Software Arkitektur

Tiltrædelsesforelæsning 7. maj 2001

Finn Overgaard Hansen
Ingeniørhøjskolen i Århus
Elektro- og IKT-afdelingen
foh@e.iha.dk

Agenda

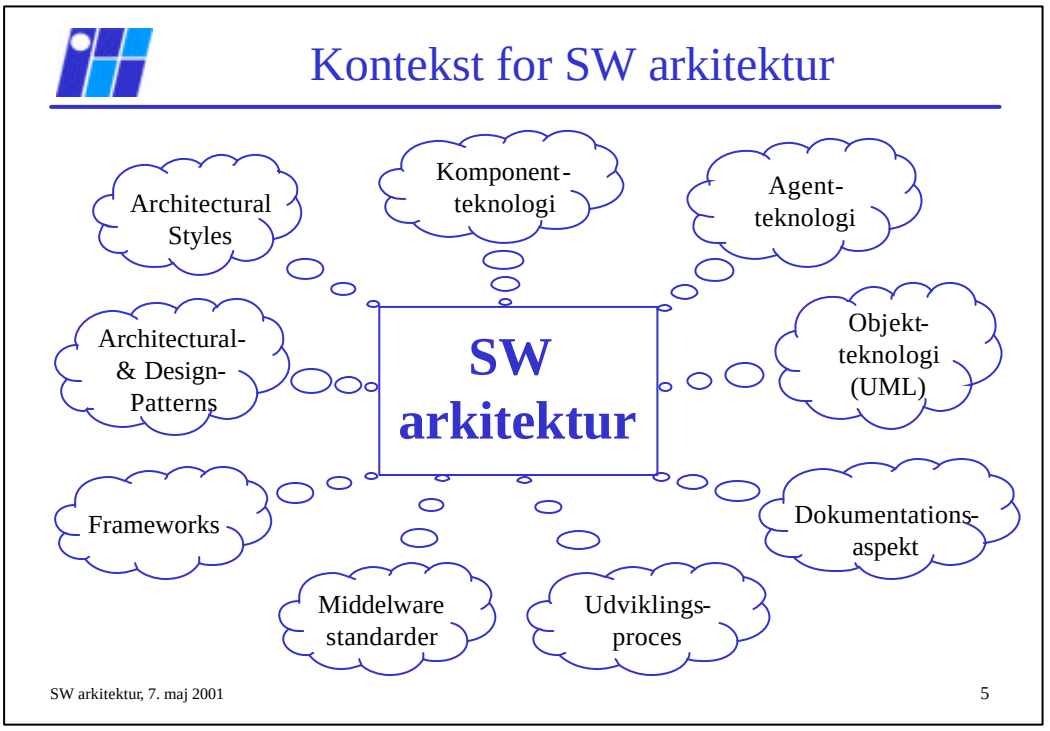
- Hvorfor er arkitektur vigtig
- Udvikling inden for SW design
- State of the Art
  - Architectural Styles
  - Architectural- og Design Patterns
- Frameworks
- Dokumentation og udviklingsproces
- Opsummering

Udfordringer inden for SW udvikling

- Stigende kompleksitet
- Reduktion af *Time to Market*
- Større projekter
  - flere skal arbejde sammen
  - mere specialisering
- Fra stand alone systemer til netværk af distribuerede systemer
- WWW tilkobling (overvågning, konfigurering og opdatering)
- Sørre krav om genbrug - det er blevet for dyrt at starte forfra
- Mange nye og konkurrerende middelware teknologier
  - CORBA, DCOM, RMI, .NET, Jini, SOAP
  - Real Time udgaver på vej af RT-Linux, RT-CORBA, RT-Java

Definering af SW arkitektur

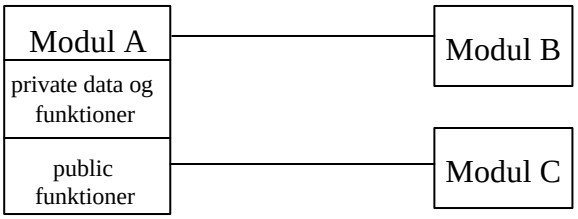
- Et eksempel på definition af SW arkitektur:
  - *"The software architecture of a program or computing system is the structure or structures of the system, which comprise software components, the externally visible properties of those components and the relationships among them"*
  - *Software Architecture in Practice*, L.Bass, Addison-Wesley 1998
- Eller en pragmatisk udlægning:
  - Et systems SW arkitektur er den overordnede beskrivelse af hvorledes softwaren er organiseret i komponenter og hvorledes disse er indbyrdes forbundet
  - SW arkitektur- og designbeskrivelser udgør en SW vedlige-holders vigtigste arbejdsredskab


Kontekst for SW arkitektur
Architectural Styles
Komponent-teknologi
Agent-teknologi
Architectural- & Design-Patterns
SW arkitektur
Objekt-teknologi (UML)
Frameworks
Dokumentations-aspekt
Middelware standarder
Udviklings-proces
SW arkitektur, 7. maj 2001
5


Software beskrivelsesteknikker
• Diagrammerings- og designteknikker
– Rutediagrammer, tilstandsdiagrammer
– Struktureret Programmering, ”Go-To less programming”, Dijkstra 1968
– Jackson Diagrammer, Jacksons JSP 1975
– Structure Charts - Constantines Struktureret design 1975
– Access graph - Brinch Hansens Concurrent Pascal 1977
• Ward & Mellors SA/SD-Real Time, 1985
– Dataflowdiagrammer, tilstandsdiagrammer, entitets relationsdiagrammer og strukturdiagrammer
• OO Metoder f.eks. OMT 1991
– Klassediagrammer, tilstandsdiagrammer, dataflowdiagrammer
• UML (Unified Modelling Language) - OMG standard i 1997
– Interaktionsdiagrammer, Use Case diagrammer, Ver. 2.0 er på vej.
SW arkitektur, 7. maj 2001
6

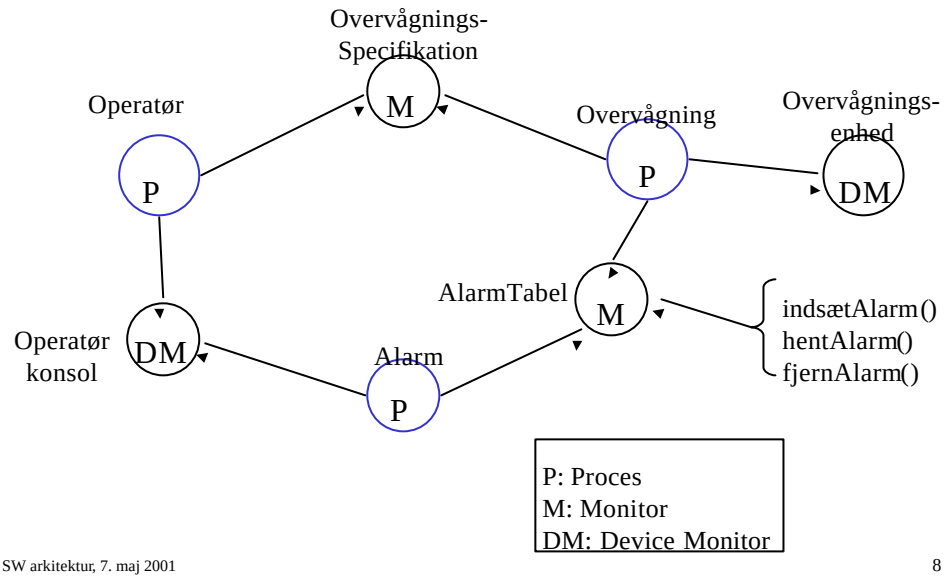
Udvikling inden for SW design 1.

