Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software

[Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice]
R. N. Taylor, N. Medvidovic, E. M. Dashofy. Capítulos 2, 3, 4, 5 e 11

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software - Introdução

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

Introdução

- A área de Arquitetura de Software estuda como sistemas de *software* são projetados e construídos
- Arquitetura de Software:
- Conjunto formado pelas principais decisões de projeto tomadas durante seu desenvolvimento e qualquer evolução subsequente
- Desenvolvimento de *software* centrado em arquiteturas
- Qualidade de projeto → Qualidade de Software
- Famílias de produtos de *software*

Software e Construção Civil

- Analogia forte e de fácil compreensão
- As fases são similares (requisitos, projeto, etc)
- Outras similaridades:
- Projeto arquitetural com foco nas necessidades dos usuários
- Permite especialização de trabalho
- Planos e progressos podem ser avaliados em pontos intermediários
- Mas não é só isso ...

Software e Construção Civil

1) Toda construção tem uma arquitetura, separada, porém relacionada, à estrutura física
   - Esta arquitetura pode ser descrita, discutida e comparada com as de outras construções
   - A arquitetura antecipadamente projetada pode ser comparada com a arquitetura resultante do processo de construção
   - De forma similar, a arquitetura de um *software* existe de forma independente, porém relacionada, ao código-fonte que a implementa

Software e Construção Civil

2) Propriedades das estruturas são induzidas pelo projeto das suas arquiteturas:

- Castelo medieval: paredes altas e espessas e janelas estreitas, se existentes. Induz propriedades defensivas
- Propriedades de um *software*, como resiliência a tipos particulares de ataques, são determinadas pelo projeto de suas arquiteturas

Software e Construção Civil

- Objetivos de uma boa arquitetura:
  - Força: fundações para um assoalho sólido, escolha apropriada de materiais sem economia
  - Utilidade: distribuição sensata das partes, com seus propósitos devidamente atendidos e situação apropriada
  - Beleza: aparência agradável, boa percepção do "todo" e dimensões proporcionais entre as partes

Software e Construção Civil

3) Reconhecimento do papel distinto e característico do arquiteto – pessoa que cria a arquitetura

- Exige ampla formação:
  - Aspectos de engenharia
  - Senso apurado de estética
  - Conhecer o modo como as pessoas trabalham, comem, brincam e moram ajuda a projetar construções satisfatórias e que funcionam bem ao longo das estações e dos anos
  - Habilidades simples de programação não são suficientes para a criação de sistemas complexos que efetivamente funcionam

Software e Construção Civil

4) O processo não é tão importante quanto a arquitetura

- Isso não quer dizer que o processo não é importante, somente que ele não é garantia de sucesso
- O processo existe para servir um fim – o projeto e a qualidade da infra-estrutura – não para ser um fim em si próprio

Software e Construção Civil

5) A arquitetura (de *software*) amadureceu, ao longo dos anos, como uma disciplina

- Uma base de conhecimentos está disponível, capturando as experiências e lições de projeto prévios
- Foco no reuso de conhecimento, de projeto de sub-sistemas e de ferramentas
- Benefício de uso de materiais, partes e tamanhos padronizados

Software e Construção Civil

- Estilos Arquiteturais:
  - Vila Romana
  - Catedral Gótica
  - Estilo fazenda
  - Chalé Suiço, Arranha-céu
- Tentam encontrar um conjunto comum de requisitos e acomodar as restrições de topologia local, clima e materiais, ferramentas e mão-de-obra disponíveis
- Um estilo coloca restrições ao desenvolvimento, o que leva a qualidades particulares desejáveis

Software e Construção Civil

- Limitações da analogia:
  - Conhecemos muito sobre prédios e não tanto sobre *software*
  - Natureza essencial dos materiais totalmente diferente
  - O *software* é mais "maleável" do que os materiais físicos de construção
  - A indústria da construção civil é mais consolidada
  - O fase de implantação não existe na construção civil
  - Caráter extremamente dinâmico do *software*

Software e Construção Civil

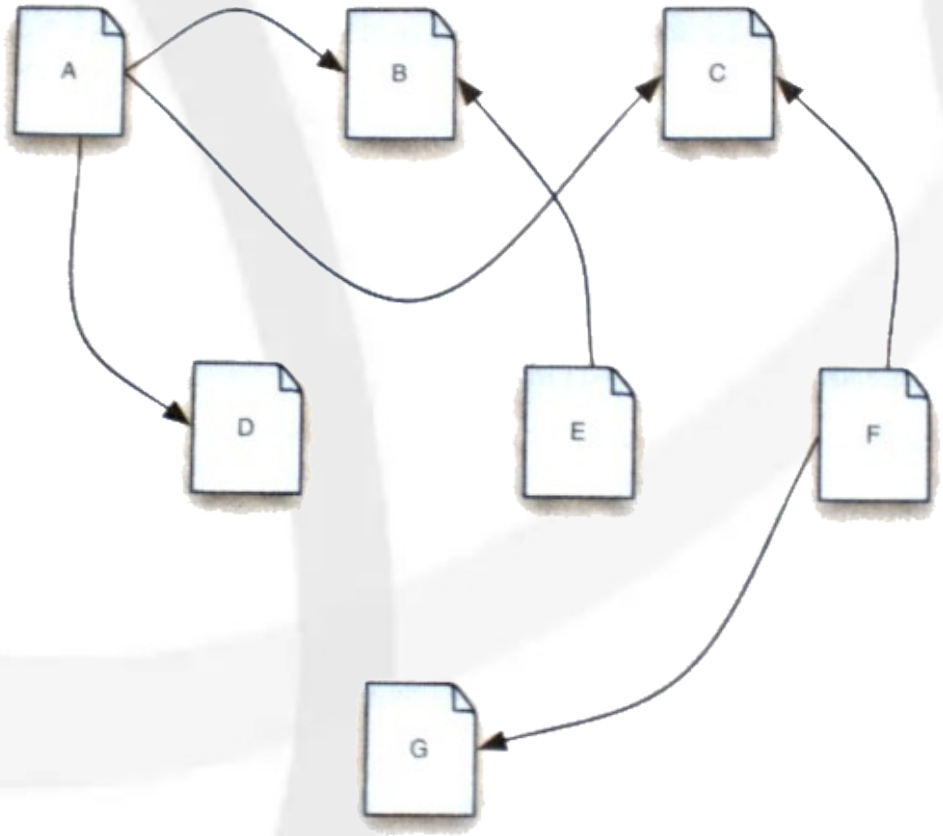
- Resumindo:
  - A arquitetura do *software* deve ser o centro do projeto e desenvolvimento de sistemas, mais importante que o processo, análise e até mesmo programação
  - Ao dar proeminência à arquitetura obtém-se: controle intelectual, integridade conceitual, base adequada e efetiva para reuso, comunicação efetiva no projeto e gerenciamento de um conjunto de sistemas variantes, porém relacionados
  - O foco na arquitetura deve estar presente em todas as fases do projeto

Exemplos

- Exemplo 1: Arquitetura da web
  - O que é a web ? Como ela é construída ? Como você projetaria um *software* para um site de comércio eletrônico ?
  - A arquitetura do sistema fornece o vocabulário e os meios para responder as questões acima, em particular o estilo arquitetural adotado para a web

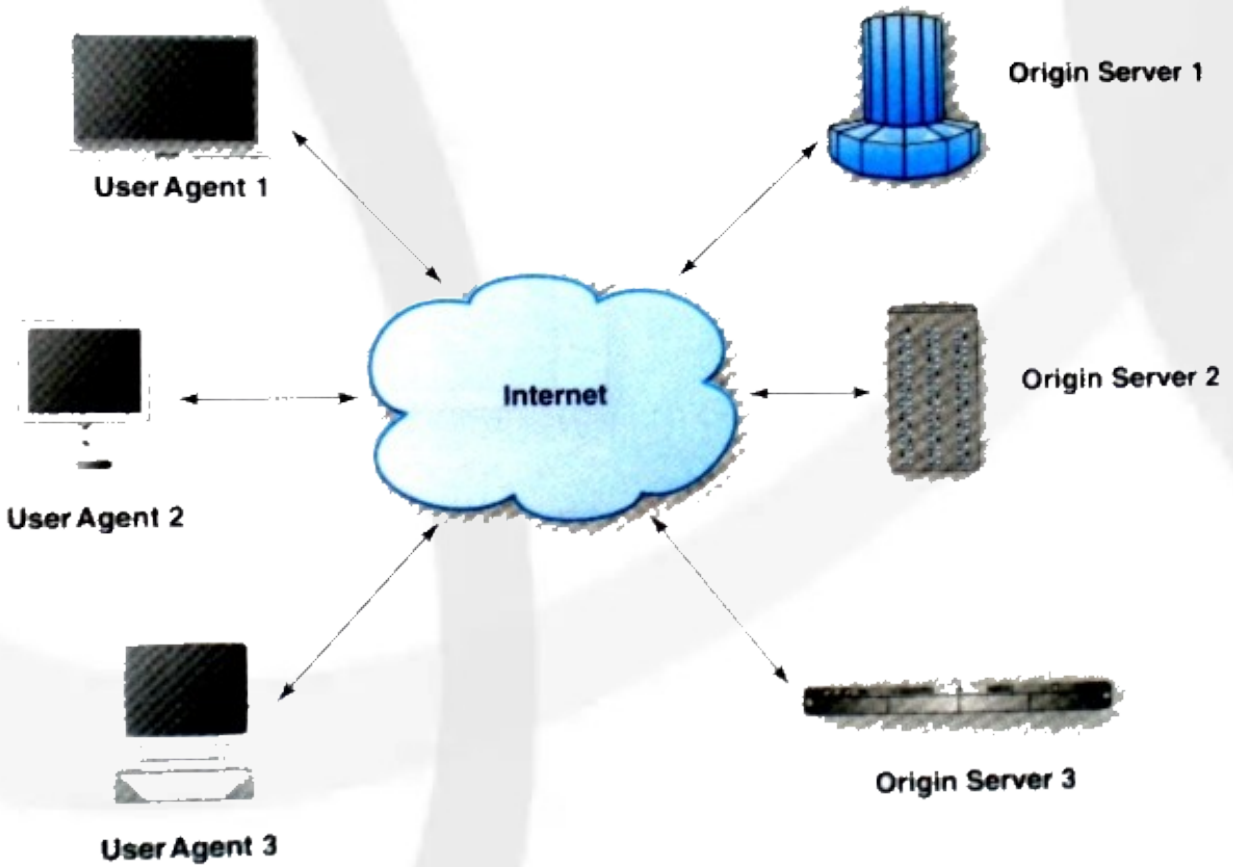
Exemplos

- Visão do usuário: conjunto dinâmico de relacionamentos entre coleções de informação



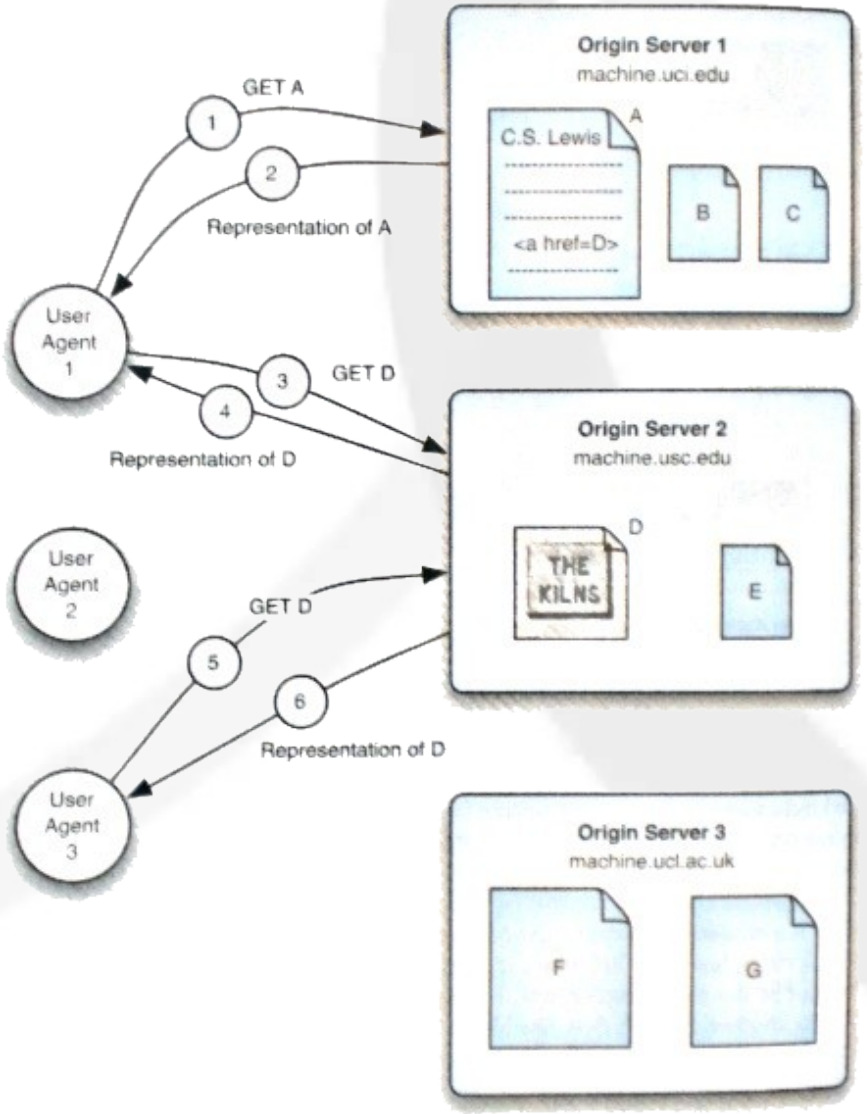
Exemplos

- Visão de rede: coleção de máquinas independentemente apropriadas e operadas, que se comunicam via rede



Exemplos

- Visão do desenvolvedor: coleção de programas independentemente desenvolvidos que se comunicam através dos padrões HTTP, URI, MIME e HTML



Exemplos

- Estas visões não explicam como a web funciona
- Uma estratégia melhor é apresentar um conjunto de definições e restrições que caracterizam a web:
  - Coleção de *resources*, identificados unicamente por uma URL
  - Cada *resource* denota uma informação, como um documento, imagem, serviço, coleção de outros resources, etc
  - URL's podem ser utilizadas para determinar a identidade da máquina que contém o *resource*
  - Toda comunicação é iniciada pelos clientes (*user agents*), realizando requisições aos servidores

Exemplos

- Uma estratégia melhor é apresentar um conjunto de definições e restrições que caracterizam a web:
  - *Resources* podem ser manipulados através de suas representações. O HTML é a linguagem de representação mais comum da web
  - Toda comunicação entre clientes e servidores é realizada através de um protocolo extremamente simples (HTTP), com poucas primitivas, tais como GET e POST
  - Toda comunicação entre clientes e servidores é *context-free*, ou seja, o servidor responde à requisição baseando-se somente na informação presente na própria requisição. Nenhum histórico de operações é mantido

Exemplos

- Exemplo 2: *Shell Script*

ls invoices | grep -e August | sort

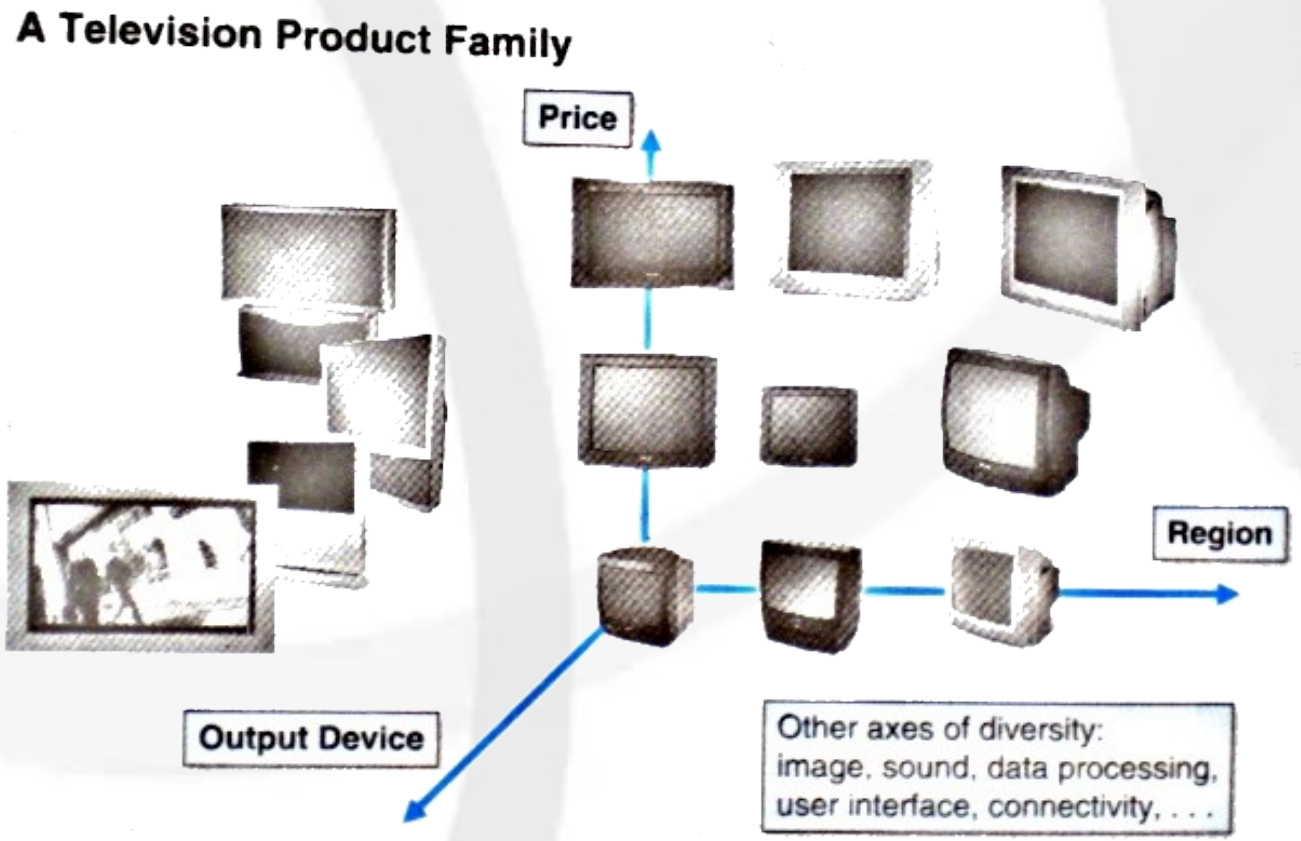
  - Um filtro é um programa que recebe um fluxo de caracteres como entrada e produz um fluxo de caracteres como saída. Filtros podem ser parametrizados
  - Um *pipe* é uma forma de conectar dois filtros, onde a saída do primeiro filtro é conectada à entrada do segundo
  - Conhecendo os filtros e *pipes* utilizados pode-se facilmente compreender o programa e criar outros
  - O conjunto particular de regras aqui aplicado define um estilo arquitetural conhecido como *Pipe-and-Filter*
  - Pode ser utilizado em qualquer sistema

Exemplos

- Exemplo 3: Linhas de Produto
  - Famílias de produto são conjuntos de programas independentes que possuem um alto potencial de compartilhamento de estrutura e componentes constituintes
  - Ex: HD TV 35" com *DVD player* com sinal ATSC, HD TV 35" sem *DVD player* com sinal ATSC, HD TV 35" com *DVD player* com sinal DVB-T
  - Reutilizar estruturas, comportamentos e implementações simplifica o desenvolvimento, reduz prazos e custos e melhora a confiabilidade geral do sistema
  - Arquiteturas de *software* são abstrações essenciais para o gerenciamento de variações e de pontos em comum

Exemplos

- Linha de produtos da Philips
  - Metodologia arquitetural: Koala

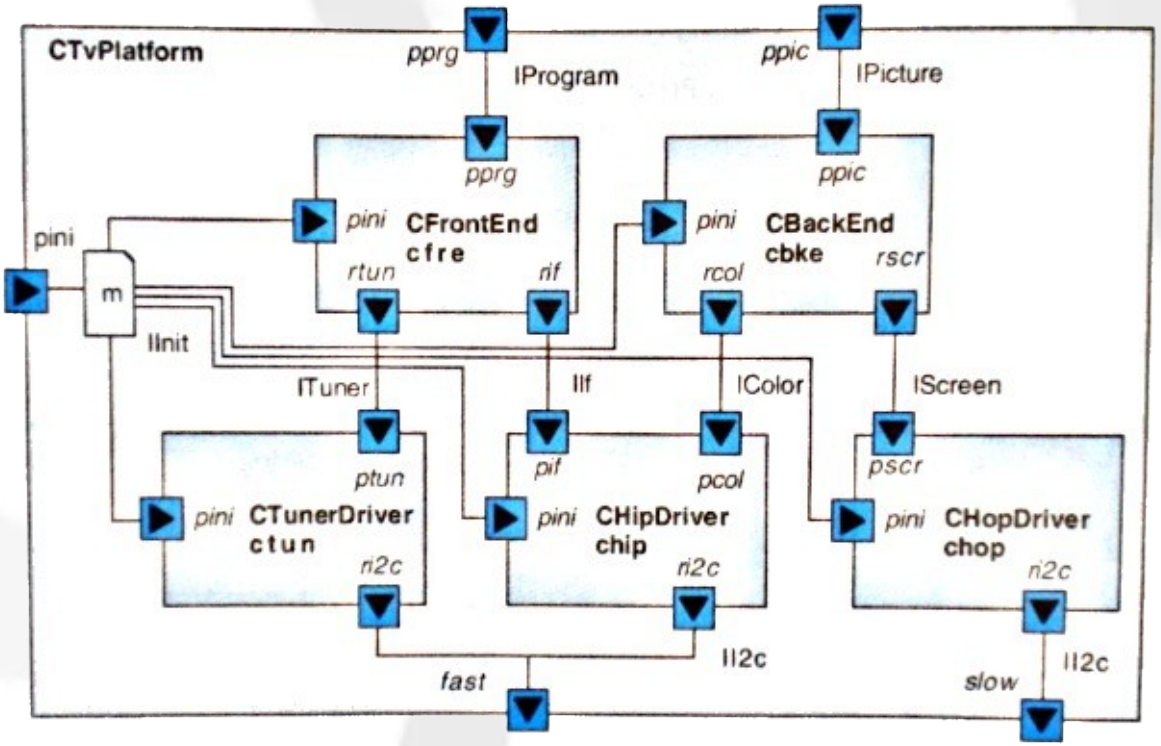


Exemplos

- Koala:
  - Modela e implementa o *software* como uma coleção de componentes que interagem entre si
  - Cada componente exporta um conjunto de serviços através de um conjunto de *provided interfaces*
  - Cada componente explicitamente define suas dependências com o ambiente (*hardware* ou *software*) através de um conjunto de *required interfaces*

Exemplos

- Arquitetura exemplo de uma plataforma de TV da Philips:
  - Compatibilidade de interfaces
  - *Composite*

