

# Systemarkitektur for trafikinformatik

af

**Peder Jensen**  
**Vejdirektoratet**

Der ofres i disse år store summer på udvikling af en systemarkitektur for trafikinformatik systemer. Udviklingen foregår både inden for og uden for Europa og både i privat og i offentligt regi. Mange aktiviteter er parallelle og i flere tilfælde i direkte modstrid med hinanden. Dette paper vil forsøge at dykke ned i begrebet systemarkitektur for at undersøge hvad der ligger bag begrebet, hvorfor det er interessant, hvad det kan føre til, hvad mangel på systemarkitektur kan føre til og sluttelig se på et konkret systemarkitektur udviklingsprojekt, nemlig det amerikanske. Desuden vil der blive trukket linier til de europæiske aktiviteter på området.

## **Hvad er systemarkitektur?**

Vi er alle omringet af systemarkitektur hver eneste dag af vort liv. Alt fra et æble til en rumfærge kan beskrives inden for rammerne af systemarkitektur.

Æblet kan opfattes som et system hvis overordnede funktion er at sikre at kernerne bliver spredt på passende vis for at sikre udbredelsen af æbletræer. Systemdelene arbejder sammen inden for en nøje defineret arbejdsdeling. Systemet består af en række forskellige fysiske elementer (skrælden, frugtkødet, kernehuset, etc.), der hver især tjener et funktionelt formål (skrælden beskytter det samlede system mod visse typer af fysiske påvirkninger). Elementerne udveksler i begrænset omfang informationer i form af kemiske signaler, etc. Æblet har så at sige en systemarkitektur, der er skræddersyet til at klare en bestemt opgave. En pære har et tilsvarende formål, tilsvarende elementer og en tilsvarende systemarkitektur. Imidlertid er den fysiske udformning af enkeltdelene lidt anderledes. Og alle ved at man ikke kan sammenligne æbler og pærer.

Eksemplet er illustrativt for den forvirring der hersker omkring systemarkitektur. Hvad skal der til for at man kan hævde at to systemarkitekturer er ens? Svaret ligger i en definition af på hvilket niveau man ønsker arkitekturen beskrevet. På det mest overordnede niveau er æbler og pærer ens. Der er i begge tilfælde tale om systemer, der skal sikre forplantningen af modertræet. Overordnet set er der tale om de samme fysiske elementer, med de samme funktioner (skræld der beskytter, etc.). På et vist detaljeringniveau optræder der imidlertid forskelle, som gør at vi må hævde at æbler og pærer er forskellige. Den detaljerede systemarkitektur er således forskellig mens den overordnede systemarkitektur er ens.

En rumfærge kan på tilsvarende vis beskrives ved en samlet systemarkitektur eller ved en lang række delsystemer. På et overordnet niveau er der ikke den store forskel på en rumfærge og en almindelig raket, mens der på stadig mere detaljerede niveauer optræder stadig større forskelle.

De fleste systemer der konstrueres er båret af en central tanke om funktion og opdeling i dele, grænser mellem delene, etc. Imidlertid sker der ofte det at systemer videreudvikles ved knopskydning og udskiftning af enkelt elementer med nyere udstyr. I den situation er det afgørende at arkitekturen er gennemtænkt på en sådan måde at den tillader ændringer. Et modul opbygget stereoanlæg tillader eksempelvis at forstærkeren udskiftes med en bedre eller måske kraftigere model efter behov. Tilsvarende

har de fleste anlæg mulighed for at en CD spiller kan tilsluttes selvom CD'en ikke var opfundet på det tidspunkt hvor stereoanlægget blev designet. Anlægget indeholder en række veldefinerede grænsesnit, hvor forskellige enheder kan tilkobles. CD spilleren er simpelthen konstrueret så den passer til et så-dan eksisterende grænsesnit.

Stereoanlæg har vist sig at have en god systemarkitektur, der har overlevet en lang periode trods kraftig teknisk udvikling. Den centrale ide i arkitekturen, som handler om musikgengivelse, har været konstant, selvom medierne har ændret sig.

*Systemarkitektur er ikke et spørgsmål om "skal/skal ikke", men i stedet et spørgsmål om hvem, der skal definere systemarkitekturen på forskellige detaljeringsniveauer. For trafikinformatiksystemer er det således afgørende at få afgrænset den centrale ide forud for en endelig fastlæggelse af arkitekturen.*

### **Hvorfor er der brug for systemarkitektur?**

En gennemtænkt systemarkitektur kan medføre ændringer på ethvert trin i projektførelsen, fra de tidligste ideer opstår til de afsluttende bortsættelser når systemet er udtjent.