- Indkapsling
  - Abstrakte datatyper, objektbaseret programmering
  - Eksterne/public funktioner, private funktioner og data
  - Dokumentation: moduldiagrammer
  - Realiseret i f.eks. Assembler, PLM, C, Pascal



SW arkitektur, 7. maj 2001 7

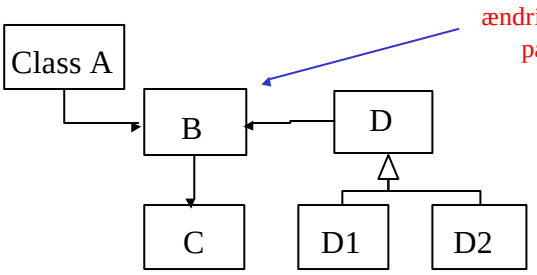
Concurrent Pascal - eksempel



SW arkitektur, 7. maj 2001 8

Udvikling inden for SW design 2.

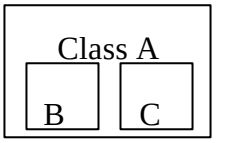
- Objektorienteret Programmering
  - Klasser og associationer
  - Nedarvning og polymorfi
  - Dokumentation: Klassediagrammer
  - Eksempler på sprog: Smalltalk, C++, Java

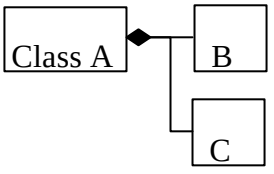


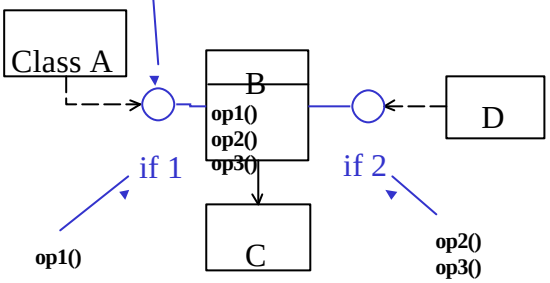
SW arkitektur, 7. maj 2001 9

Udvikling inden for SW design 3.

- Nyere OO begreber (UML):
  - Vigtige ved udvikling af større systemer
  - **Composition**
  - **Interfaces** (understøttes af Java)



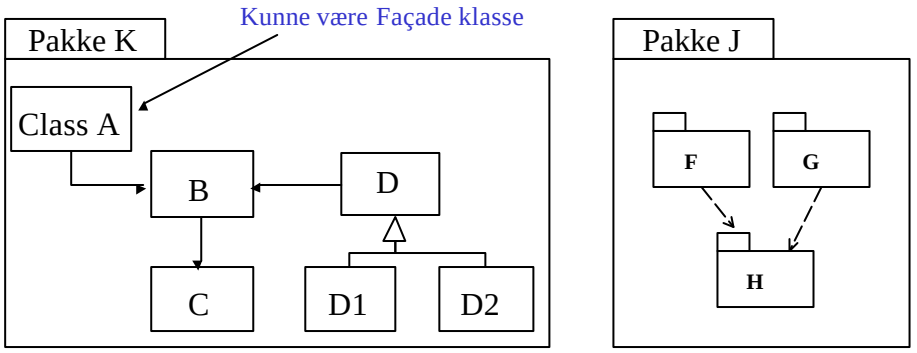




SW arkitektur, 7. maj 2001 10

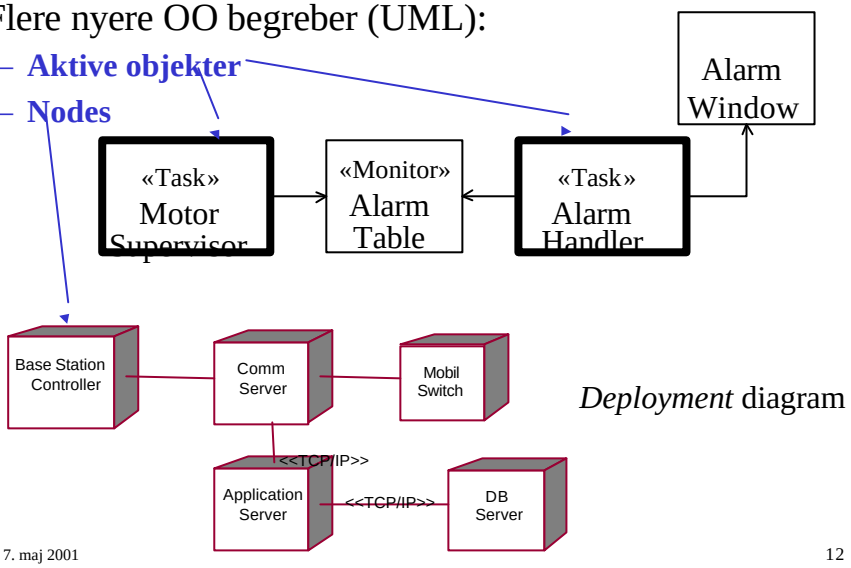
Udvikling inden for SW design 4.

- Flere nyere OO begreber (UML):
  - **Pakker** (understøttes af Java)
  - Anvendes til at vise både logisk og fysisk indkapsling



Udvikling inden for SW design 5.

- Flere nyere OO begreber (UML):
  - **Aktive objekter**
  - **Nodes**

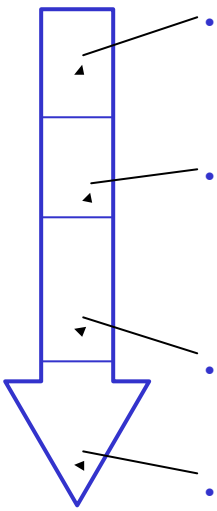


Deployment diagram

Dokumentationsaspekter

- Statiske forhold:
  - Klassediagrammer: Pakker, klasser og interfaces
  - Komponentdiagrammer
  - *Deployment* diagrammer
- Dynamiske forhold:
  - Interaktionsdiagrammer f.eks. sekvensdiagrammer
  - Tilstandsdiagrammer for klasser med tilstandsafhængig opførsel
  - Aktivitesdiagrammer: kan f.eks. vise synkroniserings-aspekter

State of the Art for SW arkitektur



- Architectural Styles
  - Styles dominerer en given arkitektur
  - Eksempler: Pipes and Filters, Layered architectural structure
- Architectural Patterns
  - Retter sig mod “System-wide” design problemer
  - Er ikke dominerende og kan ofte kombineres med andre mønstre
  - Eksempler: concurrency og persistens
- Design Patterns (GoF)
  - Design mønstre har ofte mere lokal effekt
  - Eksempler: Observer pattern, State Pattern
- Idioms
  - Kodenære mønstre og mekanismer
  - Eksempel: Counted pointer for C++

Architectural Styles (Shaw&Garlan) 1.