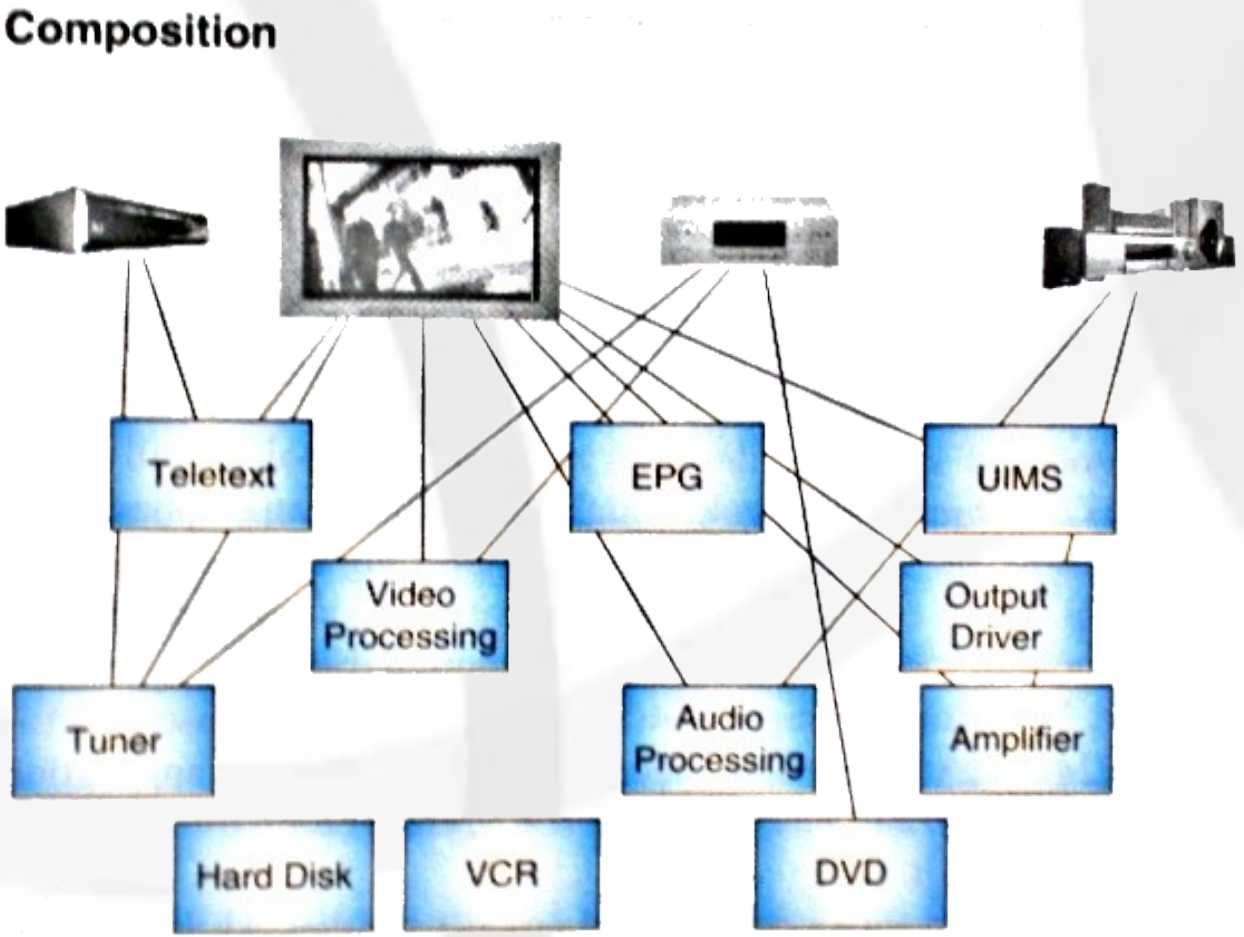


Exemplos

- Koala: mecanismos para gerenciamento da variabilidade:
  - *Diversity interfaces*: mecanismo para parametrizar um componente. Permite que um componente importe propriedades específicas da configuração a partir de elementos do Koala que implementam esta interface. São externos ao componente
  - *Switches*: elemento de conexão que permite que um componente interaja com apenas um dentre um conjunto de componentes, dependendo do valor de um parâmetro obtido em *run-time*
  - *Optional interfaces*: provê ou requer funcionalidades presentes em apenas alguns produtos da família

Exemplos

- Koala: população de produtos



Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software - Reorientação de Engenharia

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

Arquiteturas em Contexto

- Como a arquitetura de *software* se relaciona com os conceitos de engenharia de *software* tradicionalmente aplicados ?
- Tais conceitos devem ser re-orientados, pois a arquitetura do *software* passa a ocupar papel fundamental
- Conhecimentos fundamentais:
  - Toda aplicação tem uma arquitetura
  - Toda aplicação tem ao menos um arquiteto
  - Arquitetura não é uma fase do desenvolvimento

Arquiteturas em Contexto

- Questões consequentes:
  - De onde surge a arquitetura de uma aplicação ?
  - Como uma arquitetura de *software* pode ser caracterizada ?
  - Quais são as suas propriedades ?
  - É uma arquitetura boa ou ruim ?
  - Suas deficiências podem ser facilmente corrigidas ?
  - Os arquitetos estão sempre conscientes das decisões fundamentais de projeto que tomam ?
  - Essas decisões de projeto podem ser articuladas com outras ?

Arquiteturas em Contexto

- Questões consequentes:
  - Os arquitetos conseguem manter a integridade conceitual do projeto ao longo do tempo ?
  - Alternativas foram consideradas nos diversos momentos de decisão ?
- A arquitetura do *software* não é produto de uma fase específica do processo, realizada após a análise de requisitos e antes do projeto detalhado
- A criação e manutenção da arquitetura estão presentes em todo o processo, embora tenham destaque especial em uma fase particular

Análise de Requisitos

- Considerações sobre a arquitetura começam no início do projeto
- Noções de estrutura, projeto e solução são completamente apropriadas durante a fase de análise de requisitos
- Visão tradicional: a análise e especificação de requisitos deve permanecer isolada de qualquer consideração sobre qual projeto irá satisfazer os requisitos
  - "A parte central deste artigo esboça uma abordagem para análise de requisitos que evita a atração magnética da orientação à solução" [Jackson 2000]

Análise de Requisitos

- Abordagem de George Polya em "*How to solve it*" - 1957:
  - Primeiro compreenda o problema
  - Depois encontre uma conexão entre os dados e o desconhecido. Em algum momento você vai encontrar um plano para a solução
  - Execute o plano
  - Examine a solução obtida
- Ambas abordagens defendem a completa exploração e compreensão dos requisitos antes de propor uma solução

Análise de Requisitos

- Exemplo de uso desta abordagem: máquinas de lavar
  - Máquinas de lavar não batem roupas em rochas à beira de um rio
  - O foco nos requisitos, sem qualquer atração pela "orientação à solução", permitiu a obtenção de soluções novas e criativas: tambores rotativos com agitadores
- Na prática, entretanto, a análise de requisitos é realizada de modo rápido e superficial:
  - Restrições de orçamento e prazos
  - Processos de desenvolvimento inferiores
  - Falta de confiança nos engenheiros responsáveis

Análise de Requisitos

- Os motivos, entretanto, envolvem limitações humanas em relação a racionínio abstrato, economia e evocação
- Analogia com construção de casas:
  - Não raciocinamos sobre nossas necessidades independente de como elas serão satisfeitas
  - Pensamos em número de cômodos, estilo das janelas, fogão a gás ou elétrico
  - Não pensamos em termos de "uma forma de prover abrigo a um clima rigoroso", "uma forma de prover iluminação adequada" ou "uma forma de preparar comida aquecida"

Análise de Requisitos

- O mesmo acontece com *software*:
  - Sem referência a arquiteturas já existentes torna-se difícil avaliar a viabilidade, cronograma e custo do projeto
  - Conhecer as interfaces de usuário, *hardware* e tipos de serviços disponíveis ajuda a chegar em requisitos baseados numa compreensão razoável da viabilidade
  - As falhas impulsionam a engenharia e são a base para inovação: observação + detecção das limitações
  - Exemplo: criação do *zipper* – sucessor de uma longa sequência de invenções
  - "Como muitos outros produtos, o *zipper* não surgiu diretamente das funcionalidades mas de correções sucessivas de falhas" [Petroski 1992]

Análise de Requisitos

- Observações fundamentais:
  - Projetos e arquiteturas já existentes definem um vocabulário para discutir as possibilidades
  - Nossa compreensão sobre o que funciona hoje e como ele funciona afeta nossos desejos – foco na solução
  - Experiências prévias com sistemas nos ajudam a avaliar a viabilidade e definir custos e prazos
  - Requisitos = articulação de melhorias necessárias à arquitetura vigente
  - Isso não significa limitar inovação, as máquinas de lavar foram progressivamente aperfeiçoadas

Análise de Requisitos

- Observações fundamentais:
  - Não se limitar, entretanto, aos projetos atuais. Diferentes mecanismos devem ser usados para subir em uma casa, arranha-céu ou até a lua
  - Quando não existem antecessores físicos analogias ou antecessores conceituais podem ajudar
  - Desenvolvimento greenfield também utiliza antecessores para enquadrar os requisitos e soluções inéditos
  - Nem todas as arquiteturas, entretanto, são boas fontes de inspiração

Projeto

- Fase onde maior atenção é dada à definição das principais decisões de projeto (arquitetura)
- O desenvolvimento da arquitetura, entretanto, não é exclusivo desta fase
- Projeto é um aspecto de todas as outras atividades de desenvolvimento
- Decisões arquiteturais refletem vários aspectos do sistema, requerendo um rico "repertório" de técnicas de projeto

Projeto

- Modelo tradicional (em cascata):
  - Objetivo: definir um projeto que possa ser repassado para os programadores
  - Se algum requisito é considerado inviável, retorna-se à fase de análise de requisitos (sem entretanto retomar aspectos da solução)
  - Se, na implementação, alguma parte do projeto é considerada inviável, retorna-se à fase de projeto

Projeto

- Modelo centrado em arquiteturas:
  - Reduz-se ou elimina-se as fronteiras entre as fases, geralmente artificiais e improdutivas
  - Análise de requisitos já relacionada a aspectos de arquitetura e projeto
  - Análise, projeto e implementação acontecem de uma forma mais integrada e enriquecida
- O arquitetura lida com uma ampla faixa de questões:
  - Interesses dos *stakeholders*, estilo e estrutura utilizados, tipos de conectores de elementos, estrutura primárias de classes e pacotes, aspectos de distribuição, descentralização, implantação e segurança, etc

Projeto

- Técnicas de projeto de sistemas:
  - Projeto Orientado a Objetos:
    - Identificação de objetos que encapsulam um estado e funções que acessam e manipulam este estado
    - Não é uma abordagem completa nem é eficaz em todas as situações. Não é ineficaz, entretanto
  - Limitações:
    - Não é uma abordagem completa de projeto. Não aborda questões de implantação, segurança, confiança, etc
    - Não possui mecanismos para transferir, para novas arquiteturas, conhecimento de domínio e soluções presentes em arquiteturas anteriores
    - Exige que todos os conceitos e entidades sejam objetos. Não há suporte explícito para algo que não seja uma classe

Projeto

- Técnicas de projeto de sistemas:
  - Projeto Orientado a Objetos:
    - Limitações:
      - Disponibiliza somente um tipo de encapsulamento (objeto), uma noção de interface, um único tipo de conector explícito (*procedure call*). Não suporta a noção de *required interfaces*
      - Fortemente ligada a interesses e decisões das linguagens de programação, que podem começar a ditar quais decisões são importantes
      - Assume um espaço de endereçamento compartilhado e suporte adequado ao gerenciamento de *heap* e *stack*
      - Assume a existência de uma única *thread* de controle
      - Aspectos de concorrência, distribuição e descentralização não são considerados
    - A UML ajudou a discutir um projeto orientado a objetos sem depender da linguagem de programação

Projeto

- Técnicas de projeto de sistemas:
  - *Domain-Specific Software Architectures* (DSSAs)
    - Apropriada quando experiências e arquiteturas anteriores influenciam potencialmente os novos projetos
    - Geralmente a experiência traz a melhor abordagem e melhor solução para o domínio em questão
    - Novas arquiteturas serão variações das anteriores
    - Abre-se espaço para focar em variações originais e criativas
    - Reutiliza-se partes da arquitetura e da implementação
    - Exige bom suporte técnico: arquiteturas anteriores devem ser capturadas e refinadas para reuso, pontos de variação devem ser identificados e isolados, interfaces nos pontos de variação devem ser explícitas, etc

Implementação

- Objetivo: criar um código-fonte que seja fiel à arquitetura e que implemente de forma completa os requisitos
- A abordagem centrada em arquiteturas dá ênfase a algumas abordagens à implementação:
  - A implementação pode estender ou modificar a arquitetura
  - A arquitetura só estará completa após a implementação
  - Deve-se manter as decisões que constituem a arquitetura consistentes com o código-fonte produzido
  - Estimula a utilização de técnicas generativas e fortemente baseadas em reutilização (ex: uso de *frameworks*)

Implementação

- Implementação fiel:
  - Todos os elementos estruturais da arquitetura estão implementados no código-fonte
  - O código-fonte não deve utilizar elementos computacionais que não estão presentes na arquitetura
  - O código-fonte não deve conter conexões (entre elementos da arquitetura) que não estão descritas na arquitetura

Implementação

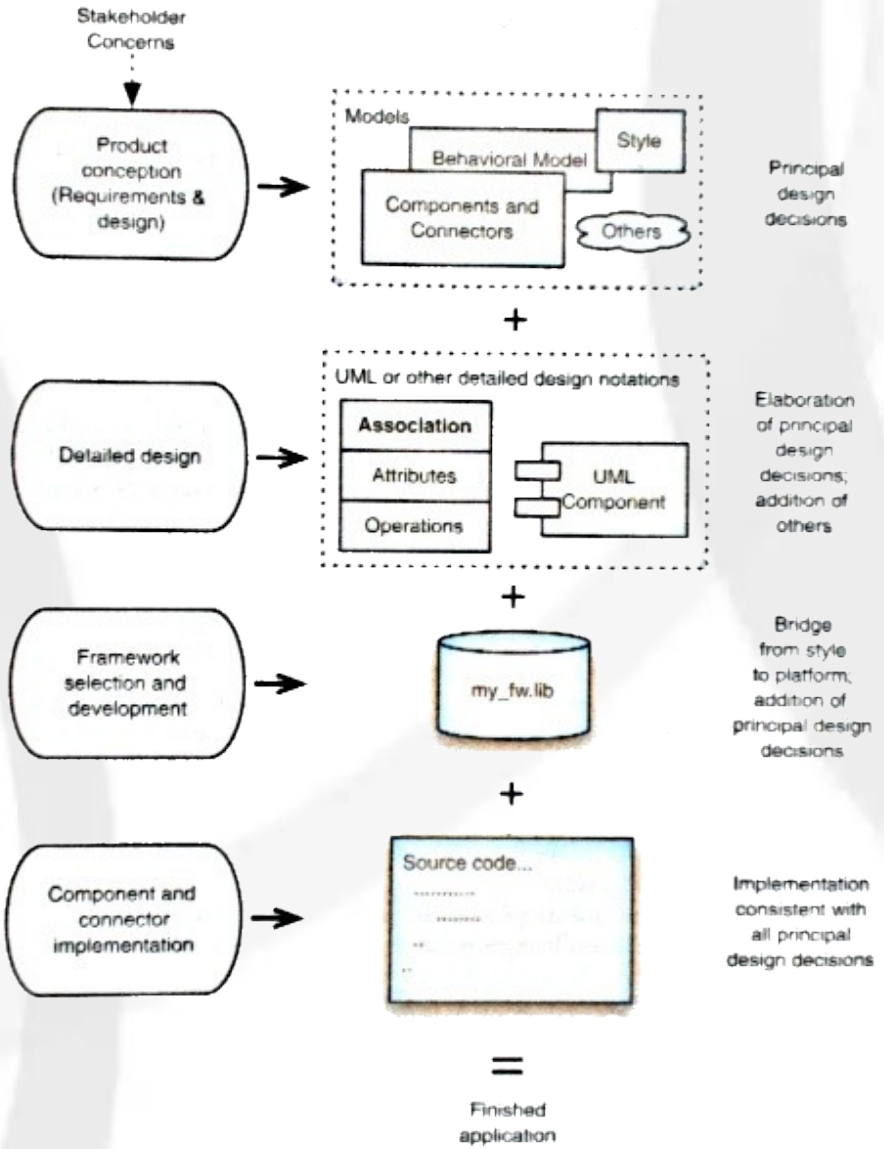
- Na prática essa definição não é totalmente adequada:
  - Uso de bibliotecas reduzem o custo e aumentam a qualidade, porém contêm funções e interfaces que não estão presentes na arquitetura
  - Se uma biblioteca barata e de qualidade implementa 98% da funcionalidade desejada e se as consequências da ausência dos outros 2% forem aceitáveis:
    - Decide-se pelo uso da biblioteca
    - Realiza-se a revisão das especificações e da arquitetura
  - O ponto crítico é sempre manter a arquitetura e a implementação em estados consistentes

Implementação

- Estratégias de implementação (em prioridade):
  - Técnicas generativas: a implementação é gerada automaticamente e possui alta qualidade
    - Geralmente aplicada em domínios muito específicos
  - Técnicas baseadas em reuso: demandam menor tempo e produzem código de maior qualidade do que construir o sistema do zero
    - *Architecture Implementation Framework* = ponte entre um estilo arquitetural específico e um conjunto de tecnologias de implementação. Traz garantias
    - Soluções de *middleware*, *COTS*, *open-source*
  - Desenvolvimento manual completo: custos e prazos maiores. Maior necessidade de garantia da qualidade

Implementação

- *Architecture Implementation Framework*:



Implementação

- Se a implementação difere da arquitetura projetada, esta arquitetura não caracteriza a aplicação
- O sistema tem uma arquitetura, porém latente, em contraste àquela documentada
- Falhas em reconhecer esta diferença:
  - Rouba a habilidade de raciocinar, no futuro, sobre a arquitetura implementada da aplicação
  - Engana os *stakeholders* em relação ao que eles "acreditam que têm" e o que eles "realmente têm"
  - Torna qualquer estratégia de desenvolvimento ou evolução, baseada na arquitetura, imprecisa e fadada ao fracasso

Análise e Teste

- Atividades realizadas para garantir a qualidade de um artefato
- Na abordagem tradicional o código-fonte é examinado em termos de corretude funcional e eventualmente desempenho
- Entretanto, análise de uma determinada propriedade pode ser realizada assim que o artefato existir, seja ele o que for
- Porque só o código-fonte é testado ?
- Porque o teste é realizado somente em relação aos requisitos funcionais da aplicação ?

Análise e Teste

- Resposta: devido à ausência de qualquer representação suficientemente rigorosa da aplicação que não seja o código-fonte
- Arquiteturas permitem uma análise antecipada e melhorada do código-fonte
- Abre-se caminho para a análise de propriedades não-funcionais
- Quais os benefícios que as arquiteturas de *software* trazem à fase de análise e teste ?

Análise e Teste

1) O modelo arquitetural pode ser avaliado em relação à sua consistência interna e corretude:
    - Verificações sintáticas do modelo podem identificar, por exemplo, conexões entre componentes não compatíveis (*interface mismatch*), especificação incompleta de propriedades e padrões de comunicação indesejados
    - Análise de fluxo de dados pode ser aplicada para determinar incompatibilidades de definição/uso e para detectar falhas de segurança
    - Técnicas de *model-checking* podem analisar problemas de *deadlock*
    - Técnicas de simulação podem realizar formas simples de análise dinâmica

Análise e Teste

2) O modelo arquitetural pode ser avaliado em relação à sua consistência com os requisitos:
   - Independente do processo utilizado o modelo arquitetural deve ser consistente com os requisitos
   - Esta verificação talvez precise ser feita de forma manual, caso os requisitos estejam descritos em linguagem natural
   - A verificação é essencial

Análise e Teste

3) O modelo arquitetural pode ser utilizado para determinar e suportar estratégias de análise e teste aplicadas ao código-fonte:
   - A arquitetura provê o projeto do código-fonte, consistência entre eles é essencial
   - A arquitetura serve como uma fonte de informação para governar testes, baseados na especificação, que atuam em todos os níveis: unidade, sub-sistema e sistema
     - O arquiteto pode priorizar análises e testes com base na arquitetura, focando os componentes e montagens mais críticos
     - Ex: componentes comuns em todos os membros de uma família de produtos

Análise e Teste

3) O modelo arquitetural pode ser utilizado para determinar e suportar estratégias de análise e teste aplicadas ao código-fonte:

- A arquitetura serve como uma fonte de informação para governar testes, baseados na especificação, que atuam em todos os níveis: unidade, sub-sistema e sistema
- A arquitetura disponibiliza um meio para repassar, para novos projetos, resultados prévios de análise
- Ex: a extensão do teste de unidade de um componente é reduzido se ele está sendo aplicado em um mesmo contexto e condições de uso
- A arquitetura ajuda a desviar a atenção do analista para os conectores em uma implementação do sistema

Análise e Teste

4) O modelo arquitetural pode ser comparado com um modelo derivado a partir do código-fonte da aplicação:

- É uma forma de checar a sua solução
- Seja P um programa derivado da arquitetura A
- Um grupo diferente de engenheiros, sem acesso a A, desenvolve um modelo arquitetural A' a partir da análise de P
- Se tudo estiver correto A será consistente com A'
- Caso contrário, ou P não implementa A fielmente ou A' não reflete fielmente a arquitetura de P
- Em qualquer caso é necessário uma verificação

Evolução e Manutenção

- Evolução ou Manutenção de Software refere-se a todo tipo de atividade realizada após o lançamento (release) da aplicação
- A abordagem tradicional para evolução é *ad-hoc*, geralmente retorna-se à fase do processo relacionada à mudança
- O risco é a degradação da qualidade da aplicação:
  - Devido a mudanças realizadas em qualquer lugar, por qualquer meio que seja o mais rápido e mais fácil
  - Com o tempo, realizar mudanças sucessivas se torna extremamente difícil, visto que dependências complexas entre mudanças imprudentes anteriores vêm à tona

Evolução e Manutenção

- A abordagem centrada em arquitetura oferece uma base sólida para uma evolução eficaz:
  - Foco sustentado em um modelo arquitetural explícito, real e modificável
- Fases do processo de evolução:
  1) Motivação
  2) Avaliação
  3) Escolha e projeto da abordagem
  4) Execução, incluindo a preparação para a próxima rodada de adaptação

Evolução e Manutenção

- Motivação:
  - Dentre as diversas motivações para evolução, destaca-se a criação de novas versões de um produto
  - Justifica o estudo de famílias de produto
- Avaliação:
  - A mudança é examinada para determinar sua viabilidade. Caso seja viável, como ela será alcançada ?
  - Requer conhecimento aprofundado sobre o produto em questão
  - Se um modelo arquitetural fiel à implementação está disponível a compreensão e análise da mudança ocorrem de forma eficaz

Evolução e Manutenção

- Avaliação:
  - Se não existe modelo arquitetural ou o modelo não é consistente com a implementação pode-se utilizar engenharia reversa. Isso custa tempo e dinheiro
  - Erros de manutenção surgem de indevidas avaliações:
    - Se não há conhecimento suficiente sobre a estrutura existente os planos de modificação irão falhar, principalmente nos pontos desconhecidos
  - Um bom modelo arquitetural oferece uma base justificada para decidir se uma mudança desejada é razoável ou não
    - Pode-se verificar que a mudança é extremamente custosa ou que inviabiliza propriedades do sistema
    - Mantêm-se a integridade arquitetural e atenua a volatilidade dos requisitos

Evolução e Manutenção

- Escolha e projeto da abordagem:
  - A abordagem deve satisfazer todos os requisitos que motivaram a mudança
  - É realizada uma escolha entre alternativas
- Execução:
  - O primeiro artefato a ser modificado é o modelo da arquitetura
  - Só então mudanças no código-fonte são realizadas
  - A consistência deve ser sempre mantida. Ferramentas podem ajudar nesta tarefa
  - A manutenção não está concluída até que os modelos estejam consistentes

Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software - Conceitos Básicos

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

Arquitetura de Software

- Na sua essência a arquitetura de um *software* pode ser definida como:

Arquitetura de Software: conjunto formado pelas principais decisões de projeto tomadas a respeito do sistema

Arquitetura de Referência: conjunto formado pelas principais decisões de projeto que são simultaneamente aplicadas a múltiplos sistemas relacionados, geralmente dentro de um domínio de aplicação, com pontos de variação explicitamente definidos