I forbindelse med den indledende planlægning af et trafikinformatiksystem er der i dag brug for eksperter med et ikke uvæsentligt overblik over de muligheder der eksisterer. De skal have kendskab til hvad der er muligt, og hvilke begrænsninger, dette kan medføre. En arkitektur vil nødvendigvis medvirke til at begrænse valgmulighederne til et mindre antal kombinationer af kendte hoveddele. Er disse dele imidlertid valgt fornuftigt, behøves dette ikke komme til at virke som nogen væsentlig begrænsning. Fordelen er at standard dele kan håndteres af folk med en mere begrænset indsigt i trafikinformatik, hvorved planlægningen af trafikinformatiksystemer bedre kan integreres i den almindelige planlægning.

Design processen er en ganske tidskrævende proces når der er tale om at designe systemer fra bunden hver gang. Nok gøres der brug af standard komponenter i form af PC'ere, etc. men alligevel er der mange ting der er nye i hvert eneste projekt. I USA, hvor en samlet arkitektur har eksisteret i et par år i en stabil udgave vurderes det af systemdesignere at der spares 60-75% af den tid der tidligere blev anvendt til design af systemer. Gevinsten er således en hurtigere og billigere gennemførelse af projekter.

Anskaffelse af udstyr har traditionelt medført at den enkelte vejadministration er blevet bundet til bestemte leverandører. Dette har været acceptabelt, da der normalt har været tale om begrænsede, isolerede systemer, hvor bindingen kun har været gældende for det konkrete anlæg. Samtidig har omkostningen ved skift fra en leverandør til en anden ikke været overvældende, hvis det gennemførtes i forbindelse med større opgraderinger, hvor hele udstyret ofte blev udskiftet alligevel. Er der imidlertid tale om store sammenhængende landsdækkende systemer, hvor knopskydning er reglen snarere end undtagelsen, er binding til enkeltleverandører uheldig. Ved opdeling af store systemer i mindre standardmoduler med veldefinerede grænsesnit skabes der mulighed for at knopskydning kan gennemføres uden binding af tidligere leverancer, samtidig med at konkurrencen øges. En forudsætning er imidlertid at arkitekturen er gældende for et passende stort marked. Er dette ikke tilfældet opnås ingen masseproduktionsfordele.

Ved opgradering er det som nævnt afgørende at man ikke er bundet af tidligere leverancer. Den enkelte leverandør kan være ude af stand til at tilbyde de udbygningsmuligheder der ønskes, eller kan tilbyde udstyr der ikke er state-of-the-art. En arkitektur begrænser bindingerne til at omfatte de enkelte moduler i arkitekturen.

Drift af trafikinformatiksystemer gennemføres normal ved at væsentlige elementer af driften overlades til en entreprenør. Såfremt en sådan opgave skal kunne udbydes i konkurrence er det nødvendigt at systemet opfører sig passende standardiseret. Et special udviklet system vil ofte være vanskeligt at drive for andre end konstruktøren, hvorved en binding igen opbygges. Specielt i situationer hvor flere eksisterende systemer kobles sammen er der behov for at driften kan overlades til en enkelt entreprenør, da dette kan mindske mængden af grænsefladestridigheder.

Endelig kan bortskaffelse være tænkt ind i arkitekturen i form af en passende modulstruktur, der sikrer at dele som variable tavler og lignende kan genanvendes i nye opstillinger.

*Arkitekturen skal således tjene en række forskellige formål, hvor passende opdeling i moduler og anvendelse af arkitekturen i passende store markeder er nøglebegreber.*

### **Hvem laver systemarkitektur?**

Systemarkitektur udvikles i dag på en lang række niveauer, og med forskellige formål, som afhænger af den rolle de forskellige aktører forventer at skulle spille i fremtiden. Flere store firmaer inden for trafikinformatik feltet tilbyder samlede systemer, der kan varetage så godt som alle trafikinformatik-funktioner i et byområde. Systemerne er imidlertid ofte lukkede systemer, hvor der skabes en binding til en enkelt leverandør, og hvor fremtidig opgradering til dels forudsætter at denne leverandør ønsker at tilbyde specifikke funktioner.