- Fem kategorier af Architectural styles:
  - Dataflow systems
    - Batch sequentiel, Pipes and filters
  - Call-and-return systems
    - OO systems, Main program and subroutine, Hierarchical layers
  - Independent compontents
    - Event systems, Communicating processes
  - Virtual machines
    - Interpreters, Rule-based systems
  - Data-centered systems (repositores)
    - Databases, Hypertext systems, Blackboards

Architectural Styles (Shaw&Garlan) 2.

- Eksempler på architectural styles:
  - Pipes and filters
  - Data abstraction and Object-Oriented organization
  - Event-based, implicit invocation
  - Layered systems
    - OSI model, Adm. system: præsentation, logik og model lag
  - Repositores
  - Interpreters
  - Process control

Buschmann's mønster kategorier

Arkitektur mønstre:

- Layers
- Pipes & Filters
- Blackboard

} Styles

- Broker
- Model-View-Controller
- Presentation-Abstraction-Control (PAC)
- Microkernel
- Reflection

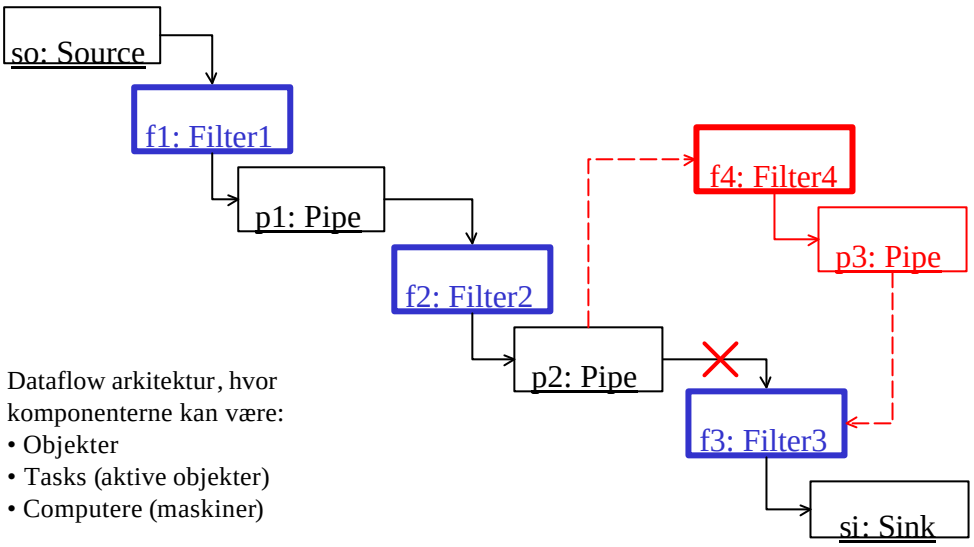
Design mønstre:

- Observer (GoF)
- Publisher-subscriber
- Strategy (GoF)
- Composite (GoF)
- Abstract Factory (GoF)
- Bridge (GoF)
- Proxy (GoF)
- Command Processor
- View Handler
- Master-slave

Idioms:

- Singleton (GoF)
- Factory Method (GoF)
- Counted pointer, Handle-Body
- Envelope-Letter

Pipes & Filters



Dataflow arkitektur, hvor komponenterne kan være:

- Objekter
- Tasks (aktive objekter)
- Computere (maskiner)

Todelt arkitekturmodel

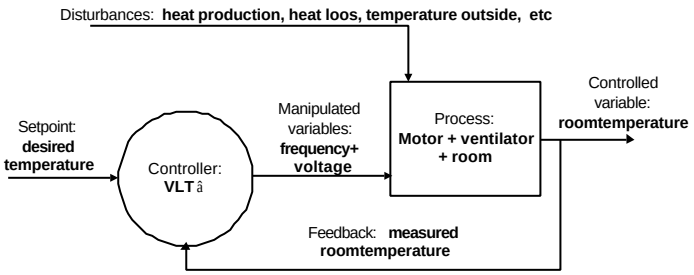
- Kombinerer følgende to *architectural styles*:
  - Event-based
  - Process control (plus pipes & filters internt)
- Denne kombination kan anvendes for mange apparat-systemer
  - Eksempler på anvendelse:
    - styrings og regulering f.eks. frekvensomformer til styring af en motor f.eks. en Danfoss frekvensomformer (VLT).
    - måleinstrumenter f.eks. et oscilloscop
    - en CD spiller

Kilde: COT projekt - case 2.

SW arkitektur, 7. maj 2001 19

Ventilator control as process control

Danfoss frekvensomformer (VLT)

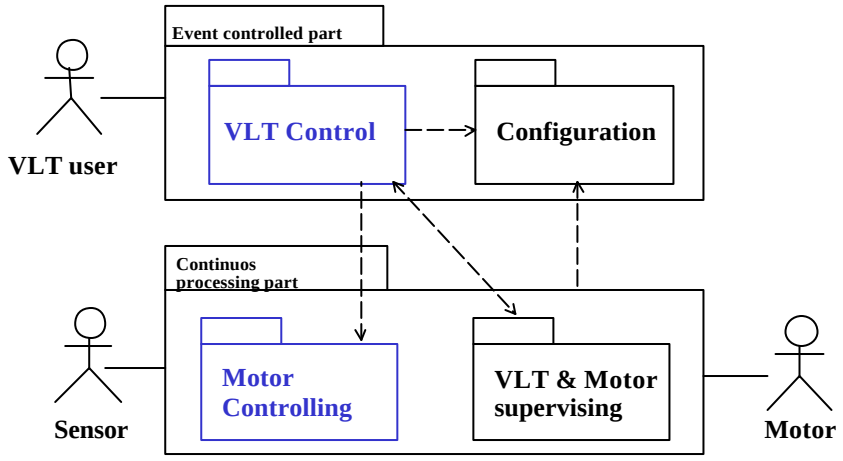


Example of "*closed-loop feedback*" control

SW arkitektur, 7. maj 2001 20

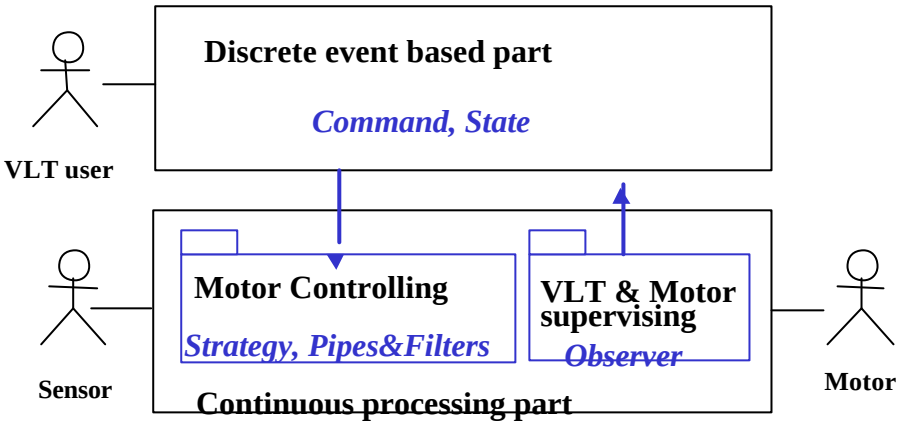
Todelt arkitekturmodel - et eksempel

Danfoss frekvensomformer (VLT)