Arquitetura de Software

- Mas o que é uma "decisão de projeto" ? Exemplos:
  - Relacionada à estrutura do sistema:"os elementos arquiteturais devem ser organizados e compostos da seguinte forma: ..."
  - Relacionada ao comportamento funcional:"o processamento, armazenamento e visualização de dados serão realizados exatamente nesta sequência"
  - Relacionada a interações:"a comunicação entre todos os elementos do sistema será realizada somente através de notificação de eventos"
  - Relacionada a propriedades não-funcionais:"*dependability* será garantida através de módulos replicados de processamento"
  - Relacionada à implementação do sistema: será utilizado o *Java Swing* para os componentes de GUI

Arquitetura de Software

- Nem todas as decisões de projeto são "principais":
  - Depende do grau de importância e particularidade da decisão
  - Detalhes dos algoritmos e estruturas de dados utilizados não são decisões principais
  - Pode depender das metas do sistema e dos interesses dos stakeholders
- Resumindo, a arquitetura é também determinada pelo contexto (eventualmente dirigido por questões não-técnicas)
- Diferentes *stakeholders* podem julgar como principais diferentes conjuntos de decisões

Arquitetura Prescritiva

- Arquitetura prescritiva:

Arquitetura Prescritiva: conjunto *P* formado pelas principais decisões arquiteturais tomadas pelos arquitetos em um tempo *t* qualquer. É a prescrição para a construção do sistema

- Representa a arquitetura "pretendida" ou "concebida" do sistema
- Pode não existir de forma tangível, apenas na cabeça do arquiteto
- … ou pode ser capturada através de alguma notação ou outra forma de documentação

Arquitetura Prescritiva

- As decisões que compõem a arquitetura prescritiva serão implementadas por um conjunto A de artefatos:
  - Representação das decisões arquiteturais em UML
  - Implementações em uma linguagem de programação
  - Modelos dos estilos arquiteturais e padrões utilizados
  - Componentes *COTS* a serem utilizados
  - Infra-estruturas de *middleware* e *frameworks*
- Cada artefato em A encapsula certas decisões de projeto

Arquitetura Descritiva

- Arquitetura descritiva:

Arquitetura Descritiva: conjunto *D* formado pelas principais decisões arquiteturais encapsuladas por todos os artefatos do conjunto *A*. Descreve como o sistema foi implementado

- Representa a arquitetura "implementada" do sistema
- No início do projeto (tempo t1) tem-se a criação do conjunto P1 e os conjuntos A1 e D1 podem estar vazios (desenvolvimento *greenfield*)
- No desenvolvimento *brownfield*, onde um conjunto de artefatos implementando parcialmente a arquitetura já existe, A0 e D0 são não-vazios enquanto P0 é vazio

Arquitetura Descritiva

- P0 também pode estar vazio e D0 com alta cardinalidade em um projeto envolvendo um sistema legado cuja intenção arquitetural foi perdida ao longo do tempo
- Tais discrepâncias entre os conjuntos P e D podem ser indícios de problemas na arquitetura do sistema

Degradação Arquitetural

- Degradação Arquitetural:
  - Durante a vida de um sistema várias arquiteturas prescritivas e descritivas serão criadas
  - Cada par correspondente de arquiteturas representa o sistema em um determinado tempo t
  - Quando os conjuntos P, A e D estiverem suficientemente completos e consistentes a aplicação é implantada
  - Em um cenário ideal P será sempre igual a D
  - Nem sempre é o caso:
    - *COTS* ou plataformas de *middleware* podem interferir nas decisões arquiteturais tomadas
    - É preciso que os *stakeholders* definam o limite aceitável de diferenças entre P e D

Degradação Arquitetural

- Degradação Arquitetural:
  - É possível que, dado os conjuntos P e D no tempo t, esses conjuntos permaneçam estáveis no tempo t+1, mesmo com um crescimento de A
  - É também possível que P mude enquanto D permanece o mesmo
  - De forma similar, D pode mudar enquanto P permanece o mesmo

Degradação Arquitetural

- Degradação Arquitetural:
  - Durante uma evolução o ideal é alterar primeiro P e depois D
  - Nem sempre isso acontece:
    - Por desleixo do desenvolvedor
    - Por prazos curtos que impedem o raciocínio e a documentação do impacto na arquitetura prescritiva
    - Por ausência de documentação da arquitetura prescritiva
    - Necessidade ou desejo de otimizar o sistema,"fato que pode ser feito somente no código"
    - Técnicas e ferramentas inadequadas
    - Qualquer que seja a razão elas são falhas e potencialmente perigosas

Degradação Arquitetural

Degradação Arquitetural: discrepância existente entre as arquiteturas prescritiva e descritiva do sistema

Desvio Arquitetural: é a introdução, na arquitetura descritiva do sistema, de decisões principais de projeto que: *a*) não estão incluidas na arquitetura prescritiva ou não são implicações dela, mas *b*) não violam nenhuma das decisões de projeto da arquitetura prescritiva

Erosão Arquitetural: é a introdução, na arquitetura descritiva do sistema, de decisões principais de projeto que violam decisões da arquitetura prescritiva

Degradação Arquitetural (Desvio)

- O desvio arquitetural é resultado de mudanças no conjunto A que resultam, por sua vez, em mudanças no conjunto D
- Nem todas as expansões de D resultam em desvio arquitetural:
  - Ex: P requer que criptografia seja utilizada na comunicação em rede pública e D pode afirmar que um algoritmo de chave pública será utilizado para suportar tal comunicação
- Exemplo de desvio arquitetural: ligação entre dois conectores na figura anterior:
  - Não existe em P, porém não foi afirmado que ligações entre conectores não poderiam ser realizadas

Degradação Arquitetural (Desvio)

- Desvios arquiteturais podem causar violações nas regras do estilo arquitetural
- Refletem a insensibilidade do engenheiro em relação à arquitetura do sistema, podendo conduzir a perdas na claridade da forma e da compreensão do sistema
- Se não apropriadamente corrigidos, desvios arquiteturais frequentemente evoluem para erosões arquiteturais

Degradação Arquitetural (Erosão)

- Erosões arquiteturais produzem sistemas difíceis de entender e adaptar e frequentemente com falhas em potencial
- Podem ocorrer quando um sistema sofre vários desvios e as decisões estão obscurecidas por várias mudanças pequenas intermediárias
- Embora seja menos provável de acontecer e mais fácil de corrigir, uma arquitetura pode sofrer erosão ser ter tido desvios anteriores
- Pode ser causada por decisões que funcionam bem isoladas mas geram problemas em conjunto

Visão Arquitetural

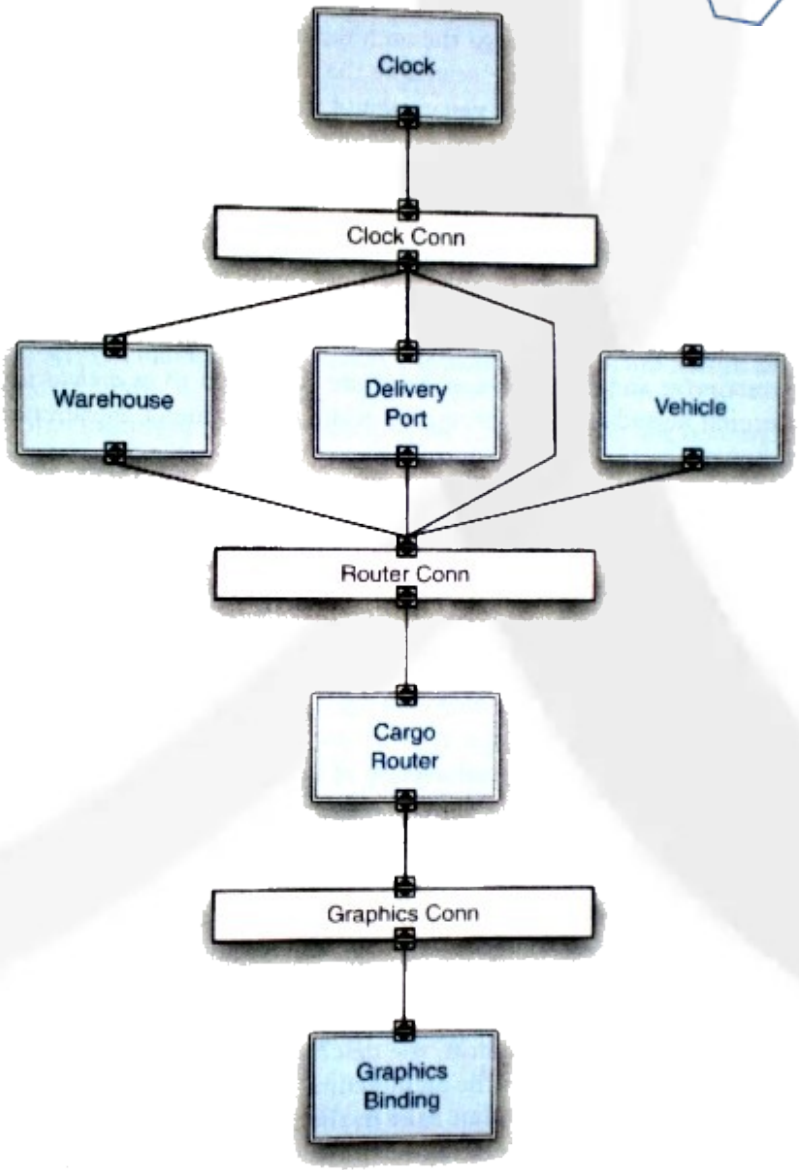
- Visão arquitetural:
  - Tem como objetivo destacar determinados aspectos de uma arquitetura ao mesmo tempo em que omite outros

Visão Arquitetural: é um conjunto não-vazio de tipos de decisões arquiteturais de projeto

- Diversos *stakeholders* acrescentam decisões em diferentes detalhes e níveis de abstração
- Uma visão arquitetural direciona a atenção a um subconjunto dessas decisões

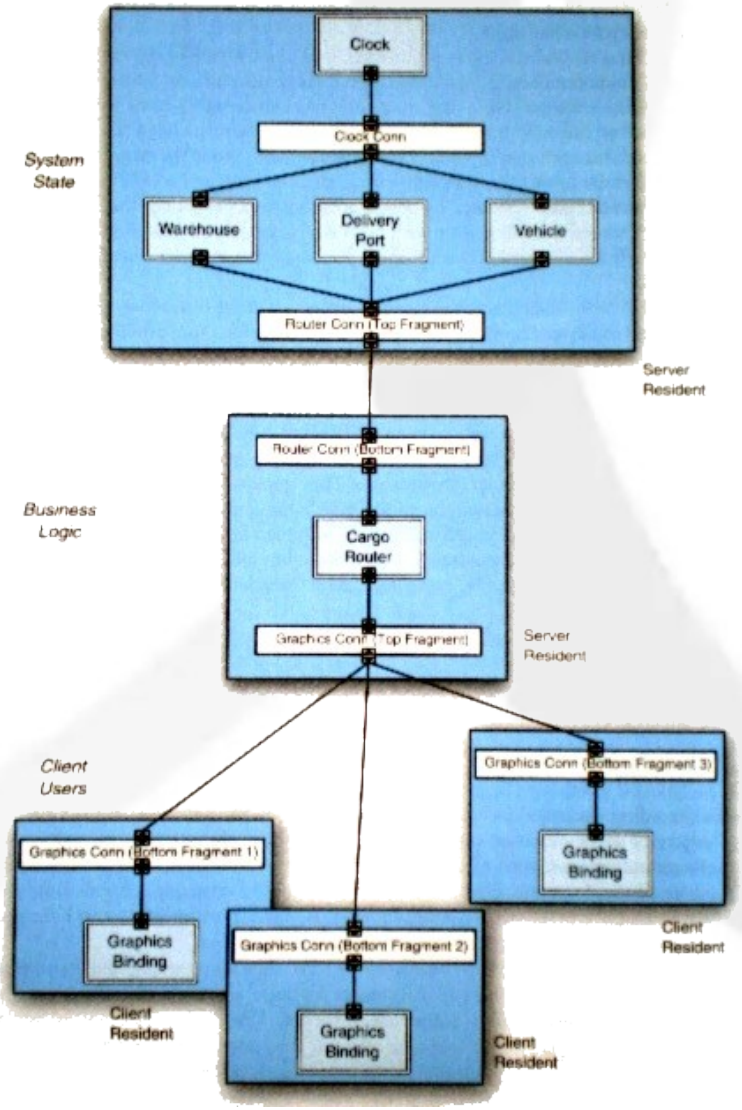
Visão Arquitetural

- Exemplo: visão estrutural
  - Nenhuma informação sobre comportamento, interações etc



Visão Arquitetural

- Exemplo: visão de implantação
  - Importante na avaliação da capacidade de satisfação dos requisitos
  - Ex: muitos componentes pesados em uma máquina com pouca memória e CPU modesta
  - Ex: transferência de altos volumes de dados em redes com baixa largura de banda



Arquitetura de Software

Arquitetura de Software = { ***elements*** (de processamento, dados ou conexão), ***form***, ***rationale*** (intenções, pressupostos, escolhas sutis, restrições externas, estilos e padrões adotados, etc) }

[Perry & Wolf - 1992]

Arquitetura de Software: é a organização fundamental do sistema, implementada por seus componentes, os relacionamentos entre eles e deles com o ambiente, e os princípios que governam seu projeto e evolução

[ANSI/IEEE Standard 1471-2000]

A Arquitetura de Software de um sistema já implantado é determinada pelos seus aspectos mais difíceis de serem modificados

[Chris Verhoef - 2005]

Componente

- Elementos de uma arquitetura geralmente implementam:
  - Processamento: funcionalidade ou comportamento
  - Estado: informação ou dados
  - Interação: inter-conexão, comunicação, coordenação e mediação
  - Os componentes de *software* lidam com os dois primeiros problemas:

Componente de Software: é uma entidade arquitetural que: *1*) encapsula um subconjunto das funcionalidades e/ou dados do sistema; *2*) restringe o acesso a este subconjunto através de interfaces explicitamente definidas; e *3*) possui dependências - explicitamente definidas – em relação ao seu contexto de execução

Componente

- Um componente é um *locus* de computação e estado em um sistema [Shaw et al. - 1995]
- Pode ser simples como uma única operação ou complexo como um sistema inteiro
- É visto pelo usuário (humano ou outro *software*) somente através da sua interface pública
- São aplicações dos princípios de encapsulamento, abstração e modularidade

Componente

- O tratamento explícito do contexto de execução do qual o componente depende pode informar:
  - Interfaces requeridas pelo componente (*required interfaces*): serviços disponibilizados por outros componentes e dos quais o componente em questão depende para o seu correto funcionamento
  - Recursos necessários: arquivos de dados ou diretórios necessários ao componente
  - Softwares do sistema requeridos: ambientes de *run-time* plataformas de *middleware*, sistemas operacionais, protocolos de rede, *drivers* de dispositivos, etc
  - Configurações de *hardware* necessárias para executar o componente

Componente

- Geralmente são *application-specific*, mas não é sempre o caso (ex: servidores web, *front-ends*, *back-ends*, *toolkits* para GUI, componentes *COTS*, etc)
- Outra definição de componentes de *software*:

Componente de Software: unidade de composição formada somente de interfaces definidas de forma contratual e dependências explícitas de contexto

[Szyperski - 1997]

Conector

- Sistemas modernos são formados por um grande número de componentes complexos, distribuídos em múltiplos hosts (possivelmente móveis) e atualizados dinamicamente sem interrupção do serviço
- Nestes sistemas garantir uma interação apropriada pode ser mais importante e desafiador do que a implementação dos componentes

Conector de Software: elemento arquitetural responsável por efetivar e regular as interações entre componentes

Conector

- Em sistemas *desktop* convencionais os conectores são geralmente representados por simples chamadas de procedimento (*Procedure Call*) ou acesso a dados compartilhados (*Shared Ddata Access*)
- São constantemente não representados nas arquiteturas e se resumem a um meio de permitir a interação entre pares de componentes
- Entretanto, em sistemas complexos os conectores passam a ter identidades, papéis e artefatos de implementação únicos
- São elementos críticos, ricos e sub-apreciados

Configuração Arquitetural

Configuração Arquitetural: conjunto de associações específicas entre os componentes e os conectores de uma arquitetura de *software*

- Geralmente representada por um grafo onde nós são componentes e conectores e arestas ligações
- Indica uma possível comunicação entre componentes, mas não garante a real habilidade deles se comunicarem
- As ligações devem ser entre interfaces compatíveis. Caso contrário tem-se um *architectural mismatch*

Estilo Arquitetural

- Experiências prévias podem evidenciar certas decisões arquiteturais que regularmente levam a projetos melhores
- Exemplo: as decisões abaixo têm garantido a disponibilização eficiente de serviços em sistemas distribuídos multi-usuário:
  - Separe fisicamente os componentes utilizados para requisitar daqueles utilizados para prover o serviço
  - Mantenha os provedores de serviço desconhecedores da identidade do requisitante
  - Requisitantes não devem ter contato uns com os outros
  - Permita que múltiplos provedores possam dinamicamente integrar o sistema

Estilo Arquitetural

- As decisões anteriores se aplicam a qualquer sistema neste contexto de disponibilização de serviços distribuídos
- Não são definidos detalhes acerca de componentes utilizados, suas interfaces e seus mecanismos de interação
- O arquiteto deve detalhar estas decisões e adaptá-las para o contexto específico de uma aplicação em particular
- Embora em alto nível de abstração, tais decisões definem o *rationale* subjacente à arquitetura

Estilo Arquitetural

Estilo Arquitetural: coleção identificada de decisões arquiteturais de projeto que: *1*) são aplicáveis a um determinado contexto de desenvolvimento; *2*) restringe as decisões arquiteturais específicas de um sistema em particular dentro deste contexto; e *3*) induz qualidades benéficas nos sistemas resultantes

- O exemplo anterior é uma descrição informal e parcial do estilo arquitetural *Client-Server*
- Outros exemplos: *REST*, *Pipe-and-Filter*

Padrão Arquitetural

- Estilos arquiteturais definem decisões gerais de projeto que impõem restrições e que podem precisar ser detalhadas em decisões mais específicas para o sistema em questão
- Em contraste, os padrões arquiteturais definem decisões de projeto consideradas eficientes para certas classes de sistemas e que podem ser configurados com os componentes e conectores do sistema em questão

Padrão Arquitetural: coleção identificada de decisões arquiteturais de projeto que são aplicáveis a um problema recorrente de desenvolvimento e parametrizadas de modo a serem aplicadas em qualquer contexto de desenvolvimento de *software* no qual o problema aparece

Padrão Arquitetural

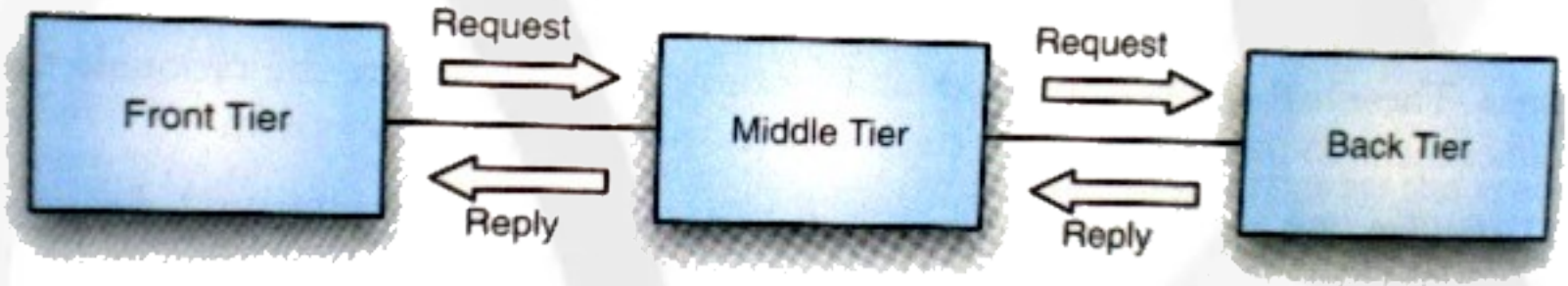
- As definições de estilo e padrão arquitetural são parecidas, nem sempre poderemos fazer a distinção com clareza
- Porém, estilos e padrões diferem em alguns aspectos
  - Escopo: estilos se aplicam a um contexto de desenvolvimento (ex: sistemas altamente distribuídos, sistemas *GUI-intensive*), enquanto padrões se aplicam a um problema de projeto específico (ex: o estado do sistema deve ser apresentado de múltiplas formas, a camada de negócio deve ser separada da camada de dados)
    - Um problema é mais concreto que um contexto
    - Estilos são estratégicos enquanto padrões são táticos

Padrão Arquitetural

- Porém, estilos e padrões diferem em alguns aspectos
  - Abstração: um estilo ajuda a restringir as decisões arquiteturais do sistema. Requer intervenção humana para relacionar as diretrizes ditadas pelo estilo com os problemas de projeto do sistema em questão
    - Por si só, são muito abstratos para já representar um projeto concreto do sistema
    - Padrões, por sua vez, são fragmentos arquiteturais parametrizados e podem ser considerados como peças concretas do projeto
  - Relacionamento: o mesmo padrão pode ser aplicado em sistemas que seguem diferentes estilos
    - Um sistema que segue um determinado estilo arquitetural pode envolver o uso de vários padrões arquiteturais

Padrão Arquitetural

- Exemplo de padrão arquitetural:
  - Sistema em três camadas



  - *Front end* (*tier*): contém as funcionalidades necessárias para acessar o serviço (GUI + cache + processamento mínimo)
  - Camada de aplicação (*middle*): processa requisições do *front-end* e acessa e processa os dados do back-end
  - *Back end* (*tier*): contém as funcionalidades para armazenamento e acesso a dados
  - Interações seguem o paradigma *request-reply*, porém nada além disso é prescrito (síncrono ? *request-triggered* ? *single-request-single-reply* ?)

Padrão Arquitetural

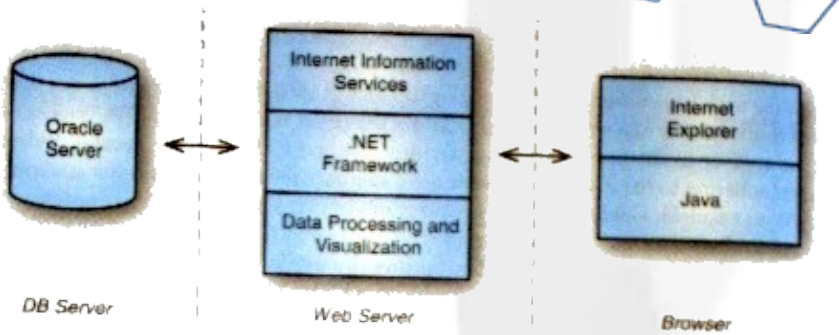
- Exemplo de padrão arquitetural:
  - Sistema em três camadas: parâmetros
    - Quais facilidades para interface de usuário, processamento, armazenamento e acesso a dados – específicos da aplicação – são necessários ?
    - Como elas devem ser organizadas dentro de cada camada ?
    - Quais mecanismos devem ser utilizados para permitir a interação entre as camadas ?