Systemarkitektur udvikles endvidere i kraft af forskellige statslige/overstatslige initiativer såsom det amerikanske arkitektur initiativ, EU's forskningsprogrammer, etc. Målet er her som hovedregel at varetage det offentliges interesser. Da det offentlige står som hovedkøber af trafikinformatik komponenter har disse initiativer imidlertid ganske stor vægt. Der er nogen aktivitet for at viderebringe resultaterne til standardiseringsorganisationer såsom CEN og ISO med henblik på at få arkitekturer vedtaget som egentlige standarder. Dette vil sikre en stabilitet i arkitekturen og tillige en udbredelse over store markeder. Til gengæld vil arkitekturen skulle tilpasses til en række nationale krav, der i nogen tilfælde kan vise sig modstridende og dermed medvirke til at udvande arkitekturen.

I Danmark foregår de væsentligste system arkitektur aktiviteter i Vejdirektoratet der samarbejder med såvel nordiske som europæiske partnere for at sikre at en dansk arkitektur ikke kommer i modstrid med internationale bestræbelser.

### **Det amerikanske systemarkitektur initiativ.**

Allerede i 60'erne var der i USA gang i udviklingen af forskellige trafikinformatiksystemer. Udviklingen gik imidlertid i stå af forskellige årsager, og kom først i gang igen i midten af 80'erne, hvor en selvbestaltet gruppe med repræsentanter for såvel føderale, statslige og lokale myndigheder, industri og universiteter, under navnet Mobility 2000 satte sig for at definere en fælles vision for et moderne transportsystem. Bestræbelserne mandede ud i en række aktiviteter og blev til konkret lovgivning i 1991 med vedtagelsen af Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA) som bl.a. skulle bane vejen for *A national system of travel-support technology, smoothly coordinated among modes and jurisdictions to promote safe, expeditious, and economical movement of goods and people.* Med dette mål for øje var det klart at der var behov for koordinerende aktiviteter og ITS America foreslog derfor at der blev igangsat et nationalt arkitektur udviklingsprojekt.

Projektet blev gennemført frem til 1996, således at USA i dag står med en samlet beskrivelse af en national systemarkitektur for trafikinformatiksystemer. Aktiviteterne i dag er primært centreret omkring videreudvikling af arkitekturen samt omkring uddannelse af brugere af arkitekturen.

Et grundlæggende element i arkitekturen er bruger service konceptet. En arkitektur skal for at blive en succes tilbyde noget attraktivt til alle interesserede parter inden for transportsektoren. Der er derfor gennemført en analyse af hvilke behov forskellige interessenter ønskede dækket af trafikinformatiksystemer. Vognmænd var eksempelvis interesseret i systemer til automatisk håndtering af elektroniske fragtbreve, automatiseret kontrol af køretøjer, etc. Brugere af kollektiv trafik var interesseret i bedre information om køreplaner og forsinkelser. Billister var interesseret i rutevejledning, etc. Miljøforkæmpere var interesseret i betalingssystemer, der potentielt kan bruges til begrænsning af trafikken i miljøfølsomme områder, etc. Alle havde ønsker, og arkitekturen er udformet så den muliggør alle disse typer af services, men uden at der derfor ligger en beslutning om rent faktisk at indføre den enkelte service. Eksempelvis er det et politisk spørgsmål om der skal opkræves betaling. Arkitekturen skal blot muliggøre at det kan gennemføres rationelt.

Arkitekturen består i dag af 30 brugerservices fordelt i 7 hovedgrupper:

- *Rejse og transportstyring.* Under denne overskrift ligger bl.a. rutevejledning, hændeshåndtering og egentlig trafikkontrol.
- *Rejse behovstyring.* Herunder bl.a. services som før-rejse informationer, car-pooling, etc.
- *Kollektiv trafik styring.* Bl.a. passager information og telebus systemer.
- *Elektroniske betalingssystemer.* Primært som bompengesystemer.
- *Fragt og flådestyring.* Overvågning af farligt gods, dokument håndtering, etc.
- *Ulykkehåndtering.* Herunder styring af udrykningskøretøjer.
- *Avancerede køretøjs kontrolsystemer.* Her tænkes primært på systemer med sigte på halv eller hel automatisk trafik.