SW arkitektur, 7. maj 2001 21

Anvendte Design Patterns i VLT

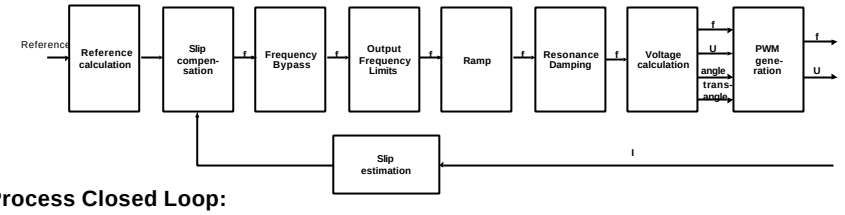


SW arkitektur, 7. maj 2001 22

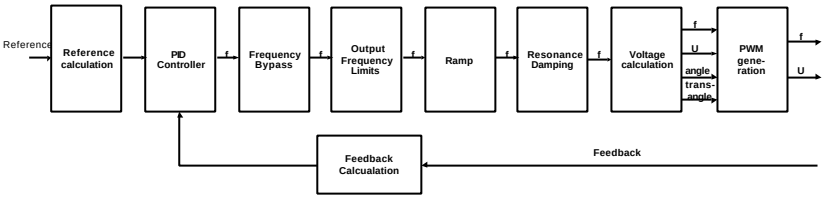
Frekvensomformer eksempel

Blokdiagram for to forskellige driftsformer

Speed Open loop:

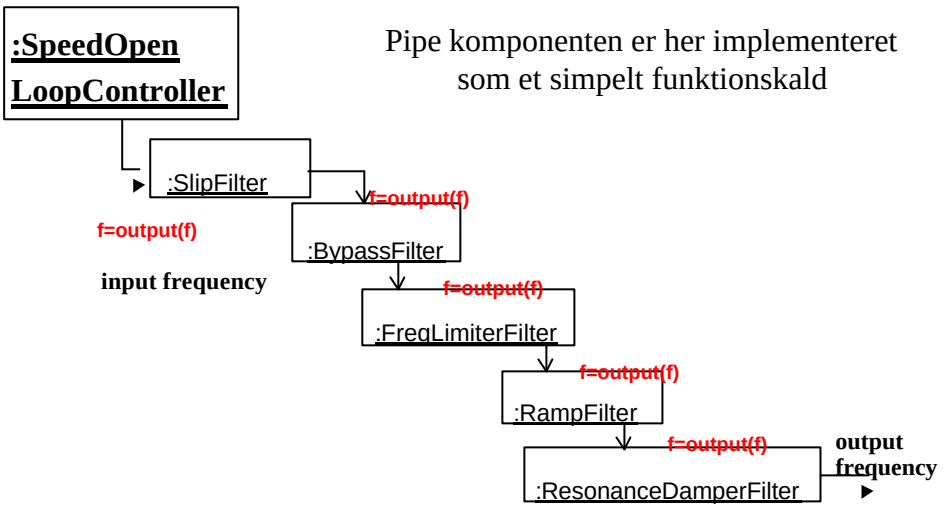


Process Closed Loop:



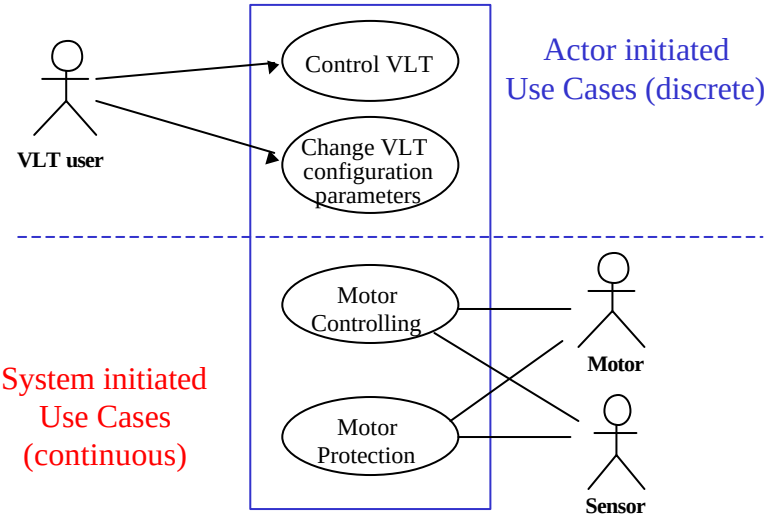
SW arkitektur, 7. maj 2001 23

Objektdiagram for SpeedOpenLoopController



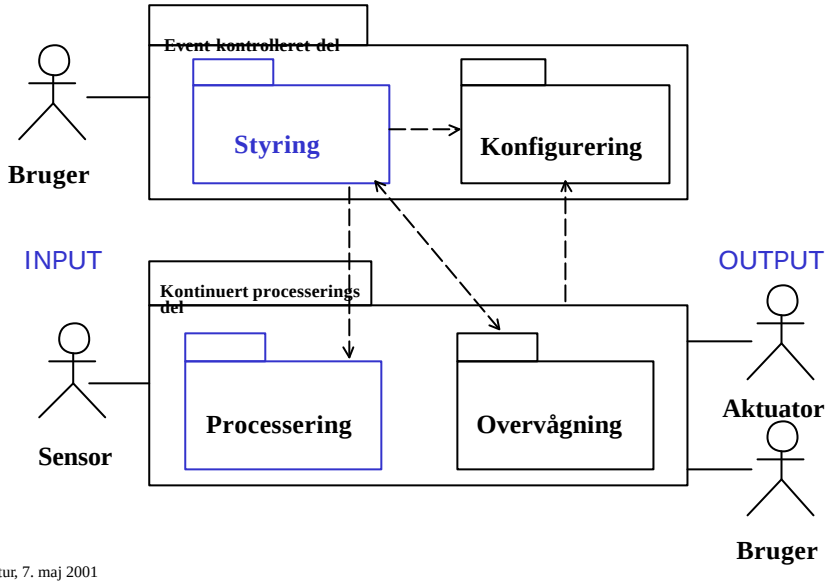
SW arkitektur, 7. maj 2001 24

Two types of VLT Use Cases



SW arkitektur, 7. maj 2001 25

Architectural Style: todelt arkitekturmodel



SW arkitektur, 7. maj 2001 26

Taksonomi for Real-Time arkitektur

- Der anvendes i dag fire basale arkitektur typer for real-time systemer:
  - Timeline
  - Event-driven
  - Pipeline
  - Client-Server