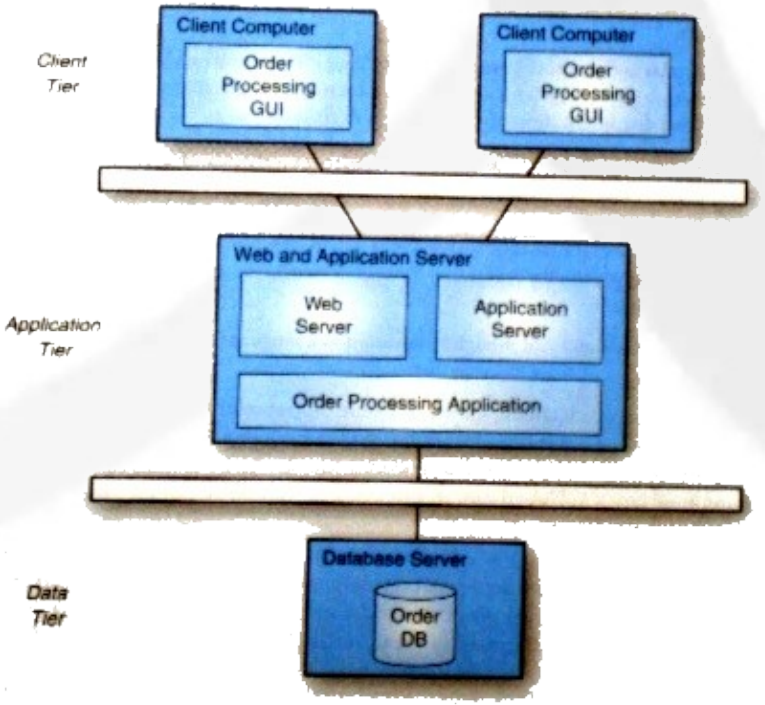
Padrões x Estilos

- Estilos demandam mais atenção do arquiteto e disponibilizam um suporte não tão direto quanto os padrões
- O padrão Sistema em Três Camadas pode ser visto como a sobreposição de duas arquiteturas que seguem o estilo *Client-Server*

Padrões x Estilos

- Dois sistemas em três camadas diferentes:
  - Quais traços arquiteturais são comuns ?
  - Quais são diferentes ?





Modelos Arquiteturais

- A arquitetura de um *software* é capturada em um modelo arquitetural, utilizando alguma notação de modelagem

Modelo Arquitetural: artefato que captura algumas ou todas as decisões de projeto que compõem a arquitetura do sistema

Modelagem Arquitetural: atividade que reifica e documenta estas decisões arquiteturais de projeto

  - Um sistema pode ter diversos modelos associados
  - Os modelos podem variar em relação à quantidade de detalhes capturados, perspectiva utilizada, tipo de notação, etc

Modelos Arquiteturais

Notação de Modelagem Arquitetural: é uma linguagem ou um meio de captura das decisões arquiteturais de projeto

- As notações podem ser textuais ou gráficas, informais (diagramas em slides), semi-formais (UML), formais (ADL's), de domínio específico ou propósito geral, proprietárias ou padronizadas, etc
- Modelos arquiteturais são artefatos críticos e servem como base para a realização das tarefas subsequentes

Recuperação Arquitetural

- Com degradações constantes chegará o momento onde mudanças adicionais no sistema se tornam inviáveis
- Os efeitos das mudanças também se tornam imprevisíveis visto que a arquitetura prescritiva está tão desatualizada que se torna inútil, podendo até atrapalhar o processo
- Realiza-se então a recuperação arquitetural:

Recuperação Arquitetural: processo de determinação da arquitetura de um sistema a partir dos seus artefatos de implementação

- Artefatos = código-fonte, executáveis, *byte-codes*, etc

Recuperação Arquitetural

- Diagrama gerado diretamente do código-fonte:

Stakeholders

- Pessoas envolvidas e interessadas no projeto:
  - Arquiteto de *software*: define, modela, avalia e evolui a arquitetura do sistema. Mantém a integridade conceitual do sistema. É um stakeholder crítico
  - Desenvolvedores: consumidores primários dos produtos do arquiteto. Implementam as decisões de projeto presentes na arquitetura gerando a implementação do sistema
  - Gerente de *software*: supervisiona o projeto e apoia o arquiteto. Se necessário, exerce sua autoridade em nome do arquiteto
  - Clientes: desejam um sistema de alta qualidade, satisfazendo os requisitos no prazo e dentro dos custos estimados

Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software - Padrões e Estilos Arquiteturais

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

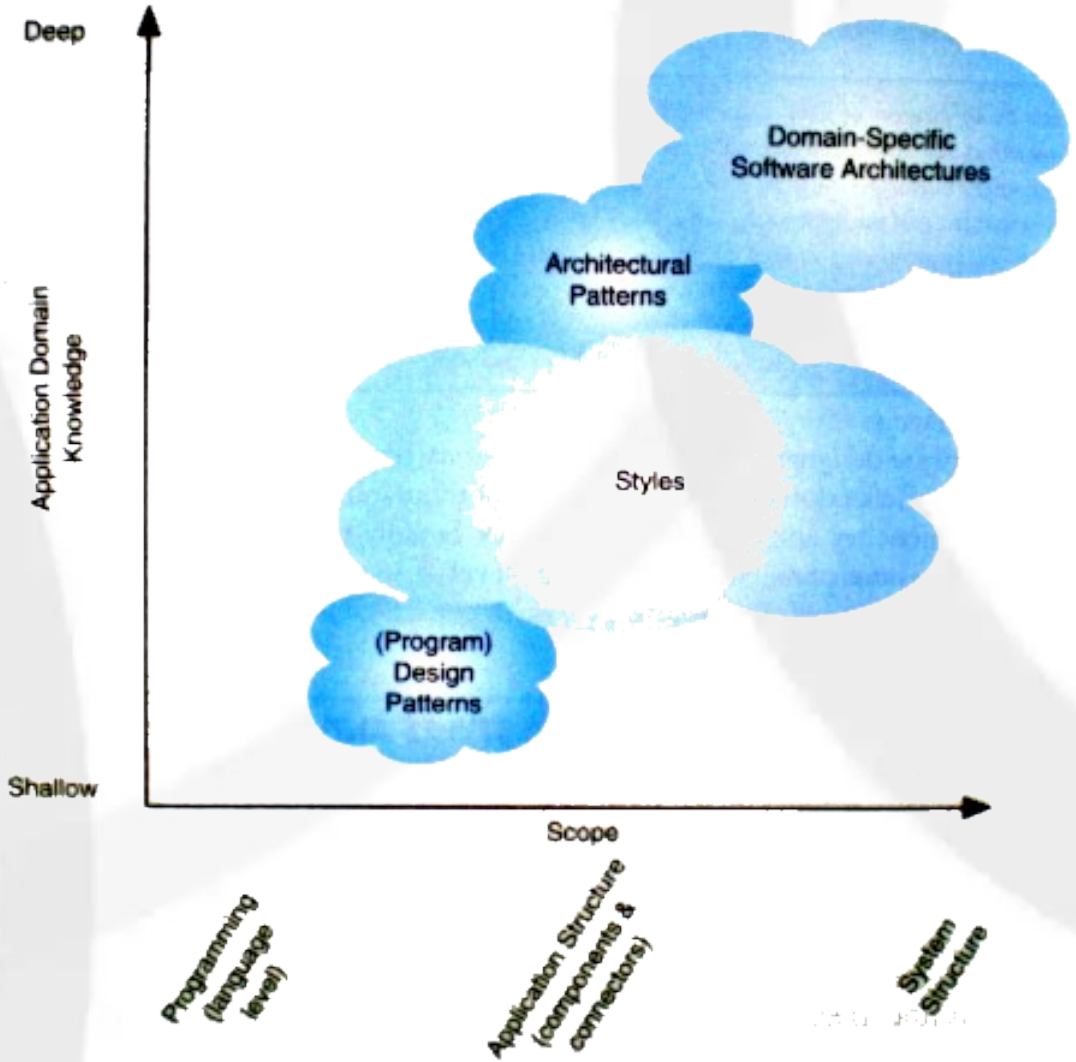
Estilos e Padrões Arquiteturais

Estilos e padrões arquiteturais são projetados para capturar o conhecimento de projetos efetivos no alcance de metas específicas dentro de um contexto particular de aplicações

- Exemplo na construção civil:
  - Uma determinada combinação de metas e contexto pode demandar a construção de uma casa para uma família pequena numa região de clima mediterrâneo utilizando pedras e telhas como materiais básicos
  - O estilo apropriado seria *Single-Story Villa*
- Exemplo em software:
  - Metas e contexto demandam o desenvolvimento de um sistema de *instant messaging* operando entre sites remotos de uma empresa
  - O estilo apropriado seria *Client-Server*

Estilos e Padrões Arquiteturais

Estilos e padrões podem ser caracterizados tanto para problemas pequenos quanto mais complexos



Estilos e Padrões Arquiteturais

- As bordas do diagrama anterior não são precisamente definidas
- O eixo *scope* não é genuinamente linear ou totalmente ordenado
- O que um arquiteto denomina Padrão Arquitetural pode ser chamado de Estilo Arquitetural por outro

Padrões Arquiteturais

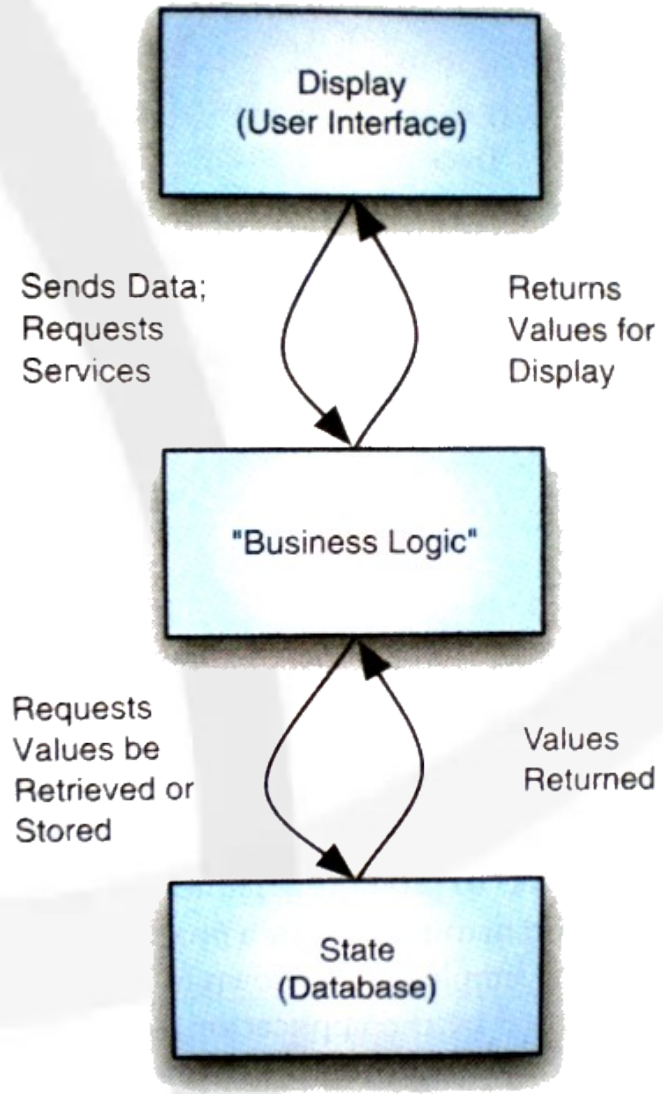
- Padrões arquiteturais são semelhantes às DSSAs, porém aplicados em um escopo bem mais específico

Padrão Arquitetural: coleção identificada de decisões arquiteturais de projeto que são aplicáveis a um problema recorrente de desenvolvimento e parametrizadas de modo a serem aplicadas em qualquer contexto de desenvolvimento de *software* no qual o problema aparece

Padrões Arquiteturais
State-Logic-Display (Three-Tier)

- Comumente empregado em sistemas de informação:
  - *Data Store* + Lógica de Negócio + Interface de Usuário
- É facilmente mapeado em uma implementação distribuída com comunicação via *Remote Procedure Call*
- Jogos *multi-player* em rede
- Sistemas web

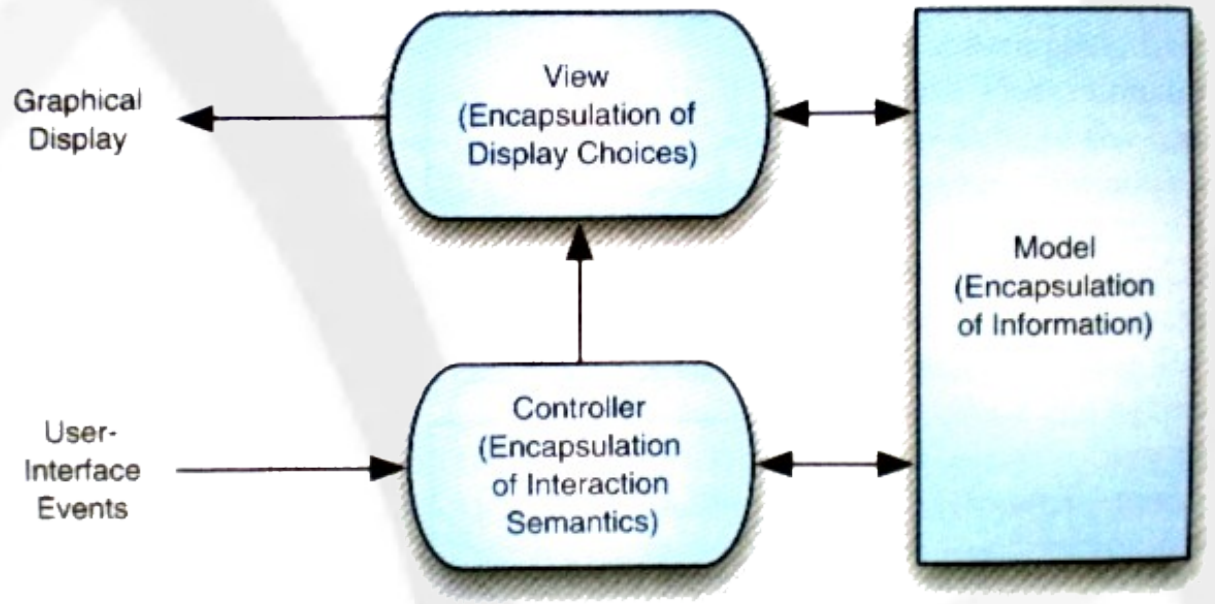
Padrões Arquiteturais
State-Logic-Display (Three-Tier)



Padrões Arquiteturais
Model-View-Controller (MVC)

- Utilizado desde a década de 80 para o projeto de interfaces gráficas de usuário
- Pode também ser visto como um *design pattern*
- Promove a separação e, a consequente independência de desenvolvimento, da informação manipulada pelo programa e interações do usuário com esta informação

Padrões Arquiteturais
Model-View-Controller (MVC)



- *Model*: encapsula a informação usada pela aplicação
- *View*: encapsula artefatos necessários à descrição gráfica da informação
- *Controller*: encapsula a lógica necessária à manutenção da consistência entre o *model* e o *view*. É responsável pelo processamento dos eventos do usuário

Padrões Arquiteturais
Model-View-Controller (MVC)

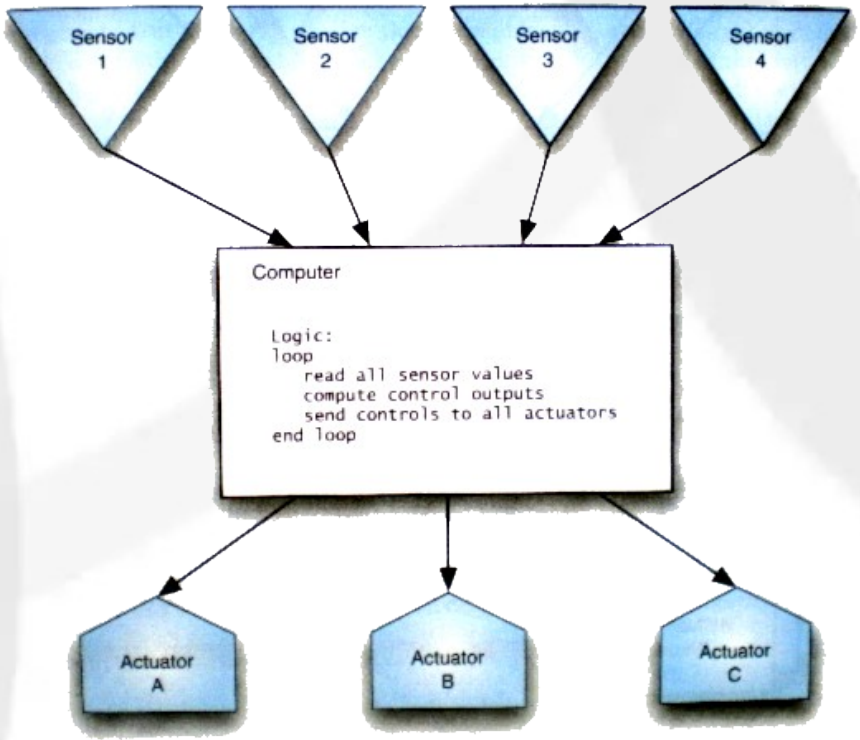
- Colaborações entre os componentes (variações são consideradas na prática):
  - Quando a aplicação modifica um valor no model uma notificação é enviada à(s) *view(s)* de modo que a representação gráfica seja atualizada e re-exibida
  - Notificações também podem ser enviadas ao *controller*, que pode modificar a *view* se necessário
  - A *view* pode solicitar dados adicionais ao *model*
  - O sistema de janelas envia os eventos do usuário ao *controller* que pode consultar a *view*, obtendo informações que ajudam a determinar a ação a ser tomada
  - Como consequência o *controller* atualiza o *model*

Padrões Arquiteturais
Model-View-Controller (MVC)

- Geralmente existe um acoplamento forte entre as ações da *view* e do *controller*, eventualmente justificando um *merge* destes componentes
- MVC na World Wide Web:
  - *Model*: recursos web
  - *View*: agente de renderização HTML do *browser*
  - *Controller*: parte do *browser* que responde aos eventos do usuário e que interaje com o servidor web ou modifica o que é exibido no *browser*. Pode também agregar código obtido do servidor web (ex: *JavaScript*)

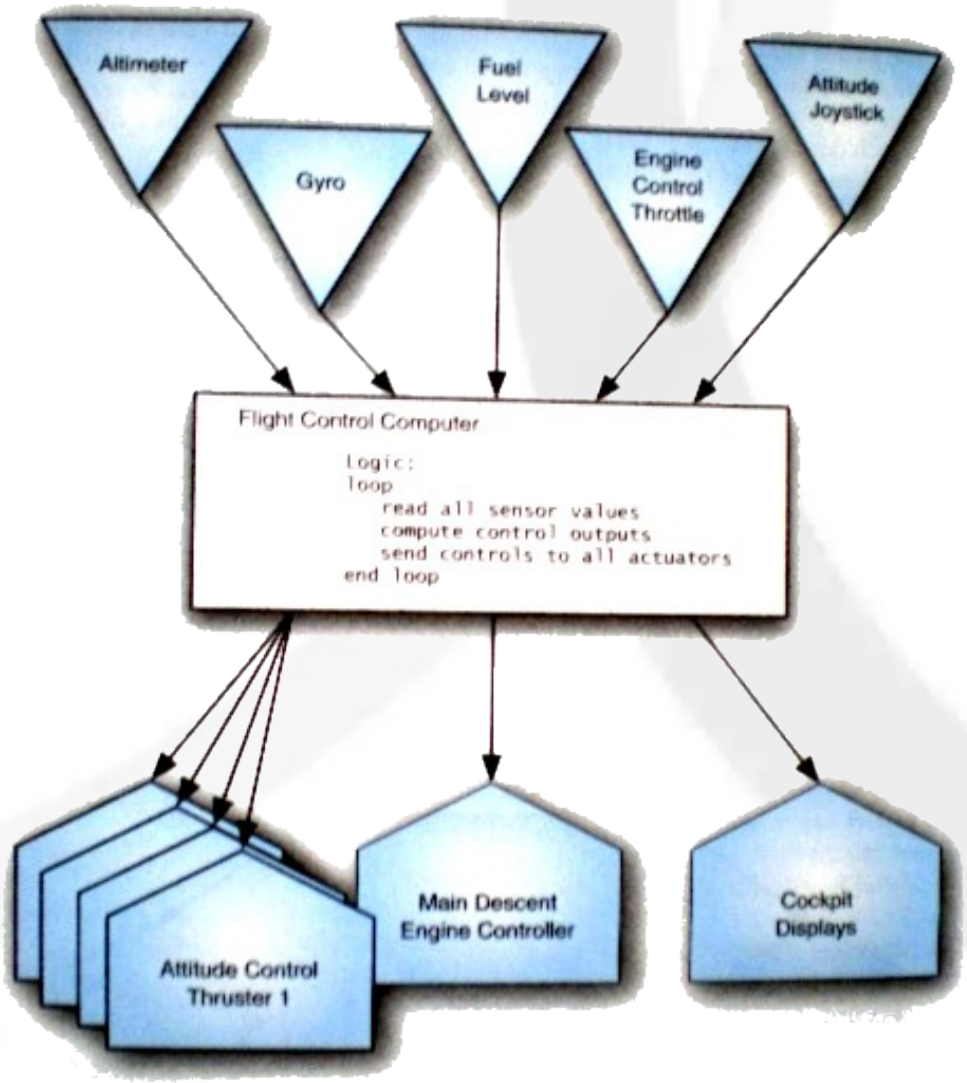
Padrões Arquiteturais
Sense-Computer-Control

- Tipicamente utilizado na estruturação de aplicações embarcadas de controle:
  - Exemplos: forno de micro-ondas, DVD players, sistemas automotivos e robôs



Padrões Arquiteturais
Sense-Computer-Control

- Jogo de pouso lunar:
  - *Feedback* implícito através do ambiente



Estilos Arquiteturais

- Principal forma de caracterizar experiências em projeto de *software*
- Elemento chave no desenvolvimento da concepção inicial ou detalhada da arquitetura do sistema
- São amplamente aplicados, refletindo menos conhecimento de domínio do que os padrões arquiteturais
- A fronteira entre estilos e padrões arquiteturais pode não ser clara, entretanto

Estilos Arquiteturais

Estilo Arquitetural: coleção identificada de decisões arquiteturais de projeto que: *1*) são aplicáveis a um determinado contexto de desenvolvimento; *2*) restringe as decisões arquiteturais específicas de um sistema em particular dentro deste contexto; e *3*) induz qualidades benéficas nos sistemas resultantes

- Serão estudados:
  - As decisões e restrições que compõem o estilo arquitetural
  - As qualidades (benefícios) induzidas por estas decisões

Estilos Arquiteturais

- Estilos tradicionais influenciados por linguagens de programação
  - *Main Program and Subroutines*
  - *Object-Oriented*
- Estilos em Camadas:
  - *Virtual Machines*
  - *Client-Server*
- Estilos Baseados em Fluxo de Dados
  - *Batch-Sequential*
  - *Pipe-and-Filter*

Estilos Arquiteturais

- Estilos com Memória Compartilhada:
  - *Blackboard*
  - *Rule-Based / Expert System*
- Estilos Baseados em Interpretadores:
  - *Basic Interpreter*
  - *Mobile Code*
- Estilos Baseados em Invocação Implícita:
  - *Publish-Subscribe*
  - *Event-Based*
- *Peer-to-Peer*

Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- Linguagens tais como C, C++, Java e Pascal podem ser utilizadas para implementar arquiteturas de qualquer estilo
- Alguns estilos, entretanto, refletem os relacionamentos básicos de organização e controle de fluxo entre componentes disponibilizados por estas linguagens:
  - *Main Program and Subroutines*
  - *Object-Oriented*

