale løsninger til landmandens hverdag. <https://www.seges.dk/nyheder/seges%20pa%20agromek>
13. MADE – Manufacturing Academy of Denmark. www.made.dk

Kontakter:

Ignacio Larrad, AAU Telekommunikation, tlf.: 8191 9342, mail: irl@es.aau.dk

Casper Schou, AAU Produktion, tlf.: 2086 8884, mail: cs@mp.aau.dk

Morten Kristiansen, DI, tlf.: 2437 0173, mail: mokr@di.dk

Tom Togsverd, Togsverd Consult, tlf.: 2068 3343, mail: tto@indesmatech.com