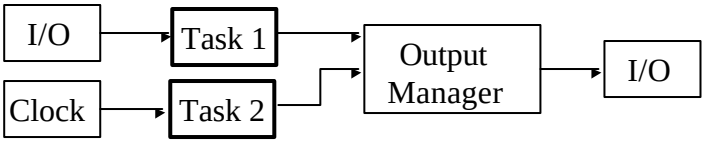
Kilde: Doug Locke, TimeSys Corporation
- Embedded System Conference, San Francisco, 2001

Timeline arkitektur

- Timeline
  - Systemet designes som et antal procedurer, der hver har et bestemt tidskrav (p1: hver 25 ms, p2: hver 200 ms)
  - Procedurer kaldes med faste tidsintervaller, hvis timeren er 25 ms - så aktiveres p1 hver gang og p2 kun hver fjerde gang. Lange procedurer må opdeles i mindre.
  - Eksempel: Flight Control Computer
    - 2-5 processorer, 1 MB RAM
    - 1 task for hver computer, ingen synkronisering
    - De fleste krav er *Hard Real Time* krav, typisk 20 ms
    - Anvendes f.eks. i nyere Airbus fly og i Boeing 747

Event-driven arkitektur

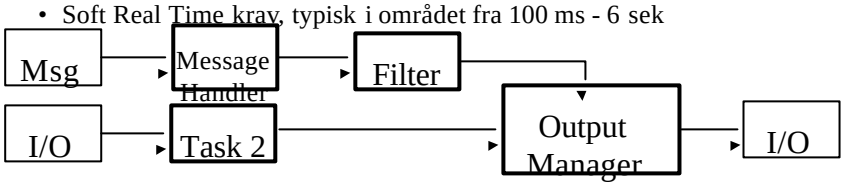
- Event-driven
  - Her anvendes afslutning af I/O operationer og timer events til at igangsætte ventende task
  - Der anvendes operativsystem, hvor hvert Task har en prioritet
  - Kræver synkronisering mellem task
  - Eksempel: Aircraft Mission Processor
    - 1-20 RISC processorer, 32-96 MB RAM
    - Soft Real Time krav, typisk i området fra 1 ms - 100 ms



SW arkitektur, 7. maj 2001 29

Pipeline arkitektur

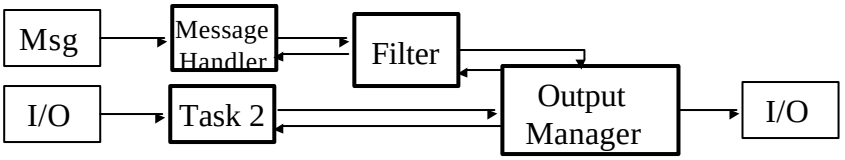
- Pipeline
  - Her anvendes også inter-proces meddelelser ud over afslutning af I/O operationer og timer events til at igangsætte ventende task
  - En hændelse sendes gennem systemet fra *source* til *destination* og bevirker et sæt af task aktiveringer
  - Eksempel: Air Traffic Control
    - 50-300 processorer, 64-256 MB RAM
    - Soft Real Time krav, typisk i området fra 100 ms - 6 sek



SW arkitektur, 7. maj 2001 30

Client-server arkitektur

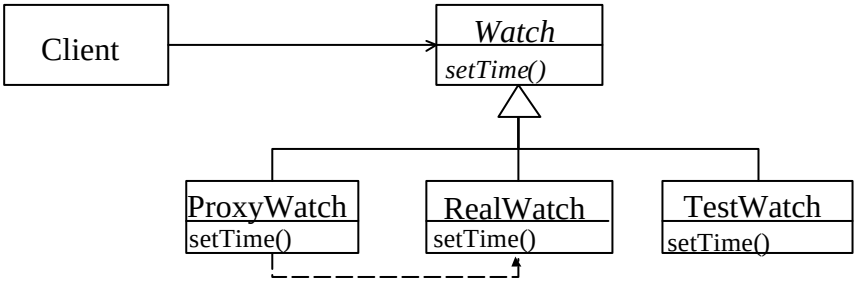
- Client-Server
  - Som for pipeline anvendes også her inter-proces meddelelser ud over afslutning af I/O operationer og timer events til at igangsætte ventende task
  - I modsætning til pipeline - så forbliver kontrollen her på en given node (klienten)
  - Eksempel: Vehicle Training System
    - 1-200 processorer, 32-128 MB RAM
    - Soft Real Time krav, typisk i området fra 33 ms - 150 ms



To vigtige designprincipper

- Bertrand Meyers Open-Closed principle:
  - "Software entities (Classes, Modules, Functions etc) should be open for extension, but closed for modification"
  - *Object Oriented Software Construction*, B. Meyer, 1988
- Liskovs Substitution Principle (LSP):
  - "Functions that use pointers or references to base classes must be able to use objects of derived classes without knowing it" (den pragmatiske udgave).
  - *"Data Abstraction and Hierarchy"*, Barbara Liskov, SIGPLAN Notices, May 1988
- LSP anvendes til at realisere Open-Closed princippet.