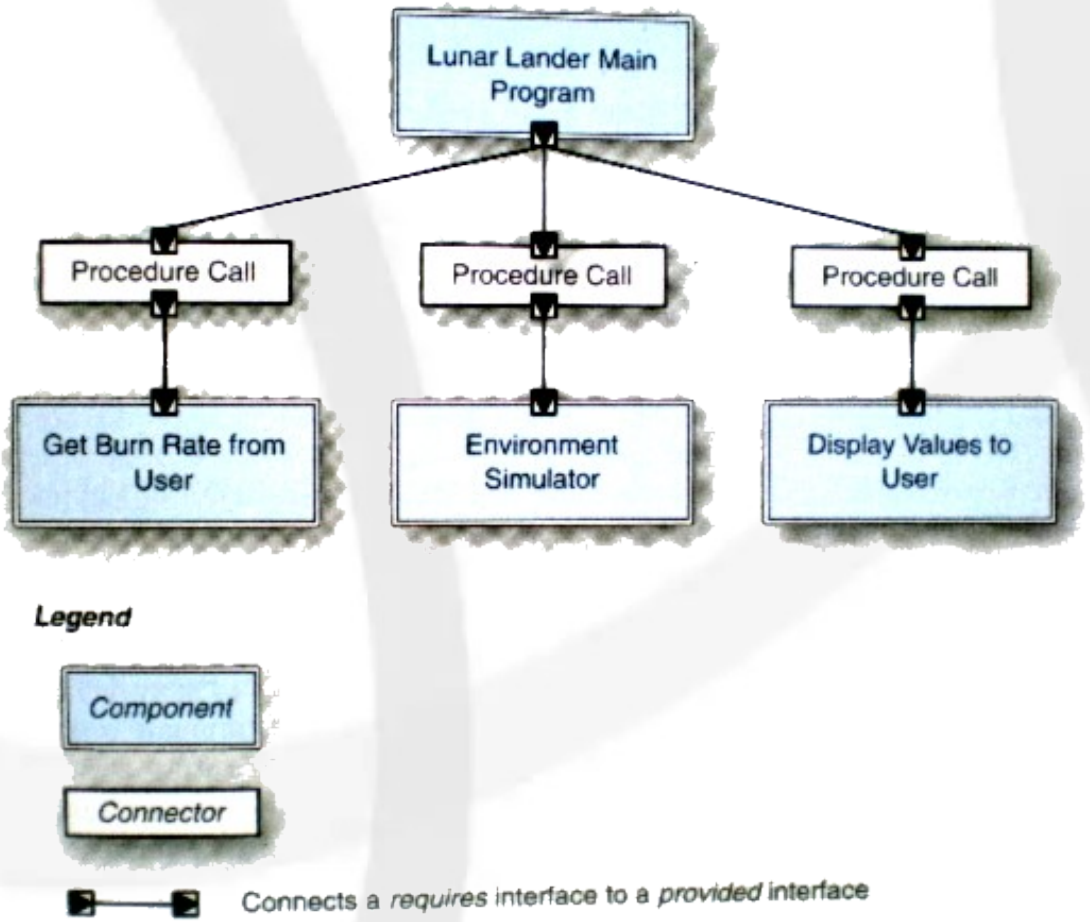
Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- *Main Program and Subroutines*:

Resumo: decomposição baseada na separação de passos funcionais de processamento
Componentes: programa principal e sub-rotinas
Conectores: *function/procedure calls*
Elementos de Dados: parâmetros e valores de retorno utilizados nas sub-rotinas
Topologia: organização estática e hierárquica de componentes; grafo direcionado
Restrições Adicionais: nenhuma
Qualidades Induzidas: modularidade – sub-rotinas podem ser substituídas por outras com implementação diferente, desde que a semântica da interface não mude
Usos Típicos: programas pequenos e de propósito pedagógico
Precauções: não é escalável para grandes aplicações; atenção inadequada às estruturas de dados; imprevisibilidade na determinação do esforço necessário para acomodar novas mudanças
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: linguagens de programação imperativas, tais como BASIC, Pascal ou C

Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- *Main Program and Subroutines* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- *Object-Oriented (OO)*:
  - A única estrutura disponibilizada é um conjunto de objetos cujo tempo de vida varia de acordo com os seus usos
  - Compreender um programa OO requer entender os numerosos relacionamentos estáticos e dinâmicos entre os objetos

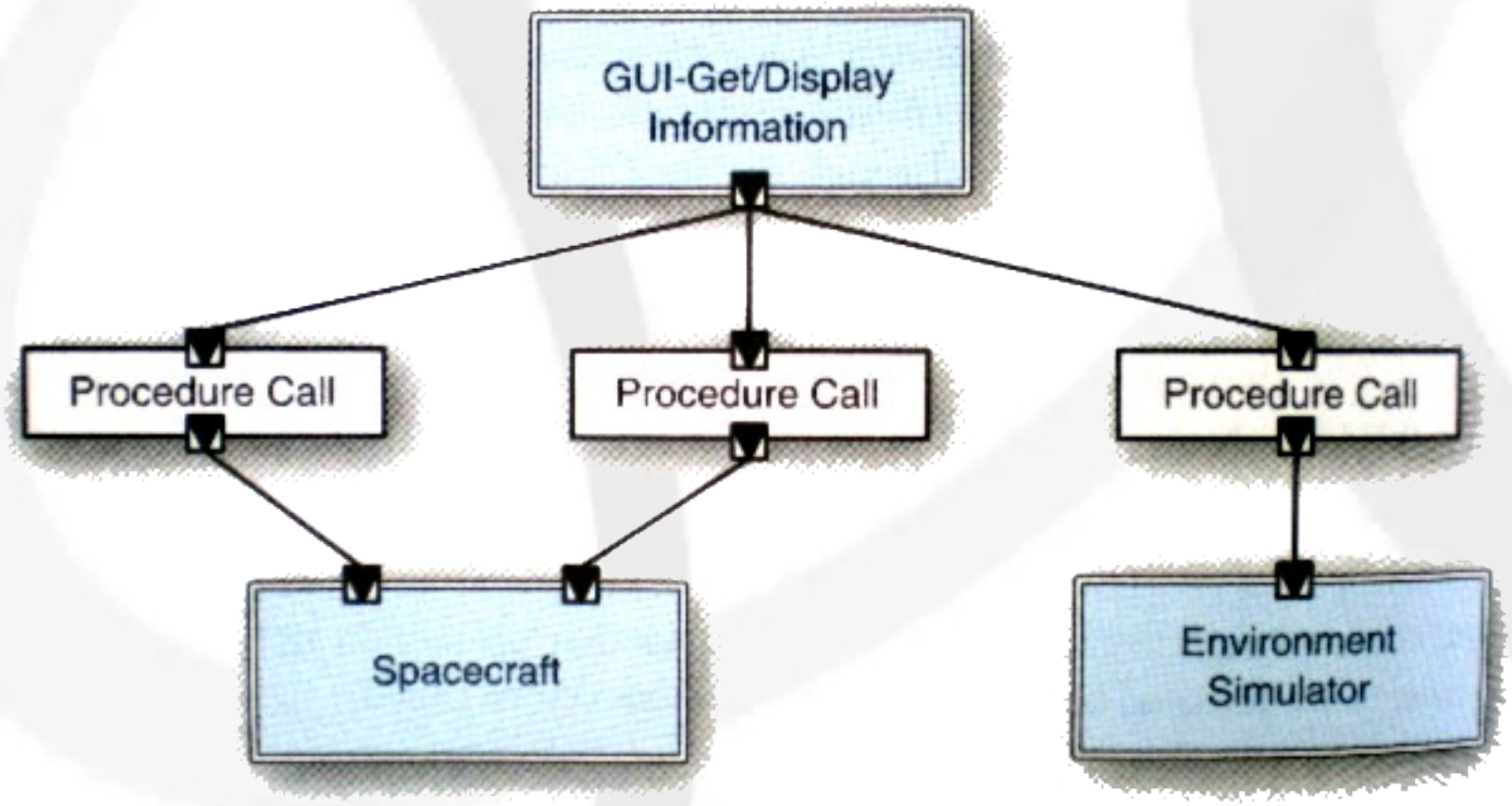
Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- *Object-Oriented (OO)*:

Resumo: estado fortemente encapsulado com funções que operam neste estado, sob a forma de objetos. Objetos devem ser instanciados antes que seus métodos sejam invocados
Componentes: objetos (instâncias de uma classe)
Conectores: invocações de métodos (*procedure calls* que manipulam estado)
Elementos de Dados: argumentos de métodos
Topologia: pode variar arbitrariamente; componentes podem compartilhar dados e interfaces de funções através de hierarquias de herança
Restrições Adicionais: geralmente memória compartilhada (para ponteiros) e *single-threaded*
Qualidades Induzidas: integridade de operações nos dados – dados são manipulados somente por funções apropriadas. Abstração – detalhes de implementação estão ocultos
Usos Típicos: quando deseja-se um relacionamento forte entre entidades do mundo físico e do programa; propósitos pedagógicos; sistemas com estruturas de dados complexas e dinâmicas
Precauções: uso em sistemas distribuídos requer alguma solução de *middleware*; relativamente ineficiente para aplicações de alto-desempenho com grandes estruturas de dados; ausência de princípios estruturantes adicionais pode resultar em aplicações altamente complexas
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: Java, C++

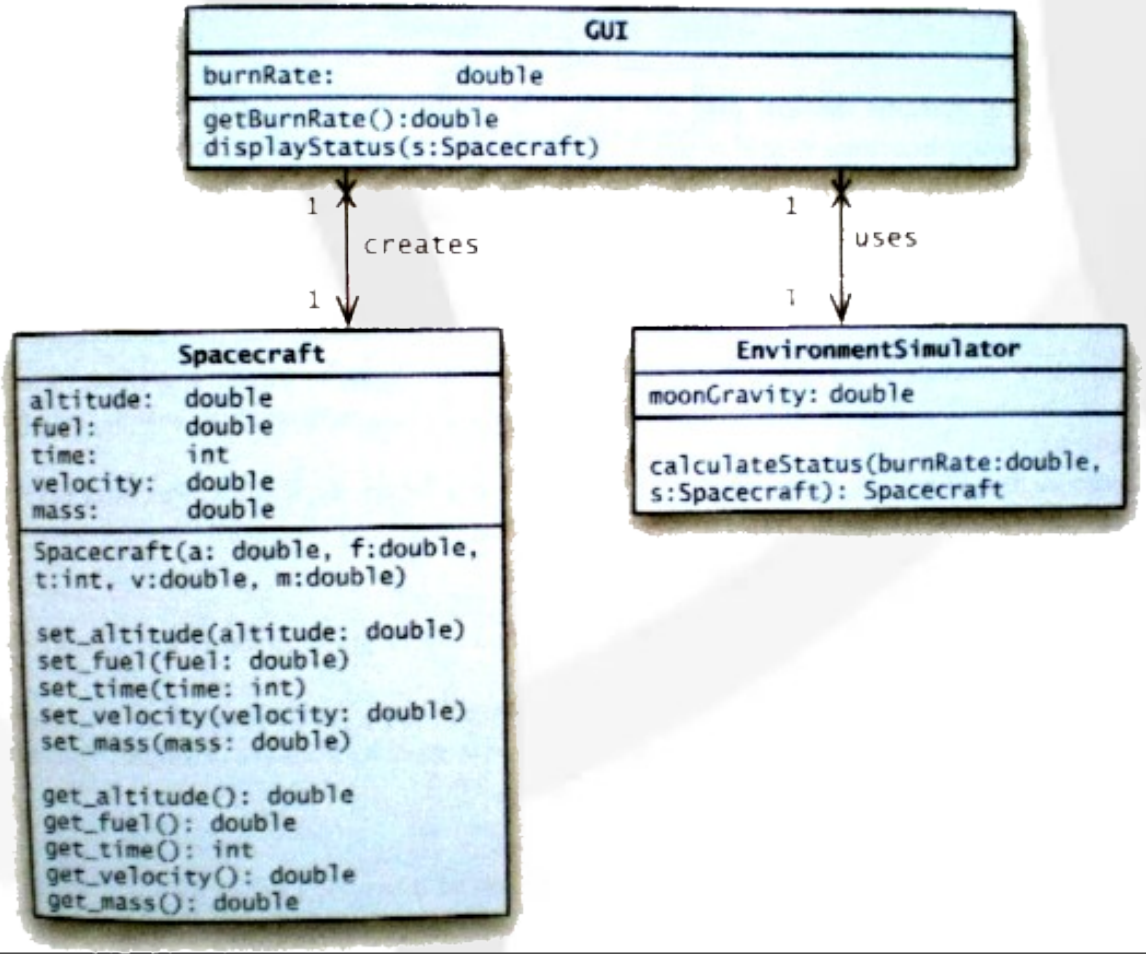
Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- *Object-Oriented (OO)* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- *Object-Oriented (OO)* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Em Camadas

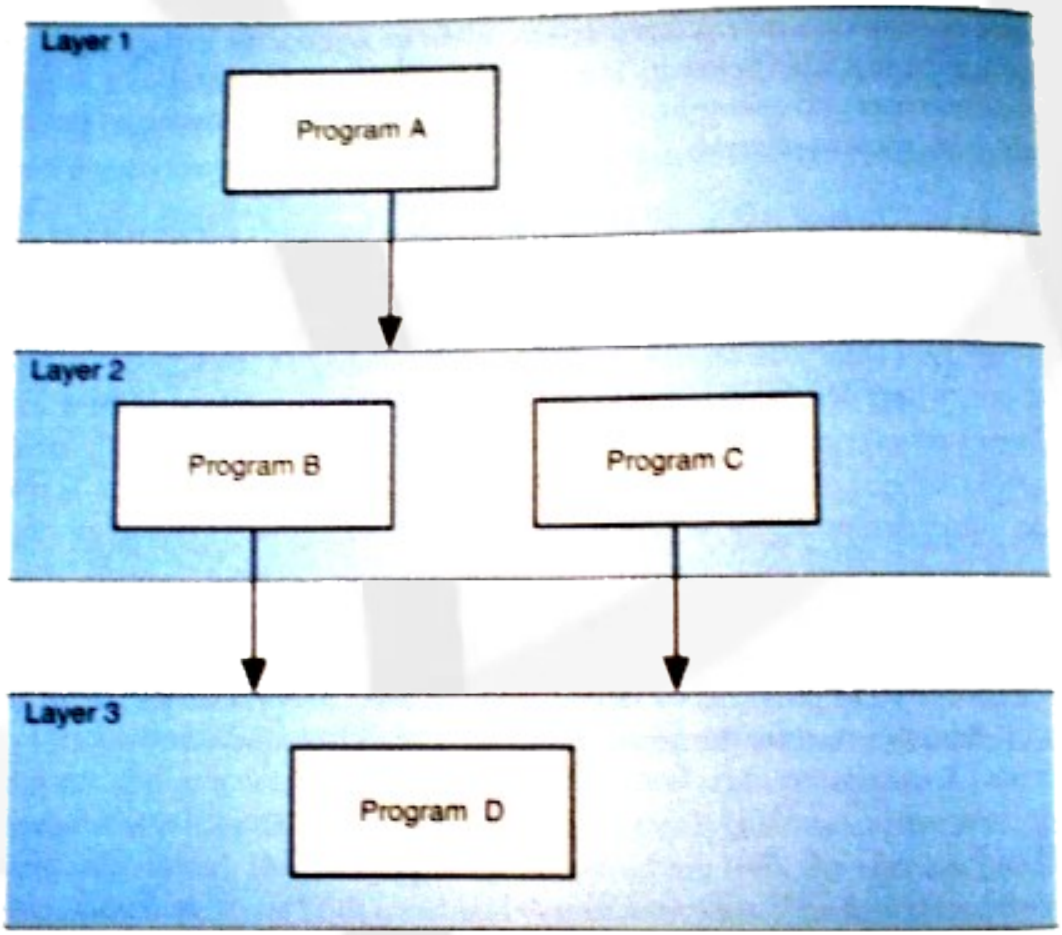
- A arquitetura é separada em camadas ordenadas, onde um programa de uma camada pode solicitar serviços de uma camada inferior
- Exemplos:
  - Arquiteturas de sistemas operacionais
  - *Client-Server*

Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Virtual Machines*:
  - Uma camada oferece um conjunto de serviços (*provides interfaces*) que podem ser utilizados por programas que residem na(s) camada(s) acima
  - Os serviços podem ser implementados por diversos programas dentro da camada porém, para os clientes destes serviços, tal distinção não é aparente

Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Virtual Machines* (exemplo):



Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Virtual Machines* (classificação):
  - Máquina Virtual Estrita: programas de um determinado nível somente podem acessar serviços providos pela camada imediatamente inferior
  - Máquina Virtual Não-Estrita:programas de um determinado nível podem acessar serviços de qualquer camada abaixo do nível em questão
- Exemplo 1: camadas de um sistema operacional:
  - Aplicações do usuário (nível 1)
  - Serviço de manipulação de arquivos e diretórios (nível 2)
  - *Drivers* de disco e gerenciamento de volume (nível 3)
- Exemplo 2: protocolos de comunicação em rede

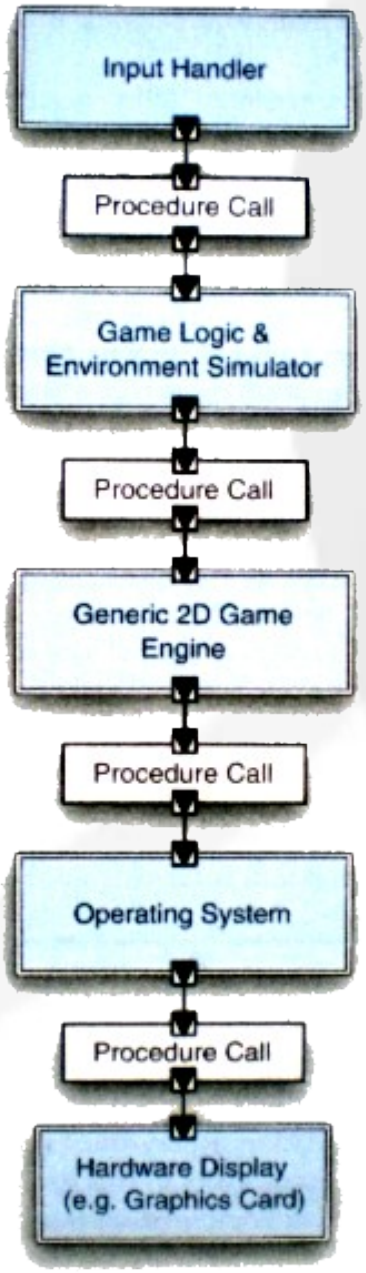
Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Virtual Machines*:

Resumo: sequência ordenada de camadas; cada camada (ou máquina virtual) oferece um conjunto de serviços que podem ser acessados por programas (sub-componentes) de uma camada acima
Componentes: camadas oferecendo serviços para outras camadas, tipicamente compostas de vários programas (sub-componentes)
Conectores: tipicamente *procedure calls*
Elementos de Dados: parâmetros que transitam entre as camadas
Topologia: linear para máquinas virtuais estritas e grafo direcionado acíclico em interpretações mais fracas
Restrições Adicionais: nenhuma
Qualidades Induzidas: estrutura de dependência clara; componentes em uma camada superior são imunes a modificações das camadas inferiores desde que as especificações do serviço não mudem; componentes em uma camada inferior são totalmente independentes de camadas superiores
Usos Típicos: projeto de sistemas operacionais, pilhas de protocolos de rede
Precauções: máquinas virtuais estritas com muitos níveis podem ser relativamente ineficientes

Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Virtual Machines* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Client-Server*:
  - Máquina Virtual de duas camadas com conexões em rede
  - O servidor é a máquina virtual abaixo dos clientes
  - Múltiplos clientes podem acessar o servidor
  - Os clientes são independentes
  - Pode-se utilizar *thin* (*thick*) clients
  - Exemplo: máquina de saque eletrônico (ATM)

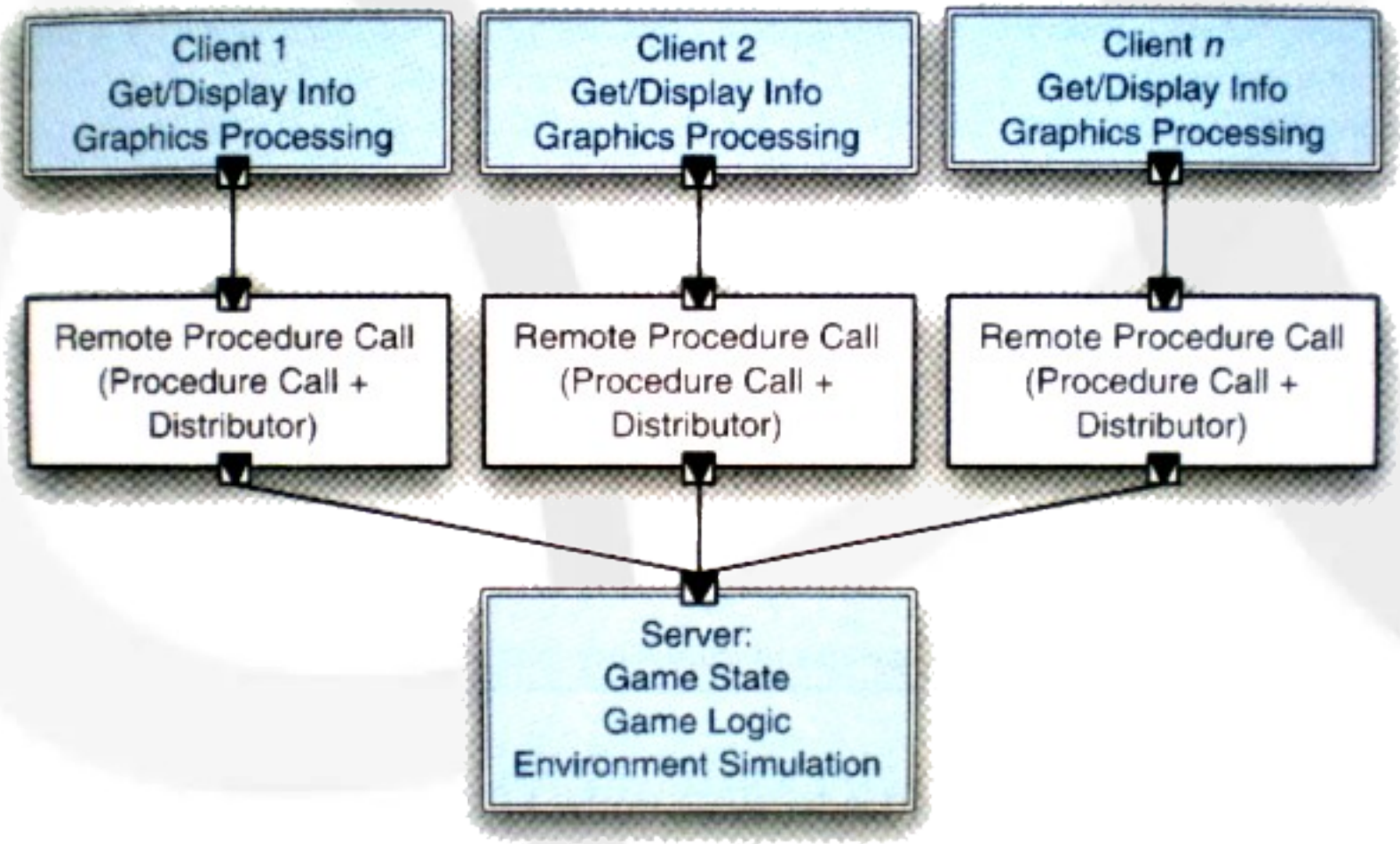
Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Client-Server*:

Resumo: clientes enviam requisições de serviço ao servidor, que realiza as operações requeridas e responde conforme necessário com as informações solicitadas. Toda comunicação é iniciada pelos clientes
Componentes: clientes e servidor
Conectores: *remote procedure calls*; protocolos de rede
Elementos de Dados: parâmetros e valores de retorno conforme enviados pelos conectores
Topologia: em dois níveis, com múltiplos clientes realizando requisições ao servidor
Restrições Adicionais: não existe comunicação entre clientes
Qualidades Induzidas: centralização da computação e dos dados no servidor, que torna a informação disponível para os clientes. Um único servidor poderoso pode servir muitos clientes
Usos Típicos: onde é necessário centralização de dados; onde processamento e armazenamento de dados se beneficiam de uma máquina de alta capacidade; e onde clientes realizam geralmente tarefas simples de interface de usuário, tais como em diversos sistemas de informação
Precauções: quando a largura de banda é limitada e existe um grande número de clientes

Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *Client-Server* (pouso lunar):

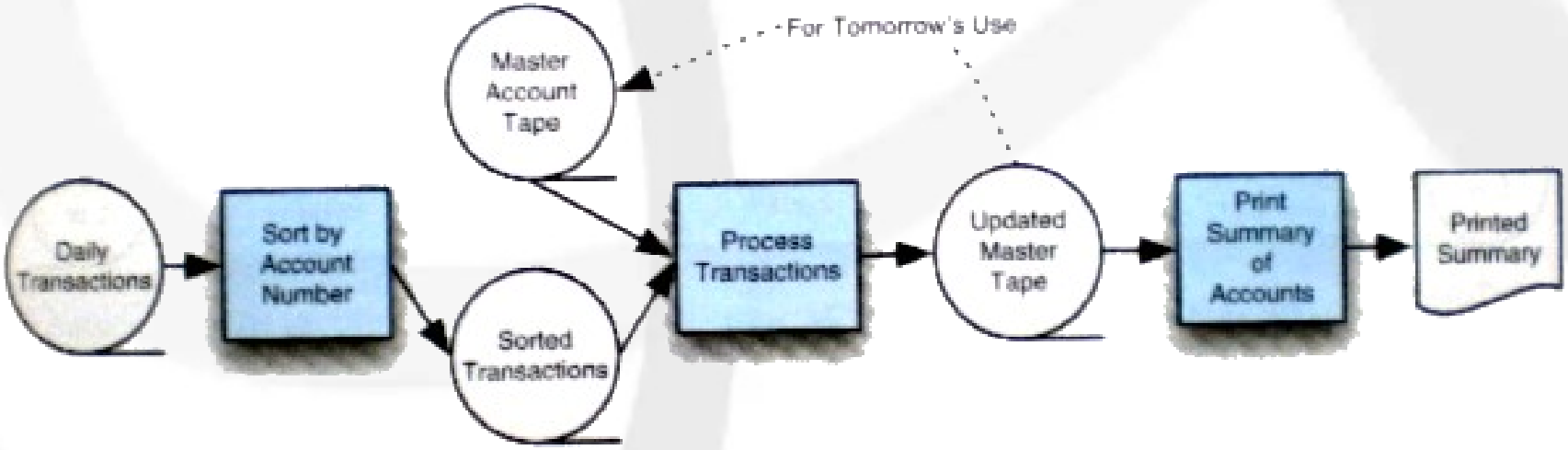


Estilos Arquiteturais
Baseados em Fluxos de Dados

- Caracterizado pelo movimento de dados entre elementos independentes de processamento

Estilos Arquiteturais
Baseados em Fluxos de Dados

- *Batch-Sequential*:
  - Um dos estilos arquiteturais mais antigos: as limitações dos equipamentos exigiam que o problema fosse sub-dividido em componentes que se comunicavam através da transferência de fitas magnéticas
  - Exemplo: atualizar um registro bancário de todas as contas

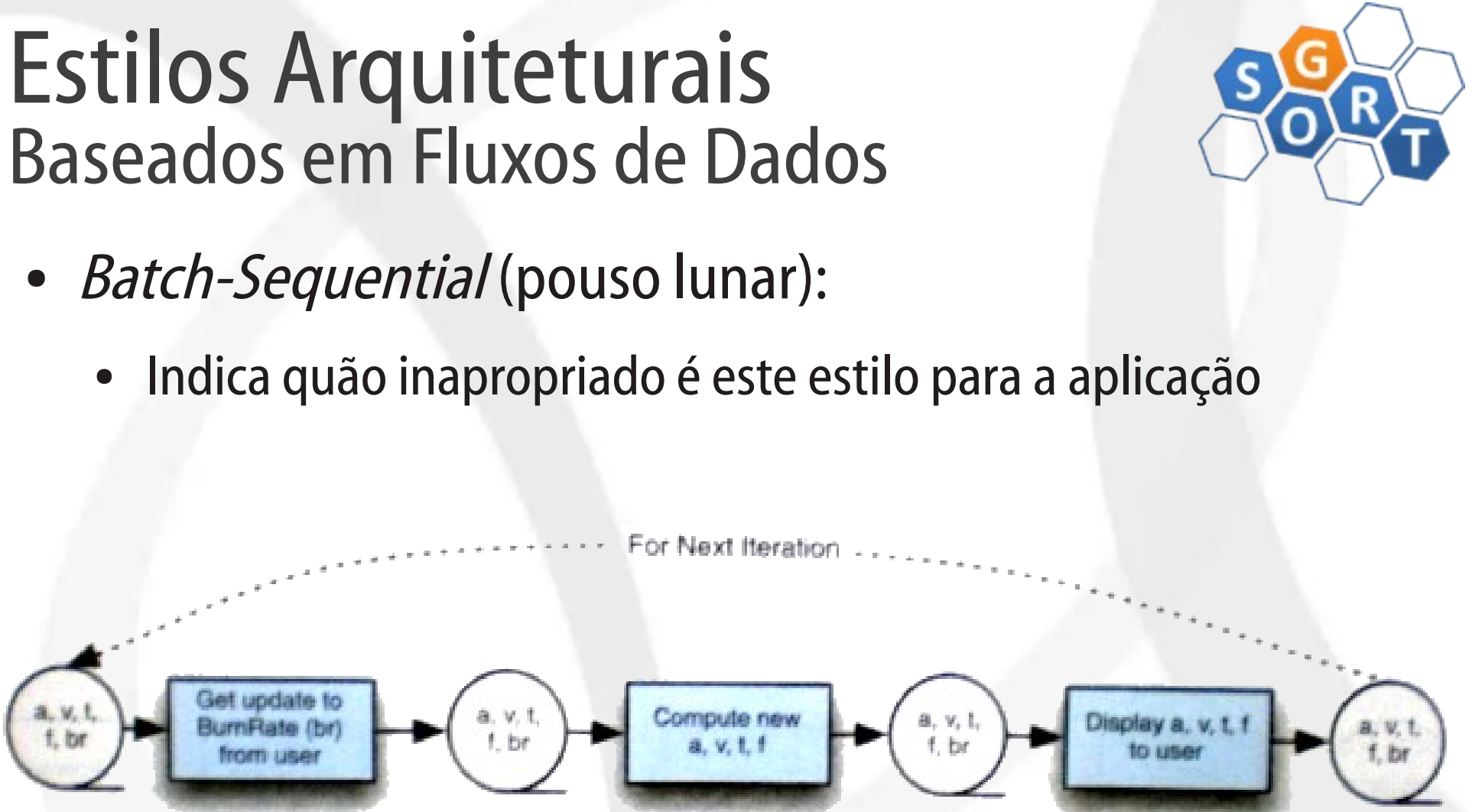


Estilos Arquiteturais
Baseados em Fluxos de Dados

- *Batch-Sequential*:

Resumo: programas distintos são executados em ordem; os dados são passados, sob a forma de blocos (agregados), de um programa para o próximo
Componentes: programas independentes
Conectores: mãos humanas que carregam as fitas entre os programas (*sneaker-net*)
Elementos de Dados: elementos agregados explícitos que, após o término da execução de um componente, são repassados deste para o próximo componente
Topologia: linear
Restrições Adicionais: um único programa executa por vez até o seu término
Qualidades Induzidas: execuções separáveis; simplicidade
Usos Típicos: processamento de transações em sistemas financeiros
Precauções: quando interação entre componentes é requerida; quando concorrência entre componentes é possível ou necessário
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: nenhum

Estilos Arquiteturais
Baseados em Fluxos de Dados



- *Batch-Sequential* (pouso lunar):
  - Indica quão inapropriado é este estilo para a aplicação

Estilos Arquiteturais
Baseados em Fluxos de Dados

- *Pipe-and-Filter*:
  - Os filtros podem operar de forma concorrente, não é necessário aguardar o término do produtor para que o componente que consome a saída do produtor inicie o seu funcionamento

Estilos Arquiteturais
Baseados em Fluxos de Dados

- *Pipe-and-Filter*:

Resumo: programas distintos são executados, potencialmente de forma concorrente; os dados são passados, sob a forma de fluxo, de um programa para o próximo
Componentes: programas independentes (filtros)
Conectores: roteadores explícitos de fluxos de dados (*pipes*); possivelmente é um serviço disponibilizado pelo sistema operacional ou pela linguagem de programação
Elementos de Dados: não definidos explicitamente, porém devem ser *streams* lineares de dados
Topologia: *pipeline*, embora bifurcações sejam possíveis
Qualidades Induzidas: filtros são mutualmente independentes. Estruturas simples de chegada e saída de fluxos de dados facilitam novas combinações de filtros
Usos Típicos: programação de aplicações baseadas em primitivas de sistemas operacionais
Precauções: quando estruturas complexas de dados precisam ser transferidas entre componentes; quando interatividade entre os programas é necessário
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: Unix shell

Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- Caracterizado pela presença de múltiplos componentes que acessam o mesmo repositório de dados (*data store*) e se comunicam através deste repositório
- Semelhante ao uso de dados globais porém, nestes estilos, o centro de atenção no projeto é explicitamente direcionado para este repositório
- O repositório é bem ordenado e cuidadosamente gerenciado

Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- *Blackboard*:
  - Tem sua origem nas aplicações de Inteligência Artificial
  - Analogia:
    - Diversos peritos (*experts*) sentados ao redor de uma mesa (*data store*) tentando cooperar na solução de um problema grande e complexo
    - Quando um perito reconhece que pode resolver alguma parte do problema que está na mesa ele recolhe este sub-problema, vai embora e trabalha na sua solução
    - Quando concluída a solução, o perito retorna e disponibiliza a solução na mesa
    - A disponibilização desta solução pode habilitar outro perito a resolver uma outra parte do problema
    - O processo continua até que todo o problema esteja resolvido

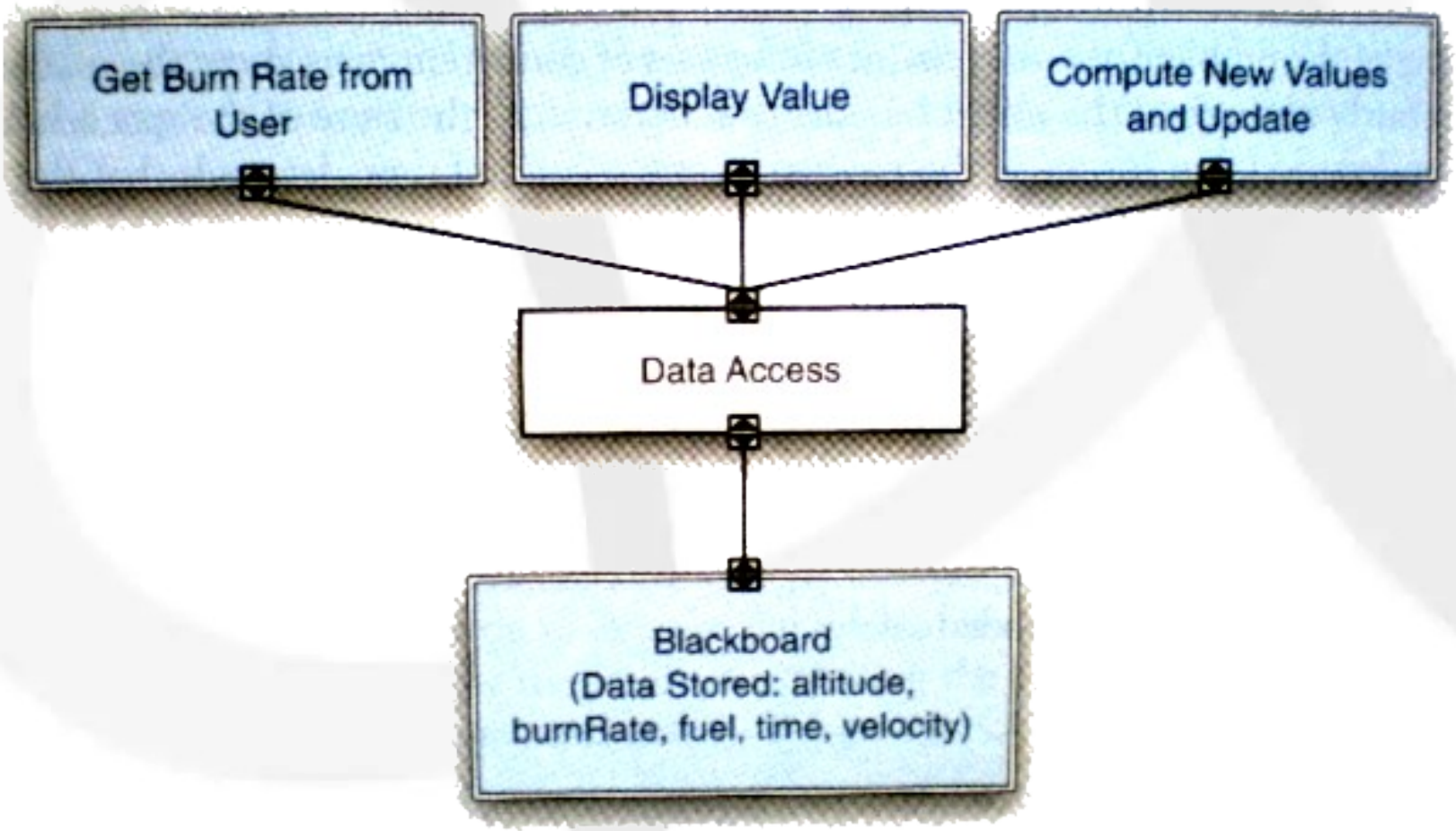
Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- *Blackboard*:

Resumo: programas independentes acessam e se comunicam exclusivamente através de um repositório global de dados, conhecido como *blackboard*
Componentes: programas independentes (*knowledge sources*) e *blackboard*
Conectores: acesso ao *blackboard* pode ser através de referência direta a memória, *procedure call* ou uma consulta em um banco de dados
Elementos de Dados: dados armazenados no *blackboard*
Topologia: em estrela, com o *blackboard* no centro
Variações: *1*) programas consultam o *blackboard* para verificar se algum valor de seu interesse mudou; *2*) um *blackboard manager* notifica atualizações do *blackboard* aos componentes interessados
Qualidades Induzidas: estratégias completas de solução para problemas complexos não precisam ser pré-planejadas, pois são determinadas por visões, em constante mudança, dos dados/problema
Usos Típicos: solução heurística de problemas em aplicações de Inteligência Artificial
Precauções: quando existe uma estratégia bem-estruturada de solução; quando as interações entre os programas independentes requerem coordenações complexas; quando as representações dos dados do *blackboard* mudam frequentemente (requerendo modificações em todos os participantes)
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: versões que permitem concorrência entre os programas requerem primitivas para gerenciar o *blackboard* compartilhado

Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- *Blackboard* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- *Rule-Based / Expert System*:
  - Tipo altamente especializado de arquitetura com memória compartilhada
  - A memória compartilhada funciona como uma base de conhecimento que contém fatos e regras de produção (cláusulas *if...then* sobre o conjunto de variáveis)
  - A interface gráfica de usuário disponibiliza duas operações básicas:
    - Entrada de novos fatos e regras de produção
    - Entrada de consultas (*goals*)
  - Uma máquina de inferência opera na base de conhecimento em resposta às entradas do usuário

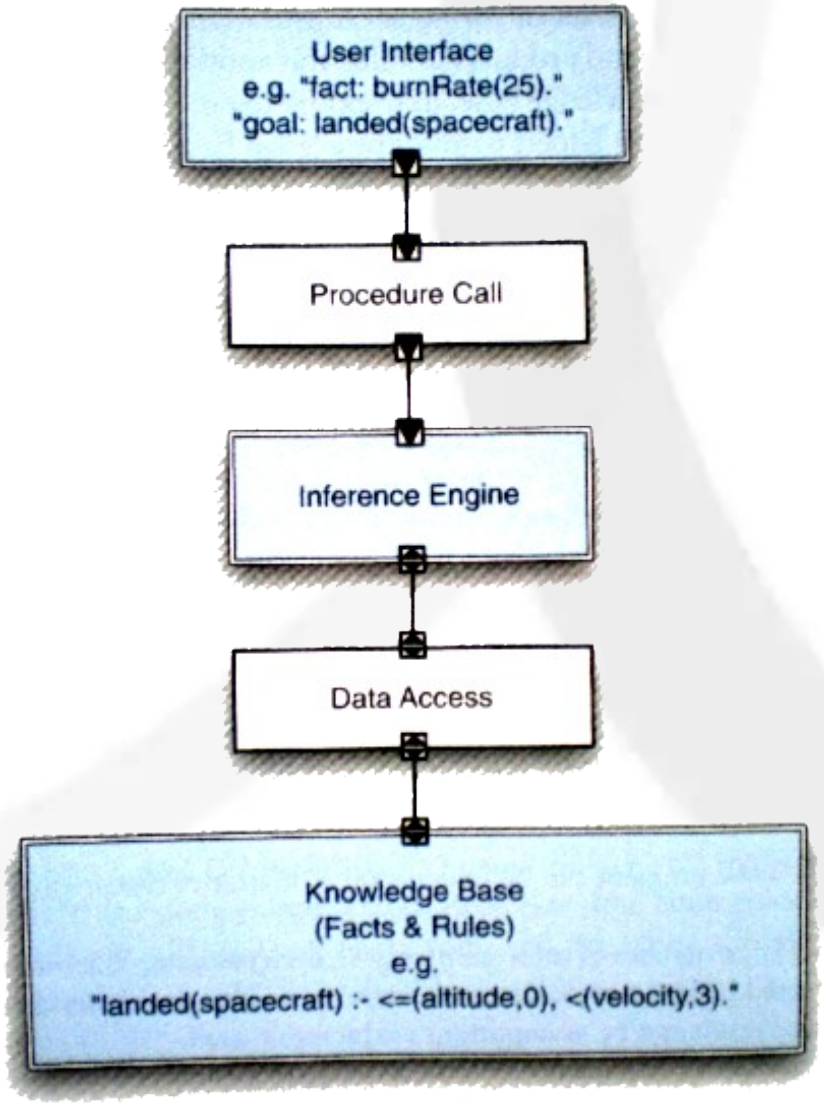
Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- *Rule-Based / Expert System*:

Resumo: a máquina de inferência analisa a entrada do usuário e determina se é um fato/regra ou consulta. Se for um fato/regra, esta entrada é adicionada à base de conhecimento. Caso contrário, é realizada uma consulta à base, buscando regras aplicáveis, com o objetivo de resolver a consulta
Componentes: interface de usuário, máquina de inferência e base de conhecimento
Conectores: componentes são fortemente inter-conectados com *procedure calls* ou *data access*
Elementos de Dados: fatos e consultas
Topologia: três camadas fortemente acopladas
Qualidades Induzidas: o comportamento da aplicação pode ser facilmente modificado através da adição ou remoção dinâmica de regras na base de conhecimento; sistemas pequenos podem ser rapidamente prototipados; útil para explorar iterativamente problemas cuja abordagem para uma solução genérica não é clara
Usos Típicos: quando o problema pode ser visto como uma resolução sucessiva de predicados
Precauções: quando muitas regras estão envolvidas pode ser difícil entender as interações entre múltiplas regras afetadas pelos mesmos fatos; entender a base lógica do resultado gerado pode ser tão importante quanto o próprio resultado
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: Prolog é comumente utilizado para construir sistemas baseados em regras

Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- *Rule-Based / Expert System* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- Caracterizado pela interpretação dinâmica, *on-the-fly*, de comandos
- Comandos são sentenças explícitas, possivelmente criados momentos antes da sua execução, geralmente representados por um texto que pode ser compreendido e editado por humanos
- Comandos são construídos a partir de um comandos primitivos pré-definidos

Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- Execução:
  1) Inicia-se no estado inicial de execução
  2) Obtém-se o primeiro (próximo) comando a ser executado
  3) Executa-se o comando sobre o estado atual
  4) Avança-se para um novo estado
  5) Procede-se à execução do próximo comando (*goto* 2)
- A identificação do próximo comando pode ser afetada pelo resultado da execução do comando anterior

Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *Basic Interpreter*:
  - Similar ao Baseado em Regras / Sistema Especialista porém utiliza um interpretador de comandos no lugar da máquina de inferência
  - Este interpretador executa comandos mais genéricos (do que inferências em regras) e a interpretação de um único comando pode envolver várias operações primitivas
  - A base de conhecimento é similarmente mais genérica visto que estruturas de dados arbitrárias podem estar envolvidas
  - Exemplos: fórmulas de uma planilha de cálculo são interpretadas pela máquina de execução (interpretador) do sistema de planilhas; máquinas CNC; programação de trajetórias de robôs

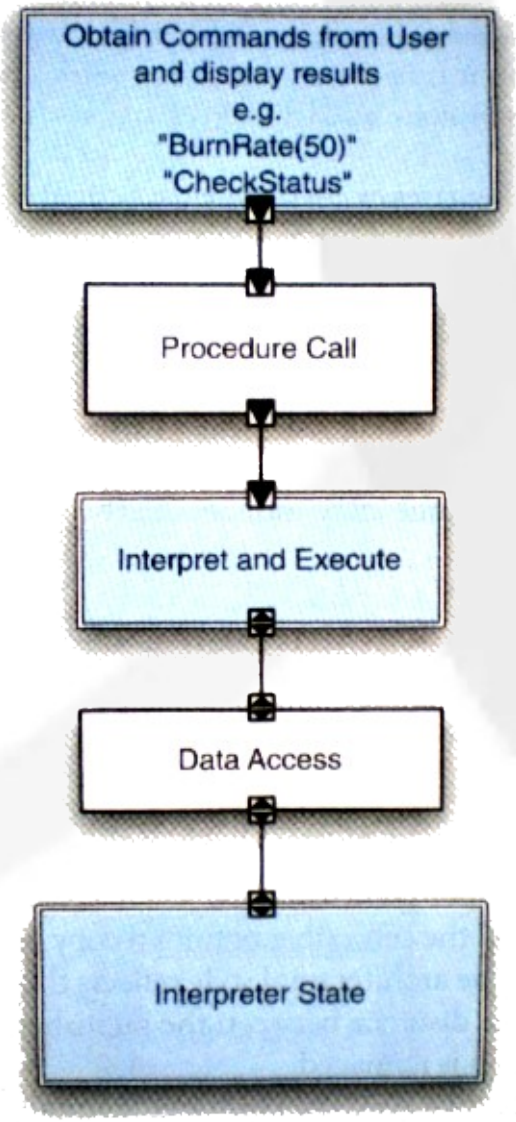
Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *Basic Interpreter*:

Resumo: o interpretador analisa e executa comandos de entrada, atualizando o estado por ele mantido
Componentes: interpretador de comandos, estado do programa/interpretador e interface de usuário
Conectores: tipicamente o interpretador de comandos, interface de usuário e estado são fortemente acoplados via *procedure calls* ou *shared state*
Elementos de Dados: comandos
Topologia: três camadas altamente acopladas; o estado pode estar separado do interpretador
Qualidades Induzidas: possibilidade de comportamentos altamente dinâmicos, onde o conjunto de comandos é dinamicamente modificado; a arquitetura do sistema permanece inalterada enquanto novas funcionalidades são criadas com base nas primitivas existentes
Usos Típicos: excelente para permitir a programação pelo usuário final; para suportar mudança dinâmica do conjunto de funcionalidades
Precauções: quando processamento rápido é necessário (código interpretado é executado de forma mais lenta que código compilado); gerenciamento de memória pode se tornar um problema, especialmente quando múltiplos interpretadores são simultaneamente executados
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: *Lisp* e *Scheme* são linguagens interpretadas e são eventualmente utilizadas para construir outros interpretadores; macros

Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *Basic Interpreter* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *Mobile Code*:
  - Permite que um código seja transmitido a um host remoto e por este host interpretado
  - Um elemento de dado (representação de um programa) é dinamicamente transformado em um componente de processamento de dados
- Motivações para a transmissão: falta de poder computacional, falta de recursos ou conjunto extenso de dados localizados remotamente
- Classificações:
  - *Code on Demand*
  - *Remote Evaluation*
  - *Mobile Agent*

Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *Mobile Code*:
  - *Code on Demand*:
    - Possui recursos e estado porém o código é obtido de um host remoto e executado localmente
  - *Remote Evaluation*:
    - Possui o código mas não os recursos para execução do código (ex: o interpretador)
    - O código é transmitido a um host remoto para processamento (ex: *grid*) e os resultados enviados de volta
  - *Mobile Agent*:
    - Possui o código e o estado mas parte dos recursos estão em outro *host*
    - O código + estado + alguns recursos (*agent*) são transferidos para o *host* remoto
    - Os resultados não necessariamente precisam ser enviados de volta ao *host* original

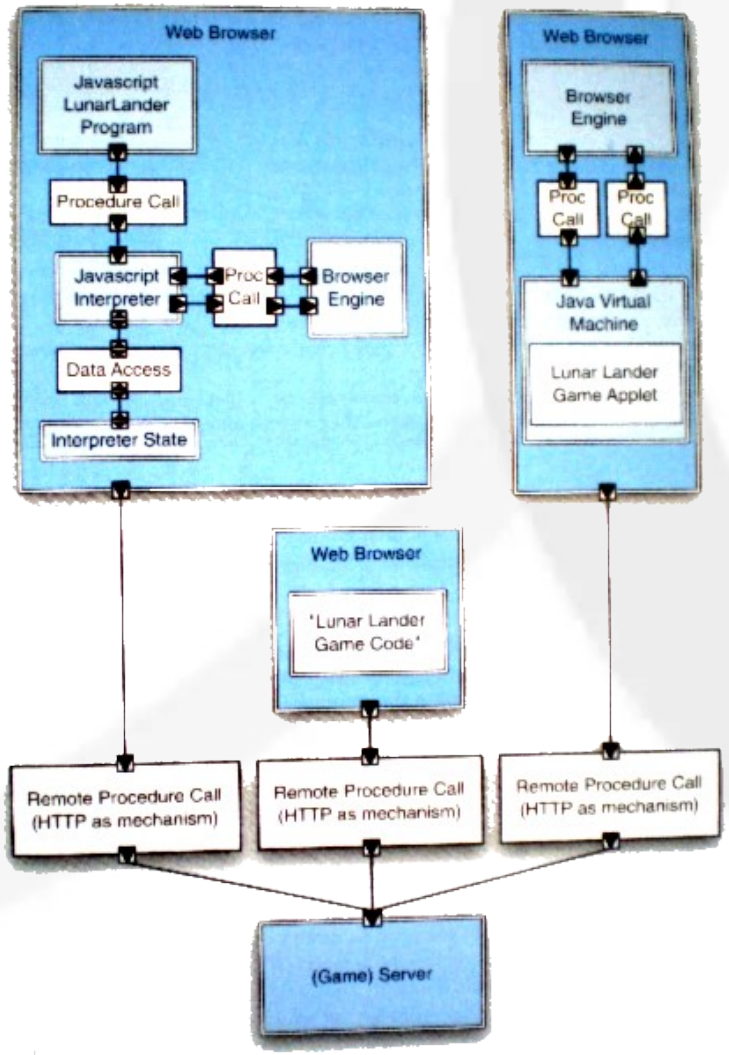
Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *Mobile Code*:

Resumo: o código se desloca com o objetivo de ser interpretado em outro *host*; dependendo da variação do estilo o estado pode também se deslocar
Componentes: doca de execução (que trata o recebimento e implantação do código e do estado) e o interpretador/compilador de código
Conectores: elementos e protocolos de rede que empacotam código e dados para fins de transmissão
Elementos de Dados: representações de código sob a forma de dados; estado do programa e dados
Topologia: em rede
Variações: *code on demand*, *remote evaluation* e *mobile agent*
Qualidades Induzidas: adaptabilidade dinâmica; se beneficia do poder computacional agregado nos *hosts* disponíveis; *dependability* melhorada em função da provisão de migração para novos *hosts*
Usos Típicos: quando deseja-se processar um conjunto extenso de dados localizados remotamente; quando deseja-se configurar dinamicamente um nó através da inclusão de código externo
Precauções: aspectos de segurança (códigos maliciosos); quando precisa-se alto controle sobre as diferentes versões do *software* implantadas; quando o custo de transmissão é maior que o de processamento; quando as conexões de rede não são confiáveis
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: linguagens de *scripting* (ex: *JavaScript*); computação em *grid*

Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *Mobile Code* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- Caracterizados por chamadas que são invocadas indiretamente e implicitamente em resposta a uma notificação ou a um evento
- Esta interação indireta entre componentes fracamente acoplados facilita a adaptação e melhora a escalabilidade do sistema

Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Publish-Subscribe*:
  - A denominação surge da analogia com os editores (*publishers*) e assinantes (*subscribers*) de revistas e jornais:
    - O editor periodicamente cria a informação e o assinante obtém uma cópia desta informação ou pelo menos é informado da sua disponibilidade
  - É adequado para aplicações onde existe uma distinção clara entre produtores e consumidores de informação:
    - Ex: agência *on-line* de empregos
  - Variações geralmente existem em função da distância entre o *publisher* e os *subscribers* e da forma de gerenciamento destes relacionamentos

Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Publish-Subscribe* simples:
  - O *publisher* mantém uma lista de *subscribers*
  - Para cada *subscriber* uma *Procedure Call* é disparada sempre que uma nova informação estiver disponível
  - *Subscribers* realizam suas assinaturas com o *publisher*, informando a interface de *procedure* (*callback*) a ser utilizada quando a informação for publicada
  - *Subscribers* podem cancelar suas assinaturas e ter seus respectivos *callbacks* removidos da lista de assinantes do *publisher*

Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Publish-Subscribe*:
  - Em aplicações baseadas em rede e de larga escala algumas modificações são necessárias:
    - *Publishers* precisam anunciar (no *start-up* do sistema, periodicamente ou sob demanda) a existência de recursos de informação que podem ser assinados
    - Assinaturas não são mais representadas por *procedures* de *callback* e passam a envolver protocolos de rede
    - Aspectos de desempenho impedem o uso de conexões ponto-a-ponto entre *publishers* e *subscribers*, demandando *proxies* ou *caches* intermediários

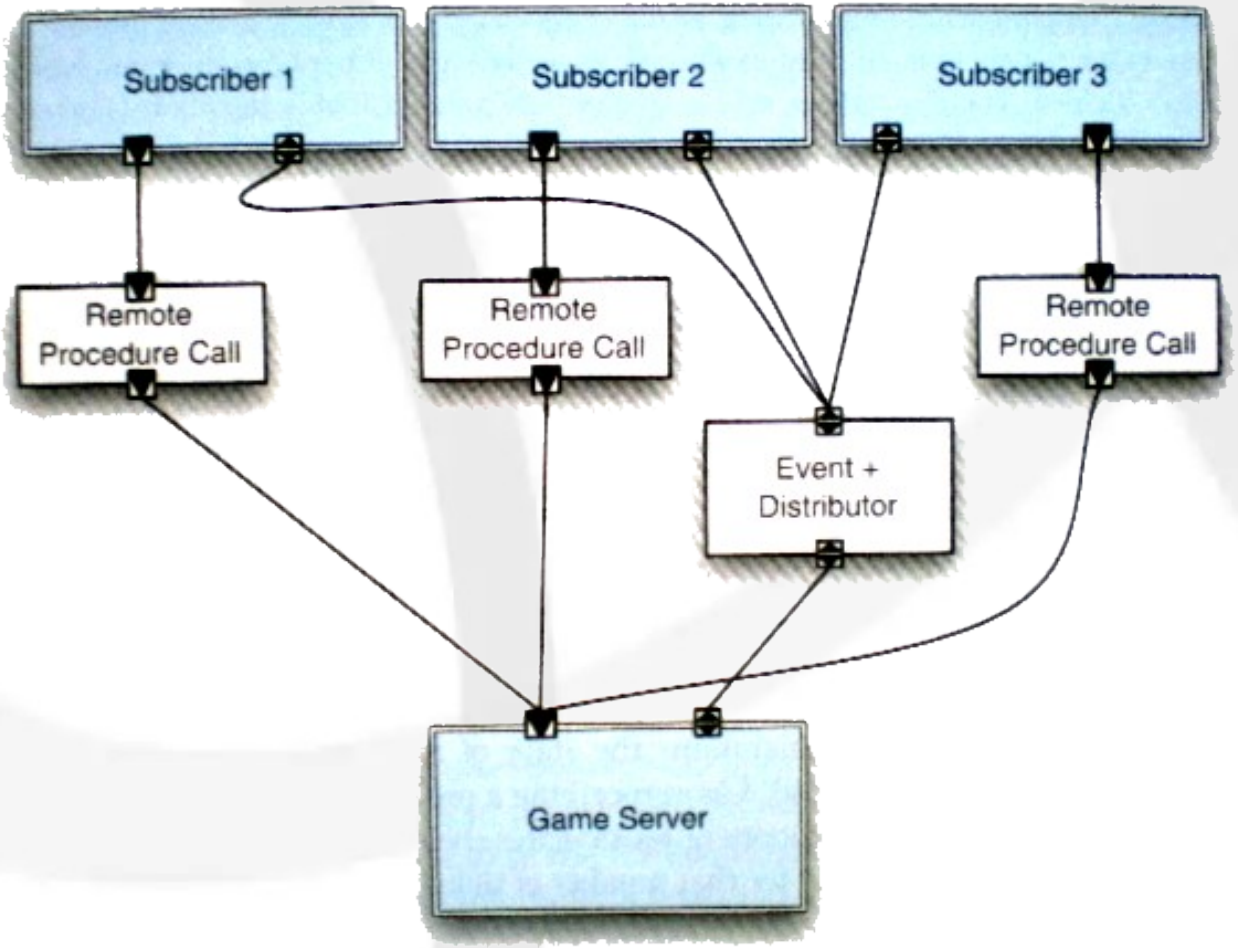
Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Publish-Subscribe*:

Resumo: *subscribers* solicitam/cancelam o recebimento de mensagens específicas; *publishers* mantêm uma lista de assinantes e a eles enviam mensagens de forma síncrona ou assíncrona
Componentes: *publishers*, *subscribers*, *proxies* para gerenciamento da distribuição
Conectores: *procedure calls* (dentro de programas) ou protocolos de rede; assinaturas baseadas em conteúdo requerem conectores mais sofisticados
Elementos de Dados: assinaturas, notificações e informações publicadas
Topologia: *subscribers* se conectam diretamente aos *publishers* ou através de intermediários
Variações: usos específicos do estilo podem requerer passos particulares na assinatura e cancelamento; suporte a correspondências complexas entre interesses de assinatura e informação disponível pode ser realizada por intermediários
Qualidades Induzidas: disseminação (*one-way*) eficiente de informação; baixo acoplamento
Usos Típicos: disseminação de notícias; programação de interfaces gráficas de usuário; jogos *multiplayer* baseados em rede
Precauções: quando o número de assinantes de uma mesma informação é alto geralmente é necessário um protocolo especializado de *broadcast*
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: geralmente disponibilizado por alguma tecnologia de *middleware*

Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Publish-Subscribe* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Event-Based*:
  - Caracterizado por componentes independentes que se comunicam somente através de eventos transmitidos por um barramento (conector)
  - Na sua forma mais pura componentes emitem eventos para o barramento que, por sua vez, os re-transmite para todos os outros componentes
  - Componentes podem reagir em resposta ao recebimento de um evento ou ignorá-lo
  - Embora aparentemente caótico e imprevisível é similar à forma com a qual humanos se comportam em sociedade

Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Event-Based*:
  - Por razões de eficiência a forma pura deste estilo raramente é utilizada
  - É mais eficiente distribuir os eventos somente para aqueles componentes que demonstraram interesse por eles
  - Com esta modificação o *Event-Based* se torna similar ao *Publish/Subscribe*, entretanto não há distinção entre produtores e consumidores
  - A replicação e otimização de distribuição dos eventos (ex: registro de interesse em um evento particular) é responsabilidade somente dos conectores

Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Event-Based*:
  - Pode funcionar em modo:
    - *Pull (pooling)*: receptores de eventos consultam o conector (de forma síncrona ou assíncrona) para verificar se algum novo evento está disponível
    - *Push*: o conector replica e re-transmite os eventos aos possíveis interessados
  - Altamente indicado para sistemas com componentes concorrentes altamente desacoplados onde, em um determinado momento, um componente pode estar ou criando ou consumindo informação
    - Ex: mercado financeiro / bolsa de valores

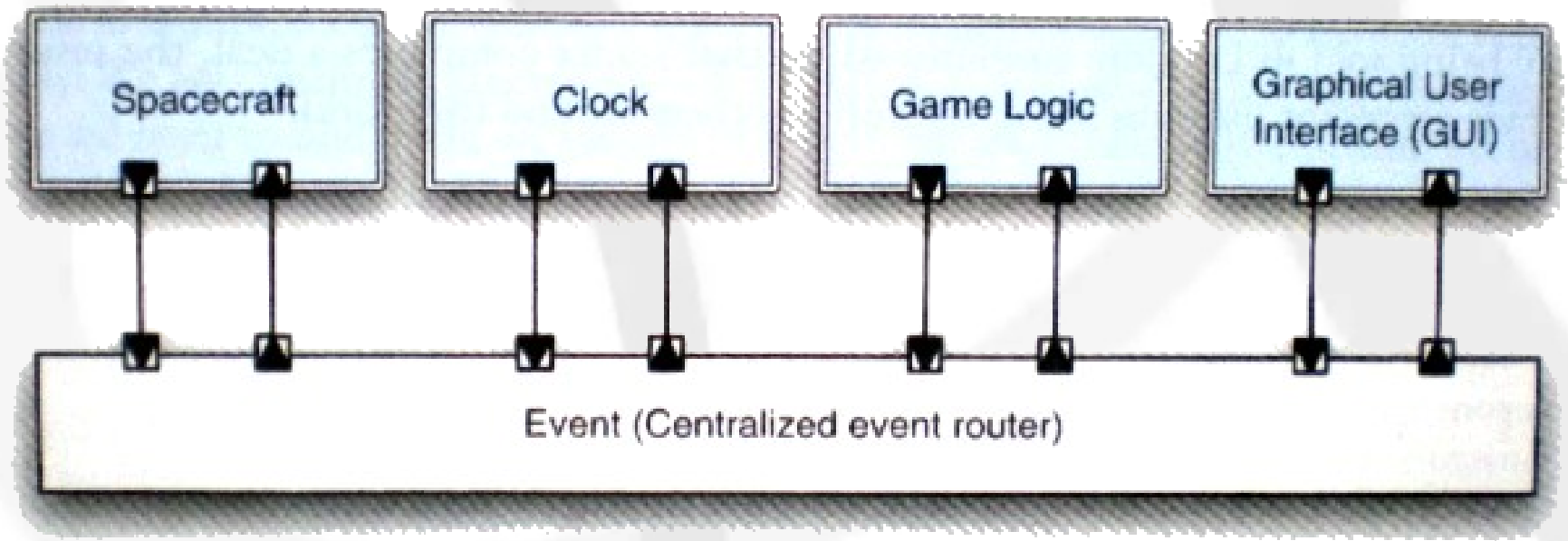
Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Event-Based*:

Resumo: componentes independentes emitem e recebem, de forma assíncrona, eventos transmitidos por barramentos de eventos
Componentes: produtores e consumidores independentes e concorrentes de eventos
Conectores: barramento de eventos; em certas variações, mais de um conector pode ser utilizado
Elementos de Dados: eventos – dados enviados como entidades de primeira-ordem através de barramentos de eventos
Topologia: componentes se comunicam somente com os barramentos de eventos
Variações: a comunicação dos componentes com os barramentos pode acontecer em modo *push* ou *pull*
Qualidades Induzidas: altamente escalável; fácil de evoluir; efetivo para aplicações altamente distribuídas e heterogêneas
Usos Típicos: interfaces gráficas de usuário; aplicações *wide-area* envolvendo partes independentes (mercado financeiro, logística, redes de sensores)
Precauções: não há garantia se ou quando um evento particular será processado
Relacionamento com Linguagens de Programação e Ambientes: tecnologias de *middleware* orientado a mensagens (*JMS*, *CORBA Event Service*, *MSMQ*)

Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *Event-Based* (pouso lunar):



Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *Peer-to-Peer* (P2P):
  - Consiste em uma rede de peers autonômos fracamente acoplados
  - Cada peer atua tanto como cliente quanto servidor
  - Peers se comunicam utilizando um protocolo de rede, provavelmente especializado para comunicação P2P (ex: Napster, Gnutella)
  - Descentraliza tanto informação quanto controle, fazendo com que a descoberta de recursos seja um aspecto importante

Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *Peer-to-Peer* (P2P):
  - Descoberta de recursos em sistemas P2P puros:
    - A solicitação da informação é lançada na rede como um todo
    - A requisição se propaga até que a informação seja descoberta ou algum limite de propagação (ex: número de *hops*) seja alcançado
    - Se a informação é encontrada o *peer* obtém o endereço direto do outro *peer* e o contacta diretamente
  - É limitado pelo algoritmo distribuído utilizado para consultar o sistema e pela largura de banda disponível

Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *Peer-to-Peer* (P2P):
  - Descoberta de recursos em sistemas P2P híbridos:
    - O processo é otimizado através da presença de peers especiais, especializados na localização de outros *peers* e/ou disponibilização de diretórios que localizam as informações
    - Ex: Napster – utilizava um servidor centralizado para indexação das músicas e localização de outros *peers*
  - Embora o estilo tenha se tornado popular nas aplicações de compartilhamento de arquivos é frequentemente utilizado em *B2B commerce*, chat, colaboração remota e redes de sensores

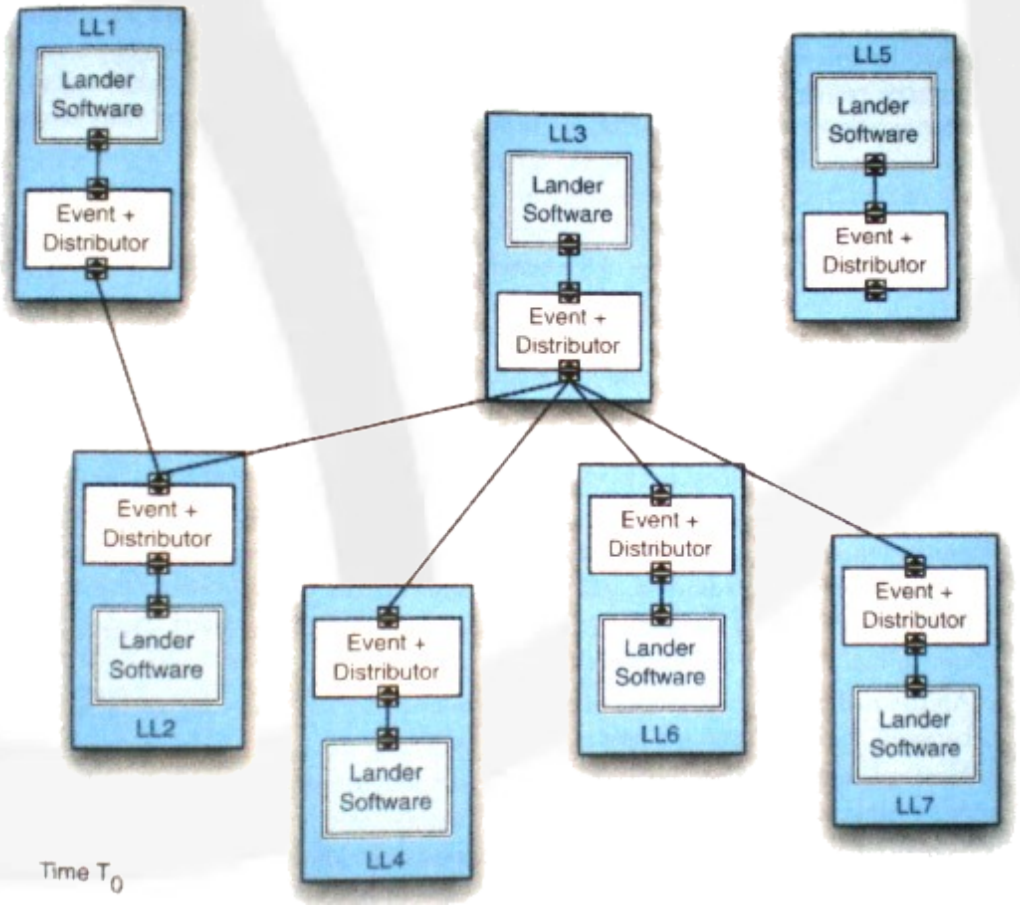
Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *Peer-to-Peer* (P2P):

Resumo: estado e comportamento estão distribuídos entre *peers* que podem atuar tanto como clientes quanto como servidores
Componentes: *peers* – componentes independentes com seu estado e *thread* de controle próprios
Conectores: protocolos de rede, frequentemente especializados
Elementos de Dados: mensagens de rede
Topologia: em rede (com possibilidade de conexões redundantes entre *peers*); pode variar arbitrariamente e dinamicamente
Qualidades Induzidas: computação descentralizada com fluxo de controle e recursos distribuídos entre os *peers*; altamente robusto na presença de falhas em qualquer nó; escalável em relação ao acesso a recursos e poder computacional
Usos Típicos: onde as operações e fontes de informação estão distribuídas e a rede é *ad-hoc*
Precauções: quando o tempo necessário para recuperação da informação é importante e é inviável lidar com a latência imposta pelo protocolo; segurança (deve-se detectar *peers* maliciosos e prover meios para gerenciar a confiança – *trust* – em ambientes abertos)

Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *Peer-to-Peer* (P2P) (pouso lunar):