Det er tanken at arkitekturen skal kunne anvendes frem til omkring 2012 med mindre modifikationer. Derfor har det været vigtigt at gennemføre brugerservice analysen grundigt. Der foregår imidlertid stadig mindre justeringer og tilføjelser, men det forventes at arkitekturen kan fungere som grundlag for al implementering i en længere årrække.

Hver af de 30 brugerservices kan nedbrydes i en række delprocesser. Eksempelvis kan en rutevejledningsservice nedbrydes i:

- Hent informationer om start og slutpunkt
- Hent informationer om vejnet
- Hent informationer om trafikforhold
- Beregn bedste rute
- Meddel bedste rute

Flere af disse processer kan igen nedbrydes i delprocesser, osv. Denne øvelse er gennemført for alle services, og det er sikret at delprocesser der anvendes af flere forskellige brugerservices kun gennemføres et sted. Den samlede model består således af et betragteligt antal basisprocesser for hvilke der er defineret hvilke data der skal flyde ind i og ud fra processen. Den funktionelle dekomponering skaber således mulighed for opstilling af en struktureret liste over variable der anvendes i trafikinformatiksystemer.

Den samlede funktionelle model er med andre ord et dataflow kort over et system, der kan håndtere alle de services som eksisterer i brugerservice definitionen. Derimod defineres det ikke hvordan de enkelte variable beregnes. Bedste rute kan eksempelvis beregnes på mange måder, men normalt altid på basis af bestemte oplysninger. Algoritmevalget er overladt til den enkelte leverandør eller indkøber, således at arkitekturen ikke bremser udviklingen af nye metoder.

På det fysiske plan har grund filosofien været at arkitekturen ikke må være rettet mod bestemte teknologier. Det er således ikke arkitekturen der skal bestemme om der skal bruges spoler eller kameraer til hastighedsmålinger. Arkitekturen skal i stedet skabe plads til hastighedsmålingsenheder, uanset type.

Den fysiske arkitektur er opdelt i 4 hovedgrupper, der hver især indeholder en række undersystemer:

- *Køretøjer*. Herunder personbiler, busser, lastvogne og udrykningskøretøjer.
- *Vejsidesystemer*. Udstyr i vejen, afgiftopkrævningssystemer, parkeringssystemer, etc.
- *Centre*. Informationsudbydere, trafikovervågningscentre, fragt og flådestyringscentre, etc.
- *Trafikantsystemer*. Informationsadgangssystemer.

I alt er der defineret 19 undersystemer, der tilsammen udgør det samlede trafikinformatiksystem. Der er tillige defineret hvordan de enkelte systemer skal kommunikere med hinanden. Eksempelvis taler centre med vejsideudstyr via kabelforbindelser, mens vejsideudstyr som hovedregel taler med køretøjer via dedikeret kortdistancekommunikation.

Definitionen af undersystemer har den fordel at det giver mulighed for at allokere de forskellige processer der skal gennemføres til forskellige delsystemer. Herved har den enkelte producent en opskrift på hvad han maksimalt kan forventes at placere i et bestemt delsystem. Tilsvarende giver definitionen af delsystemer mulighed for at der kan defineres grænsesnit mellem delsystemerne. Disse er nok defineret i arkitekturen, men den detaljerede specifikation er overladt til standardiseringsorganerne. Der er simpelthen opstillet en liste over alle grænsesnit, med et krav om at der skal udvikles standarder for kommunikation over alle disse. Dette medfører at der har kunnet opstilles en liste over nøjagtige krav til standarder dækkende hvilke data der skal flyttes, etc. Dette danner udgangspunkt for de forskellige standardudviklingsorganisationers arbejde. Eksempelvis arbejder IEEE og ASTM på udviklingen af en protokol for dedikeret kortdistance kommunikation, som er en forudsætning for eksempelvis elektroniske betalingssystemer á la Storebælt.

De to vigtigste aktører i anvendelsen af arkitekturen er leverandør og indkøber. Leverandøren skal omsætte arkitekturen til produkter, der kan sælges på markedet, mens indkøberen skal omsætte sine egne funktionelle krav til noget der kan passe ind i arkitekturen. For at hjælpe disse to enheder på vej er der defineret en række forskellige måder at anskue arkitekturen på.