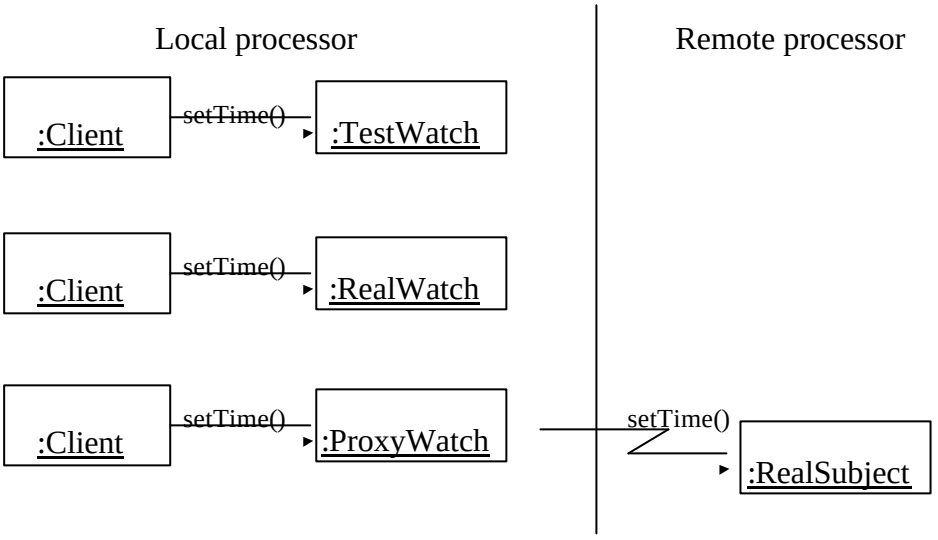
Proxy (stedfortræder) Pattern



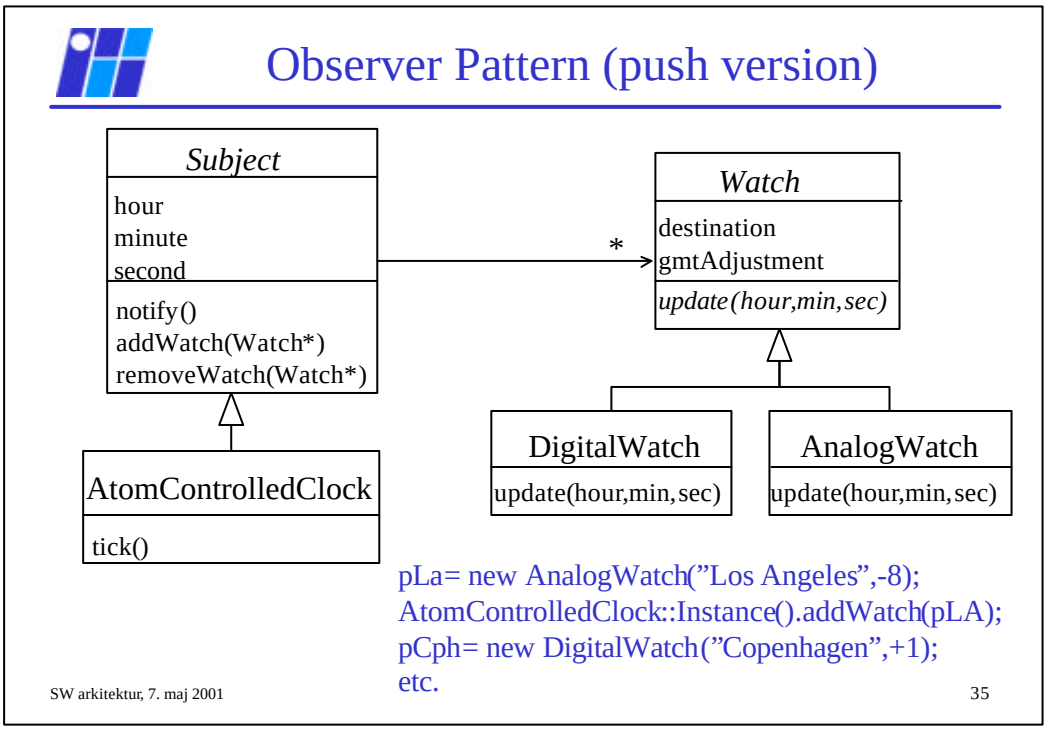
Objekter af RealWatch klassen befinder sig på en anden maskine end Client objektet.
Et eksempel på en Remote Proxy - der kan karakterisers som et architectural pattern.

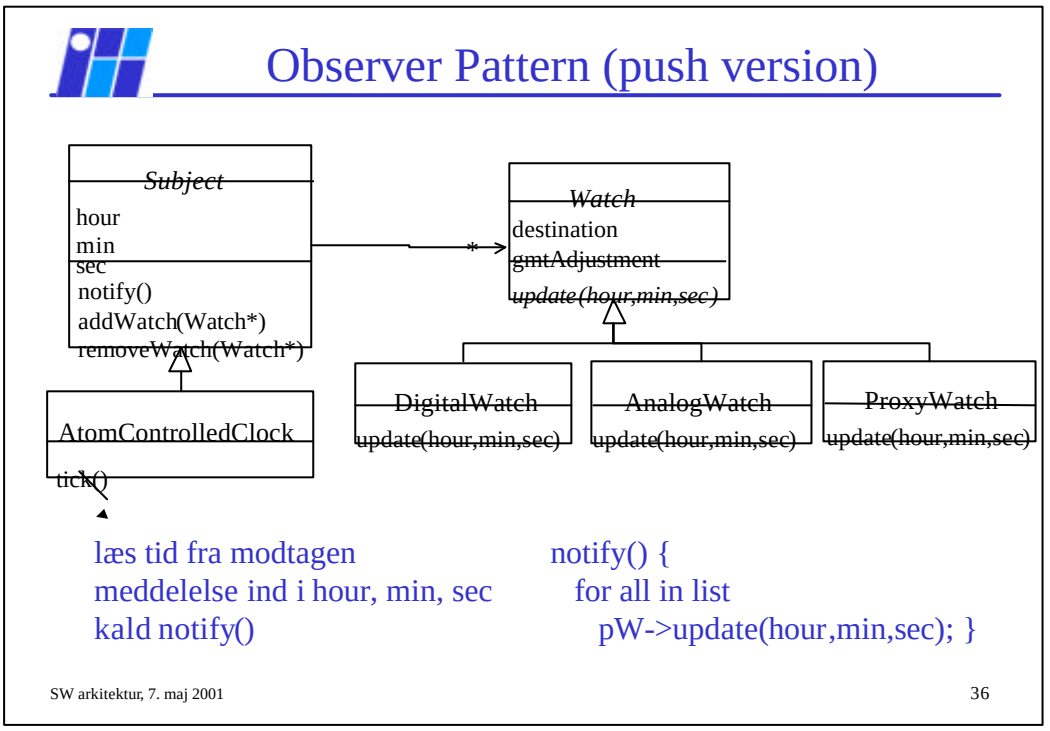
SW arkitektur, 7. maj 2001 33

Proxy objektdiagrammer

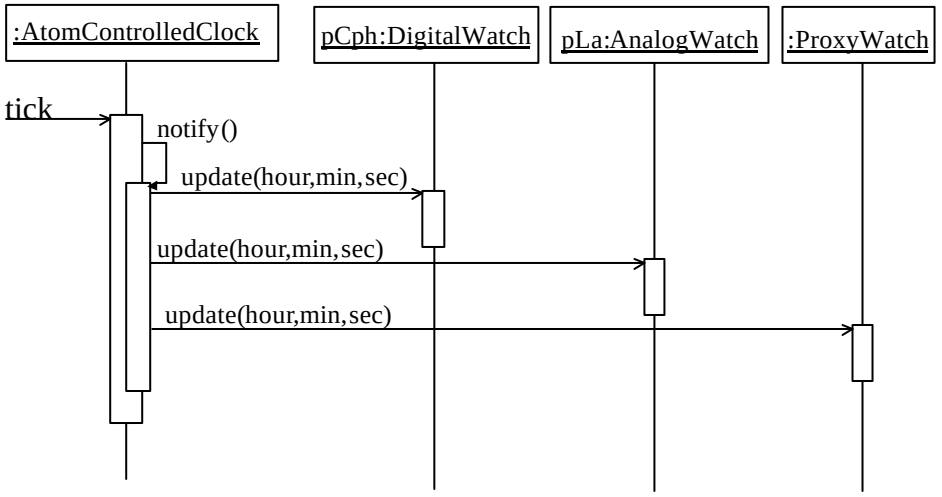


SW arkitektur, 7. maj 2001 34


Observer Pattern (push version)
Subject
hour
minute
second
notify()
addWatch(Watch*)
removeWatch(Watch*)
*
Watch
destination
gmtAdjustment
update(hour,min,sec)
AtomControlledClock
tick()
DigitalWatch
update(hour,min,sec)
AnalogWatch
update(hour,min,sec)
pLa= new AnalogWatch(”Los Angeles”,-8);
AtomControlledClock::Instance().addWatch(pLA);
pCph= new DigitalWatch(”Copenhagen”,+1);
etc.
SW arkitektur, 7. maj 2001
35


Observer Pattern (push version)
Subject
hour
min
sec
notify()
addWatch(Watch*)
removeWatch(Watch*)
*
Watch
destination
gmtAdjustment
update(hour,min,sec)
AtomControlledClock
tick()
DigitalWatch
update(hour,min,sec)
AnalogWatch
update(hour,min,sec)
ProxyWatch
update(hour,min,sec)
læs tid fra modtagen
meddelelse ind i hour, min, sec
kald notify()
notify() {
for all in list
pW->update(hour,min,sec); }
SW arkitektur, 7. maj 2001
36

Sekvensdiagram for Observer

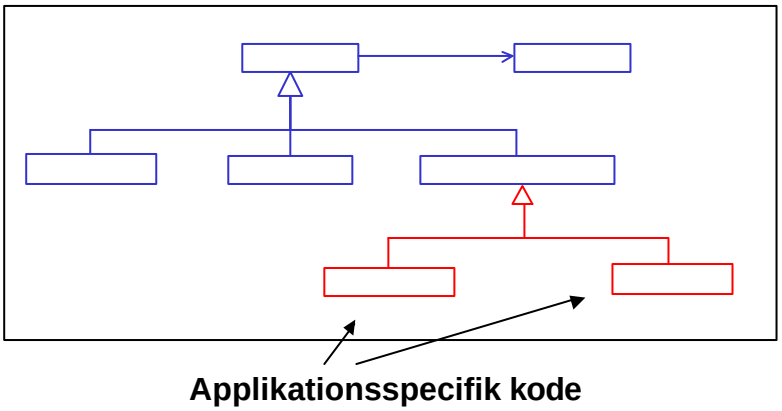


Frameworks

- Frameworks opbygges vha. mønstre
- Forskellige slags framework:
  - Applikationsframework ofte til et specifikt domæne
  - Serviceorienterede frameworks som f.eks.
    - Kommunikationsframework
    - Databaseframework
    - Multiprogrammeringsframework
- Disse kan være implementeret som:
  - Whitebox framework
  - Blackbox framework

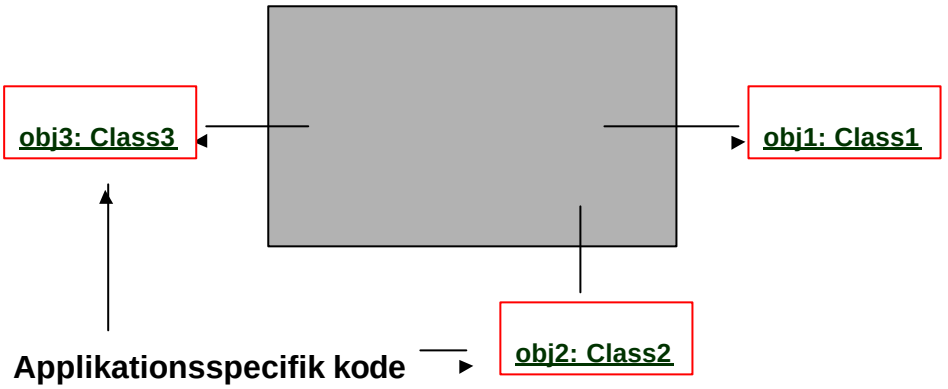
Whitebox Framework

- Her skal man kende den indre struktur for at kunne anvende Frameworket til en konkret applikation f.eks. ved at man tilføjer nye specialiserede klasser til de eksisterende klassehierarkier



Blackbox Framework

- Her er det ikke nødvendigt at kende detaljer i Frameworket, da man tilføjer den ønskede funktionalitet vha. Composition dvs. at man instantierer objekter der "hægtes" på Frameworket



Erfaring med anvendelse af et framework

Fordele:

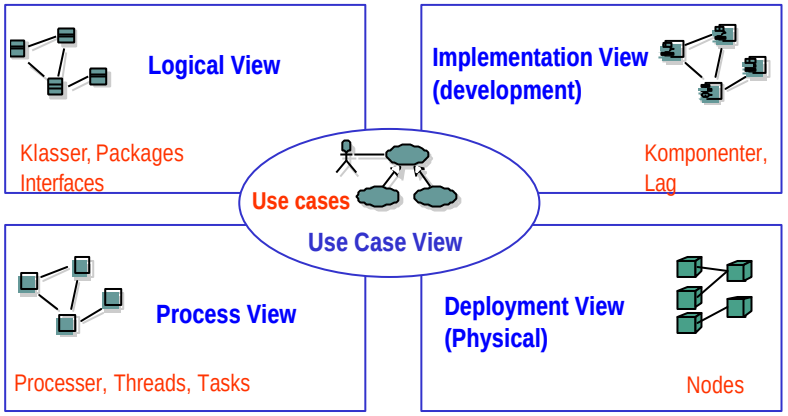
- Genbrug af basisklasser og struktur i Frameworket
- Genbrug af serviceklasser
- Kan opbygges vha. GoF design patterns (er veldokumenterede)
- Samme SW struktur for forskellige protokoller
- Letter dokumentation
- Letter vedligeholdelsen pga. færre klasser og samme struktur
- Muliggør en hurtigere protokolimplementering, da man kan koncentrere sig om det protokolspecifikke
- Fremmer inkrementel udvikling

Framework erfaringer - fortsat

Ulemper:

- Kræver indgående kendskab til Frameworket for at kunne genbruge dette til en ny protokol
- Frameworket bliver først stabilt efter mindst 2 implementationer
- Senere ændringer til Framework strukturen bliver dyrere, da flere projekters SW skal tilpasses
- Kaldestrukturen er mere kompliceret og dermed sværere at teste og debugge