Hjælpen til leverandøren er *udstyrspakker*. De 19 undersystemer består alle af en eller flere udstyrspakker. Eksempelvis består undersystemet lastvognsadministration, under center hovedgruppen, af 4 udstyrspakker, herunder en pakke til automatisk håndtering af fortoldning af gods. Hver udstyrspakke er defineret så den implementerer en eller flere processer defineret i den funktionelle model. Der er således en fuldstændig dækning af alle processer med alle udstyrspakker.

Hjælpen til indkøbere er *markedspakker*. På tværs af de forskellige undersystemer er der defineret nogle pakker der hver især udfører bestemte funktioner. Eksempelvis findes der en markedspakke der håndterer positionering af busser. Denne er opbygget af udstyrspakker fra flere undersystemer i såvel et trafikcenter som en bus. Ved at lede i listen over markedspakker er det som hovedregel muligt at

finde en pakke der definerer den funktion man måtte ønske sig. Denne kan så direkte omsættes til en specifikation. Markedspakker overlapper hinanden på kryds og tværs, og det vil ofte være muligt at flere af de ønskede funktioner trækker på det samme udstyr. Det er i den forbindelse arkitekturen viser sin styrke, hvor koordineringen mellem forskellige dele er indtænkt fra starten.

En samlet detaljeret beskrivelse af arkitekturen fylder på papir ca. 40 cm i reolen, hvilket betyder at den kun er tilgængelig for de færreste. Da det imidlertid er målet at den skal anvendes af de mange er der gjort et stort arbejde for at gøre den tilgængelig ved brug af moderne edb teknologi. Den samlede beskrivelse findes på CD-ROM der udleveres gratis fra det amerikanske transportministerium, men den er tillige tilgængelig i nyeste opdaterede version på internettet på adressen:

**<http://www.odetics.com/itsarch/>**

På denne adresse er det muligt at søge på kryds og tværs i arkitekturen. Eksempelvis er det muligt for indkøberen/konsulenten at prøve at stykke en specifikation sammen ved at forsøge at omsætte vage generelle ønsker til markedspakker, og dermed meget hurtigt generere en samlet kravspecifikation til et ønsket system. Metoden skal selvsagt ikke anvendes ukritisk, men giver dog meget hurtigt et overblik over hvad der er brug for i den konkrete situation. De hidtidige erfaringerne med arkitekturen er at den tid der medgår til at beskrive et system på en sådan måde at det kan udbydes bliver reduceret med 60-75% afhængig af kompleksiteten i systemet. For leverandøren er fordelene at han kan tilpasse sine produkter til arkitekturen og dermed stille med udstyr der nøjagtigt er tilpasset de krav der stilles i udbud. Samtidig vil leverandøren opleve en større grad af ensartethed i udbudsmaterialer, der gør det lettere at udregne tilbud.

Ud over en bred indsats for oplæring i brug af arkitekturen er der to initiativer i gang på området. Det første er Model Deployment Initiative, hvor man i 4 byområder forsøger at ombygge eksisterende systemer til at være konforme med arkitekturen. Hensigten er at vise at der opnås en langt mere strømlinet og rationel drift af systemer ved brug af en fælles arkitektur. Desuden er der sat gang i Implementation Tracking Initiative, der skal forsøge at kortlægge den faktiske implementering i ca. 75 byområder. Målet er at identificere barrierer for brug af arkitekturen, således at arkitekturen kan tilpasses virkeligheden.

### **Europæiske og danske aktiviteter.**

Europa har arbejdet med system arkitektur noget længere end USA. Arbejdet har imidlertid været struktureret noget anderledes, idet det har været bygget op omkring konkrete projekter. Der er således defineret systemarkitektur til forskellige typer af systemer, men ikke inden for en fælles reference. Dette har givet et solidt fundament for udvikling af en fælles arkitektur, men der har hidtil manglet en drivkraft, der har kunnet forene de mange forskellige bud på en arkitektur i Europa. Problemet er at der i et vist omfang har stået nationale interesser på spil, bl.a. hensyn til national industri, hvorfor mange lande har været mindre end villige til at ændre praksis.

Med EU kommissionen som lokomotiv er der nu ved at komme gang i aktiviteter, der inden for en begrænset årrække kan lede frem til en europæisk arkitektur, der tilgodeser europæiske krav. Spørgsmålet er så om en europæisk arkitektur, for at kunne rumme nationale varianter, vil blive et så stort overflødhorn af valgmuligheder at den ikke kommer til at virke samlende på markedet.