"4+1 View" model for SW arkitektur

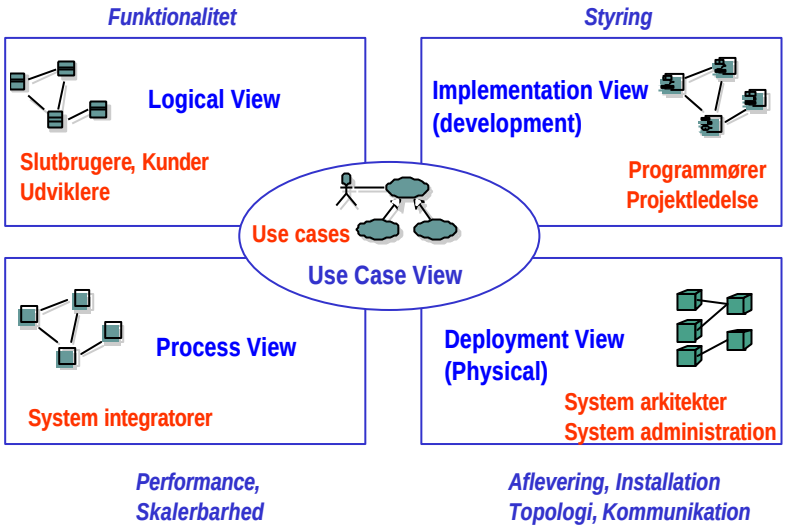


Ref.: Philippe Kruchten, "The 4+1 View of Architecture,"IEEE Software, 12(6) Nov. 1995

De fem arkitektur views

- Logisk view
  - Beskriver det logisk design vha. klassediagrammer og organisering vha. pakker
- Implementation view (development)
  - Beskriver organiseringen af de statiske software moduler herunder den fysiske lagdeling og gruppering af Source kode, data filer, komponenter mm.
- Process view
  - Beskriver parallellitet på runtime tidspunktet ved at vise samspil mellem task, threads og processer
- Deployment view
  - Beskriver systemets fysiske computere og hardware og allokering af runtime komponenter på computerne
- Use Case view
  - Beskriver hvorledes elementerne i de forskellige views interagerer

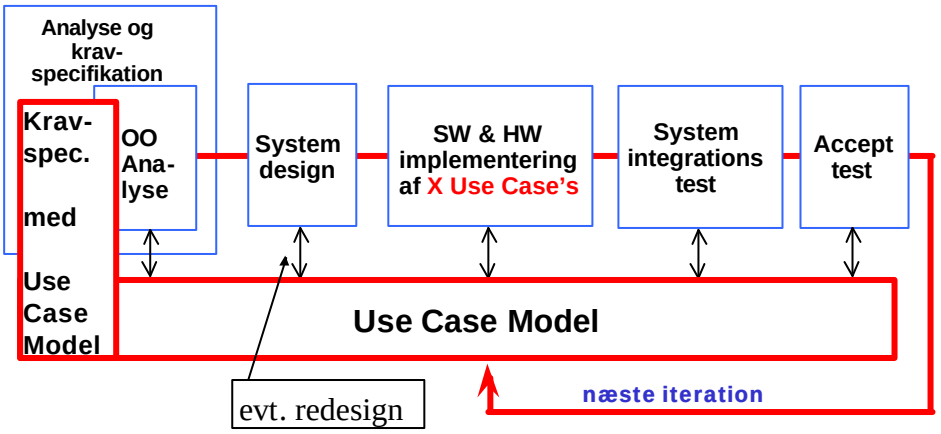
Forskellige interessenter



Udviklingsproces og arkitektur

- Use Case drevet udviklingsproces
  - Udvælg de Use Cases, der har størst betydning for fastlæggelse af systemets arkitektur
- Foretag en iterativ og inkrementel udvikling styret af Use Cases
- Concurrent Engineering (SW + HW udvikling)
  - Arkitektur definerer systemet dvs. både HW og SW
- Fokuser på udvikling af infrastruktur tidligt i et projektforløb
- Muligt at wrappe eksisterende kode ind i klasser
- Udvikling af produktfamilier (HP, Nokia, DD)

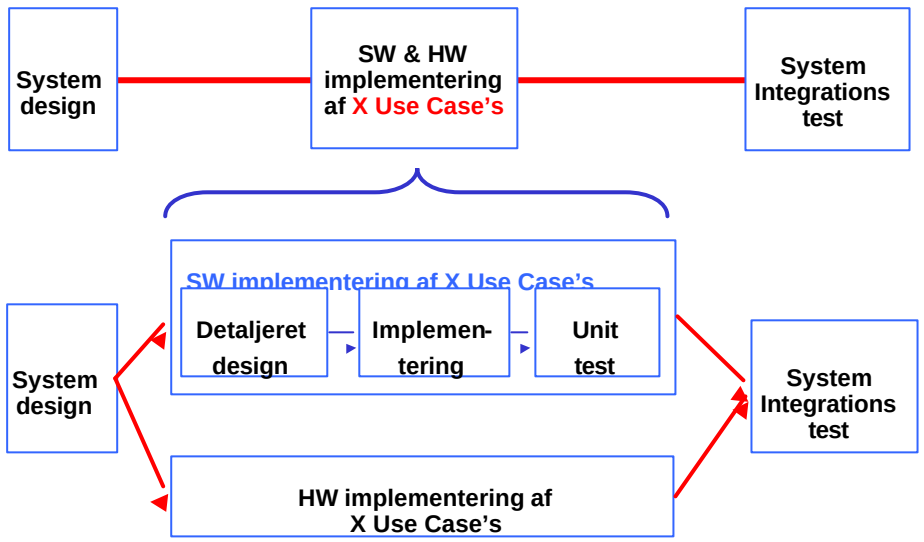
Eksempel på en udviklingsmodel



Kilde: Teknologisk Institut

SW arkitektur, 7. maj 2001 47

SW og HW implementering



SW arkitektur, 7. maj 2001 48

En længere definition på SW arkitektur

- Software Architecture:
  - *"is a set of concepts and design decisions about the structure and texture of sofware that must be made prior to concurrent engineering to enable effective satisfaction of architectural significant explicit functional and quality requirements and implicit requirements of the product family, the problem and the solution domains"*
  - *Software Architecture for Product families*, Jazayeri, Addison-Wesley2000

Opsummering

- Arkitektur er vigtigere end nogensinde
- Abstraktioner og notationer er ved at være på plads
- Arkitektur *styles* udvikles i disse år
- Mønstre (Patterns) spiller en afgørende rolle på såvel det overordnede arkitektur niveau som på det mere lokale designniveau
- Udviklingsprocesser bør understøtte og lægge vægt på arkitekturaktiviteten
- Arkitektur- og designdokumentation er sammen med kravspecifikationen den vigtigste udviklingsdokumentation

Referencer

- *Design Patterns, Elements of Reusable Object-Oriented Software*
  - Eric Gamma et. al., Addison-Wesley, 1995
- *Software Architecture, Perspectives on an Emerging Discipline*
  - Mary Shaw, David Garlan, Prentice-Hall, 1996
- *Pattern-Oriented Software Architecture - A System of Patterns*,
  - Frank Bushmann et. al., John Wiley & Sons, 1996
- *Design and Use of Software Architecture*
  - Jan Bosch, Addison-Wesley, 2000
- *Software Architecture for Product Families*
  - Mehdi Jazayeri, Alexander Ran, Frank van der Linden, Addison-Wesley, 2000
- *The 4+1 View Model of Architecture*
  - Philippe Kruchten, *IEEE Software*, 12 (6), November 1995, IEEE
- *Center for Objekt Teknology (COT)*, har flere rapporter om SW arkitektur
  - http://www.cit.dk/COT/ - se under Report Series