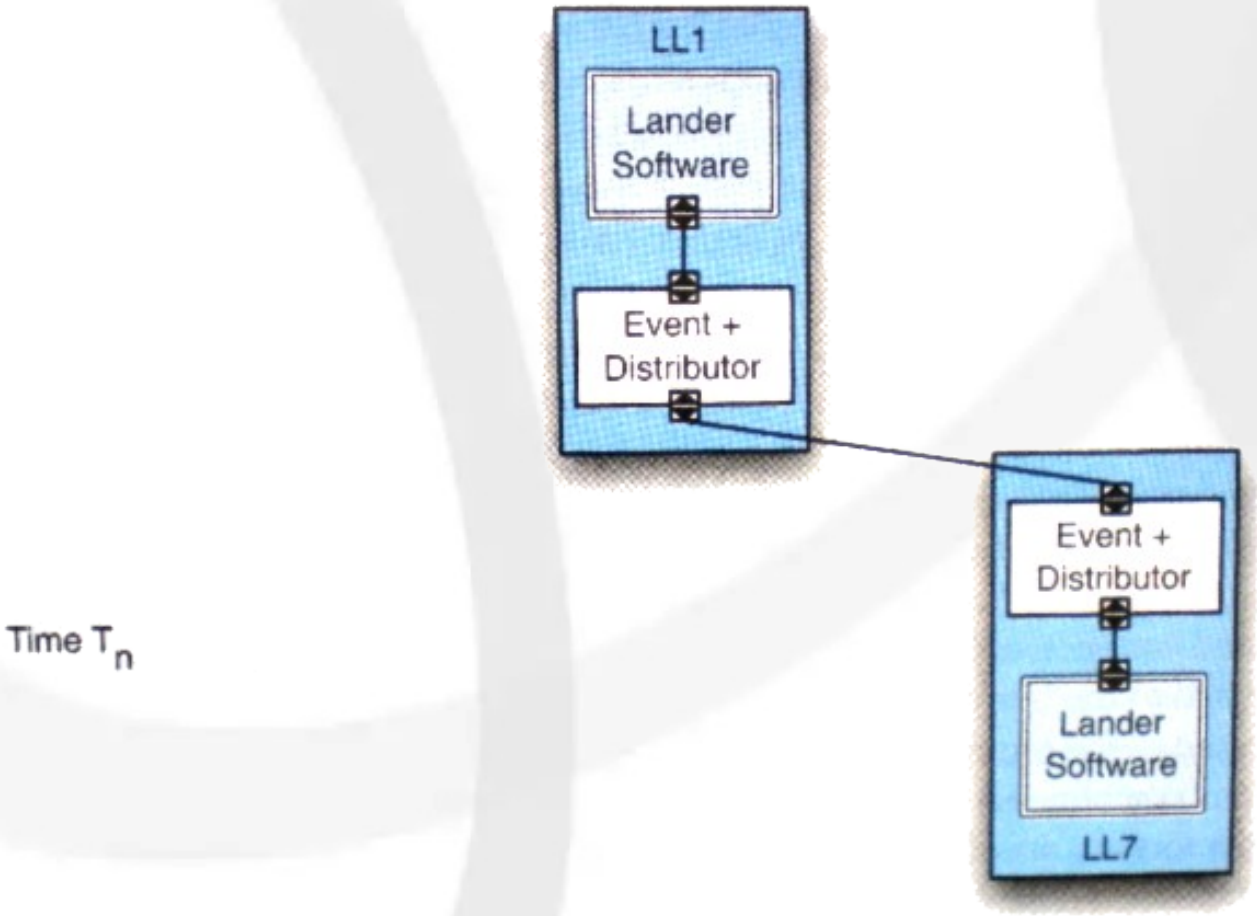


Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *Peer-to-Peer* (P2P) (pouso lunar):
  - Obtenção da informação pelo *Lunar Lander 1* (LL1):
    1) No tempo T0, LL1 contacta todas as naves presentes no raio de comunicação
    2) Somente LL2 responde
    3) LL1 pergunta a LL2 se ela possui a informação desejada
    4) Visto que LL2 não possui esta informação ela repassa a pergunta para o seu nó de comunicação adjacente – LL3 (assume-se que LL2 e LL3 já se conhecem)
    5) Visto que LL3 não possui esta informação ela repassa a pergunta para LL4, LL6 e LL7
    6) LL7 informa, a LL3, que possui a informação e a envia para ela
    7) LL3 passa a informação de volta a LL2 e, subsequentemente, a LL1
  - Em um tempo Tn LL7 adentra o raio de comunicação de LL1 e elas agora podem se contactar diretamente

Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *Peer-to-Peer* (P2P) (pouso lunar):



Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software - Conectores

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

Conectores

- Conectores de *software* realizam transferência de controle e dados entre componentes
- Conectores também podem disponibilizar serviços (ex: persistência, invocação, messaging e transações) independente da funcionalidade dos componentes envolvidos
- Tais serviços são geralmente considerados "*facilities components*" (ex: no CORBA, DCOM e RMI)
  - Tratar estes serviços, entretanto, como conectores deixa a arquitetura mais clara e mantém os componentes com foco nos aspectos referentes à aplicação e ao domínio

Conectores

- O que os conectores podem fazer ?
  - Distribuir uma requisição de serviço para componentes especificamente identificados
  - Realizar *broadcast* de uma notificação de evento para qualquer componente interessado (não identificado ou até mesmo desconhecido)
  - Requerer que o componente solicitante suspenda o seu processamento até que um *ACK* seja recebido (síncrono/blocking) ou permitir que o componente solicitante continue com o seu processamento (assíncrono/*non-blocking*)
  - Rotear requisições na ordem recebida
  - Ordenar, filtrar e combinar requisições de acordo com alguma regra pré-definida

Conectores

- Os conectores mais simples estão tipicamente já implementados nas linguagens de programação
- Conectores compostos, por outro lado, formados pela composição de vários conectores (e possivelmente componentes), são geralmente disponibilizados como bibliotecas ou *frameworks*
- Conectores simples disponibilizam somente um tipo de serviço de interação
- Os conectores compostos ajudam a superar as limitações das linguagens de programação modernas

Tipos de Serviços de Interação

- Um conector disponibiliza um ou mais dos seguintes tipos de serviços de interação:
  1) Comunicação
  2) Coordenação
  3) Conversão
  4) Facilitação
- Todo conector disponibiliza serviços de pelo menos uma dessas categorias
- Um conjunto rico de capacidades de interação pode demandar o uso de múltiplos serviços:
  - Ex: *Procedure Call* (comunicação + coordenação)

Tipos de Serviços de Interação

1) Serviços de Comunicação:

- Suporta a transmissão de dados entre componentes
- *Building block* primário para interação entre componentes
- Exemplos de dados: mensagens, dados a serem processados, resultados de computações

Tipos de Serviços de Interação

2) Serviços de Coordenação:

- Suportam a transferência de controle entre componentes
- A *thread* de execução é passada de um componente para outro
- Exemplos de conectores de coordenação: chamadas de função e invocações de método
- Conectores de mais alta ordem, tais como aqueles utilizados para balanceamento de carga, disponibilizam interações mais ricas e complexas construídas em torno dos serviços de coordenação

Tipos de Serviços de Interação

3) Serviços de Conversão:

- Transformam a interação requerida por um componente naquela disponibilizada por outro
- Permitir que componentes heterogêneos interajam não é uma tarefa fácil, interações divergentes estão sempre presentes
- Tais divergências são causadas por incompatibilidades no tipo, número, frequência e ordem das interações
- Serviços de conversão permitem que componentes que não foram projetados para trabalhar em conjunto possam estabelecer e conduzir interações
  - Exs: conversão de formato de dados e *wrappers* para componentes legados

Tipos de Serviços de Interação

4) Serviços de Facilitação:

- Realizam a mediação e simplificação da interação entre componentes
- Mesmo quando os componentes foram projetados para trabalhar em conjunto pode ser necessário disponibilizar mecanismos para melhor facilitar e otimizar as suas interações
- Mecanismos tais como balanceamento de carga, serviços de escalonamento e controle de concorrência podem ser necessários para atender certos requisitos não-funcionais e para reduzir inter-dependência entre componentes

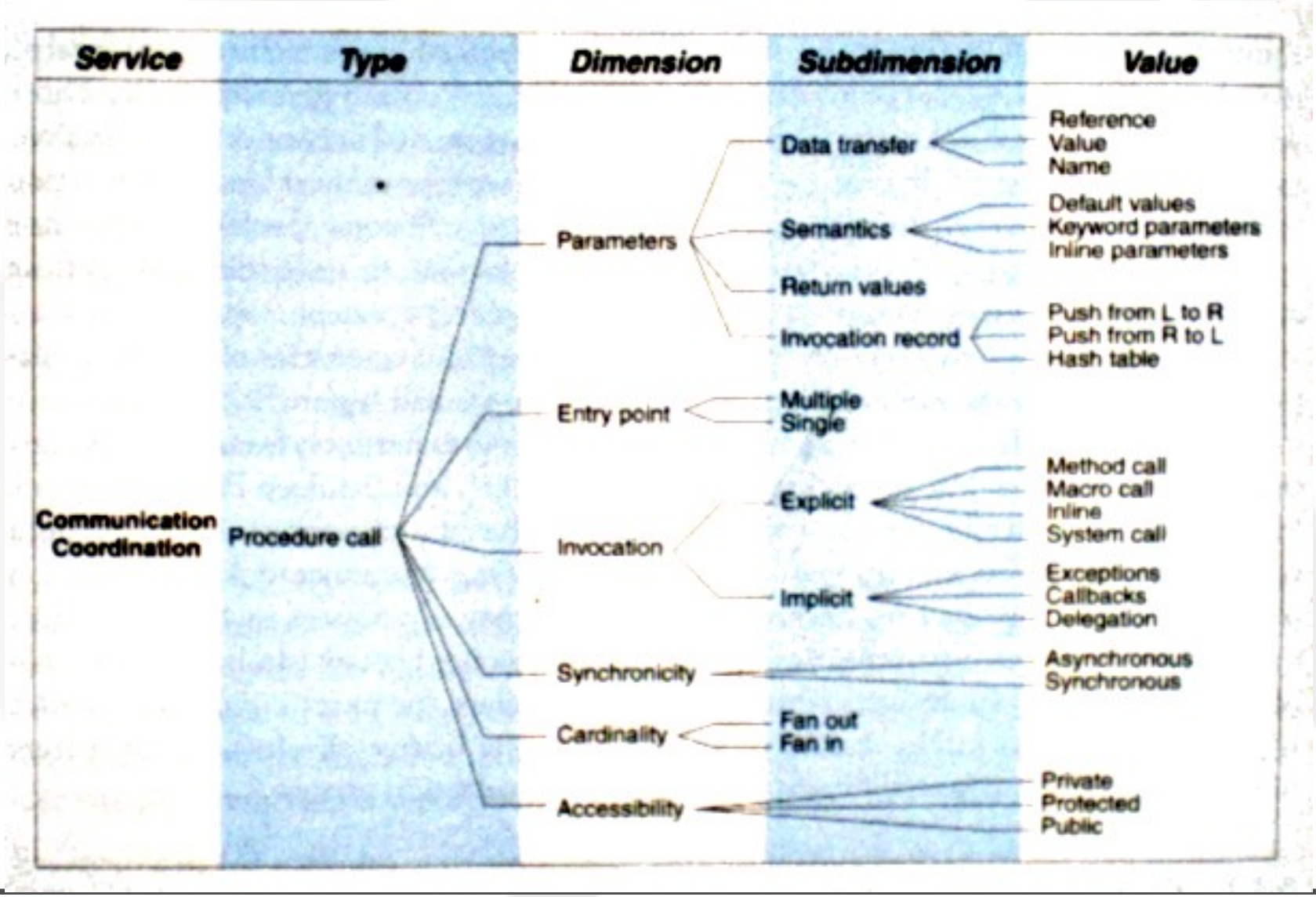
Tipos de Conectores

- Classificação dos conectores quanto à forma de realização dos serviços de interação:
  1) Procedure Call
  2) Event
  3) Data Access
  4) Linkage
  5) Stream
  6) Arbitrator
  7) Adaptor
  8) Distributor

Tipos de Conectores
Procedure Call

- Modelam o fluxo de controle entre componentes através de diversas técnicas de invocação (serviço de coordenação)
- Adicionalmente, podem transferir dados entre os componentes envolvidos através de parâmetros e valores de retorno (serviço de comunicação)
- São os mais conhecidos e amplamente utilizados: métodos na orientação a objetos, chamadas de sistema e callbacks
- Frequentemente utilizados como base para conectores composite, como *Remote Procedure Call* (RPC). Neste caso, também realizando serviços de facilitação

Tipos de Conectores
Procedure Call



Tipos de Conectores
Event

Evento: efeito instantâneo da conclusão (normal ou errônea) da invocação de uma operação em um objeto, ocorrendo na localização do próprio objeto

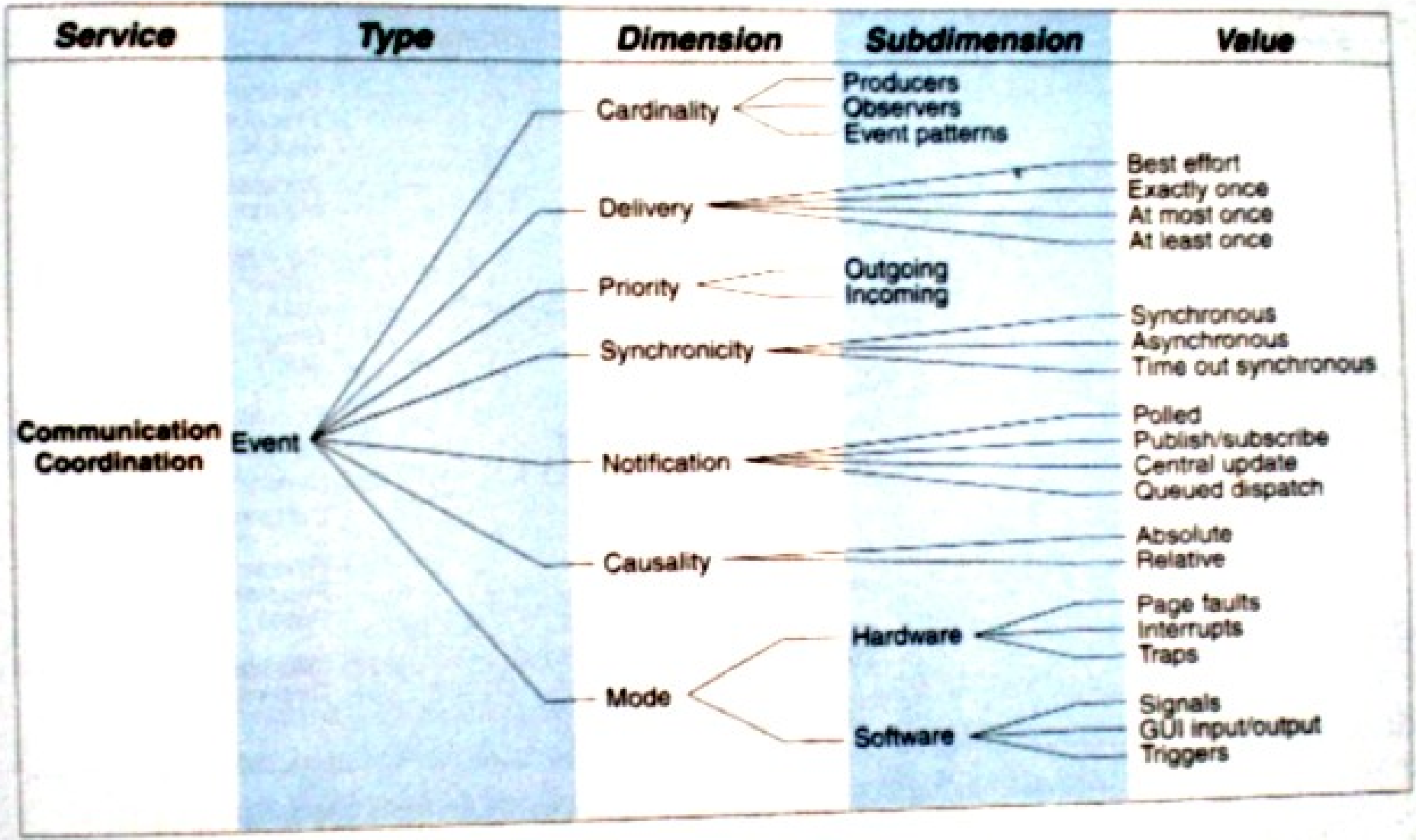
David Rosenblum e Alexander Wolf (1997)

- São similares ao *Procedure Call* pois afetam o fluxo de controle entre componentes (serviços de coordenação)
  - O fluxo de controle é iniciado pela ocorrência do evento
  - O conector, uma vez ciente da ocorrência do evento, gera mensagens (notificações de eventos) para todas as partes interessadas e produz controle para que os componentes processem estas mensagens

Tipos de Conectores
Event

- Entretanto, diferem do *Procedure Call* pois:
  - Mensagens podem ser geradas na ocorrência de um único evento ou de um padrão específico de eventos
  - O conteúdo do evento pode ser estruturado para conter informações tais como hora e local da ocorrência do evento e outros dados específicos de aplicação (serviços de comunicação)
  - Formam "conectores virtuais" entre os componentes interessados no mesmo evento
  - Tais "conectores virtual" aparecem e desaparecem dinamicamente durante a execução do sistema

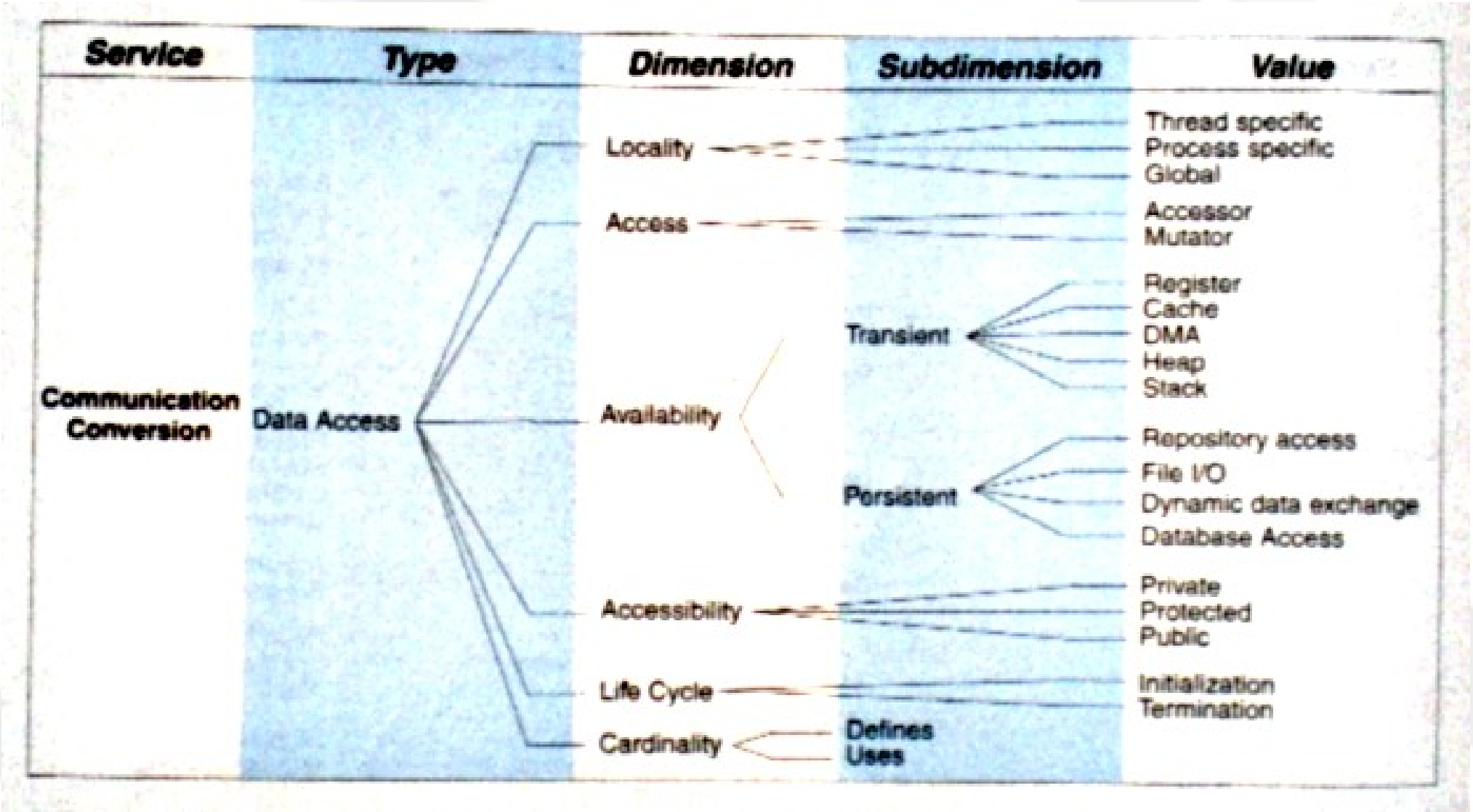
Tipos de Conectores
Event



Tipos de Conectores
Data Access

- Permitem que componentes acessem dados mantidos em um componente de armazenamento de dados - *Data Store* (serviços de comunicação)
- Tal acesso frequentemente requer inicialização e limpeza do *Data Store* antes e depois da operação, respectivamente
- Caso exista diferença de formato entre o dado requerido e aquele armazenado o conector pode realizar tradução da informação (serviço de conversão)
- O *Data Store* pode ser persistente ou temporário, impactando no mecanismo utilizado pelo conector
- Ex: mecanismos de *query* (SQL) e acesso a informação de repositórios tais como os de componentes de *software*

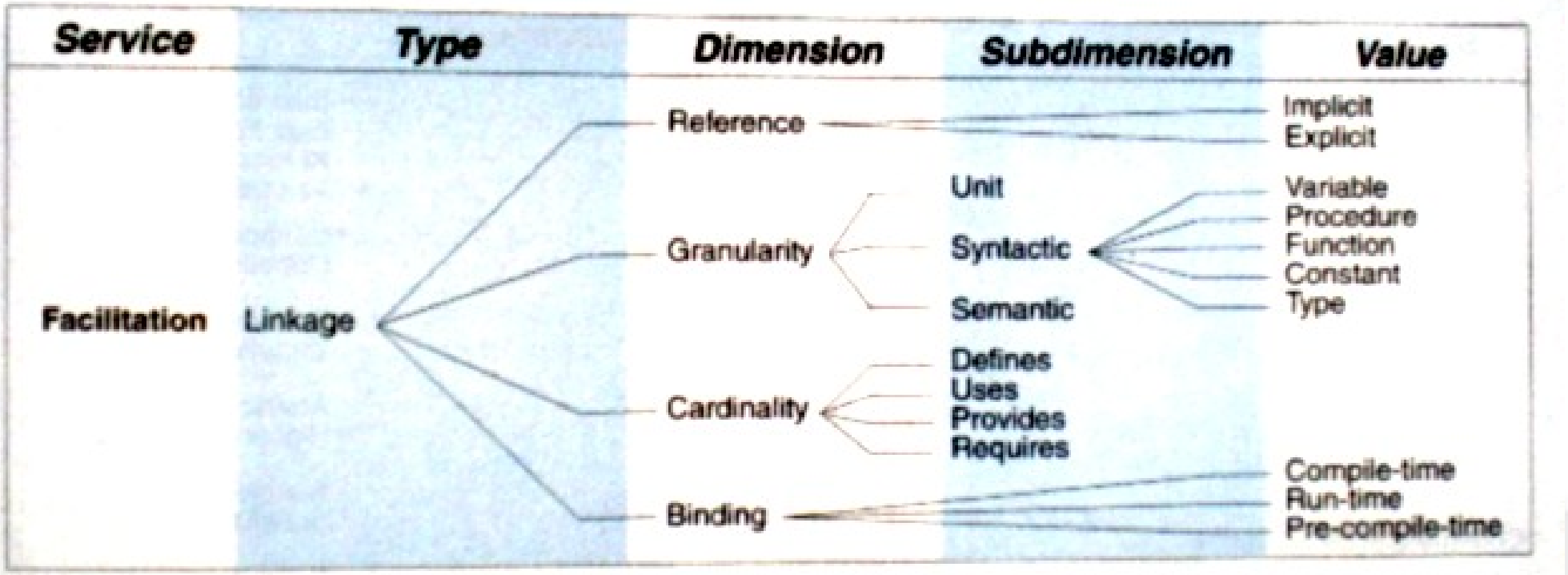
Tipos de Conectores
Data Access



Tipos de Conectores
Linkage

- Utilizados para unir os componentes e mantê-los desta forma durante sua interação
- Viabilizam o estabelecimento de dutos – canais de comunicação e coordenação – que são então utilizados por conectores de mais alta ordem para garantir a semântica de interação
- Realizam serviços de facilitação
- Uma vez o duto estabelecido o conector linkage pode ser removido do sistema ou nele permanecer para facilitar a evolução do *software*
- Ex: ligações entre componentes e barramentos no C2 e relacionamentos de dependência entre módulos de *software* em *Module Interconnection Languages* (MIL)

Tipos de Conectores
Linkage



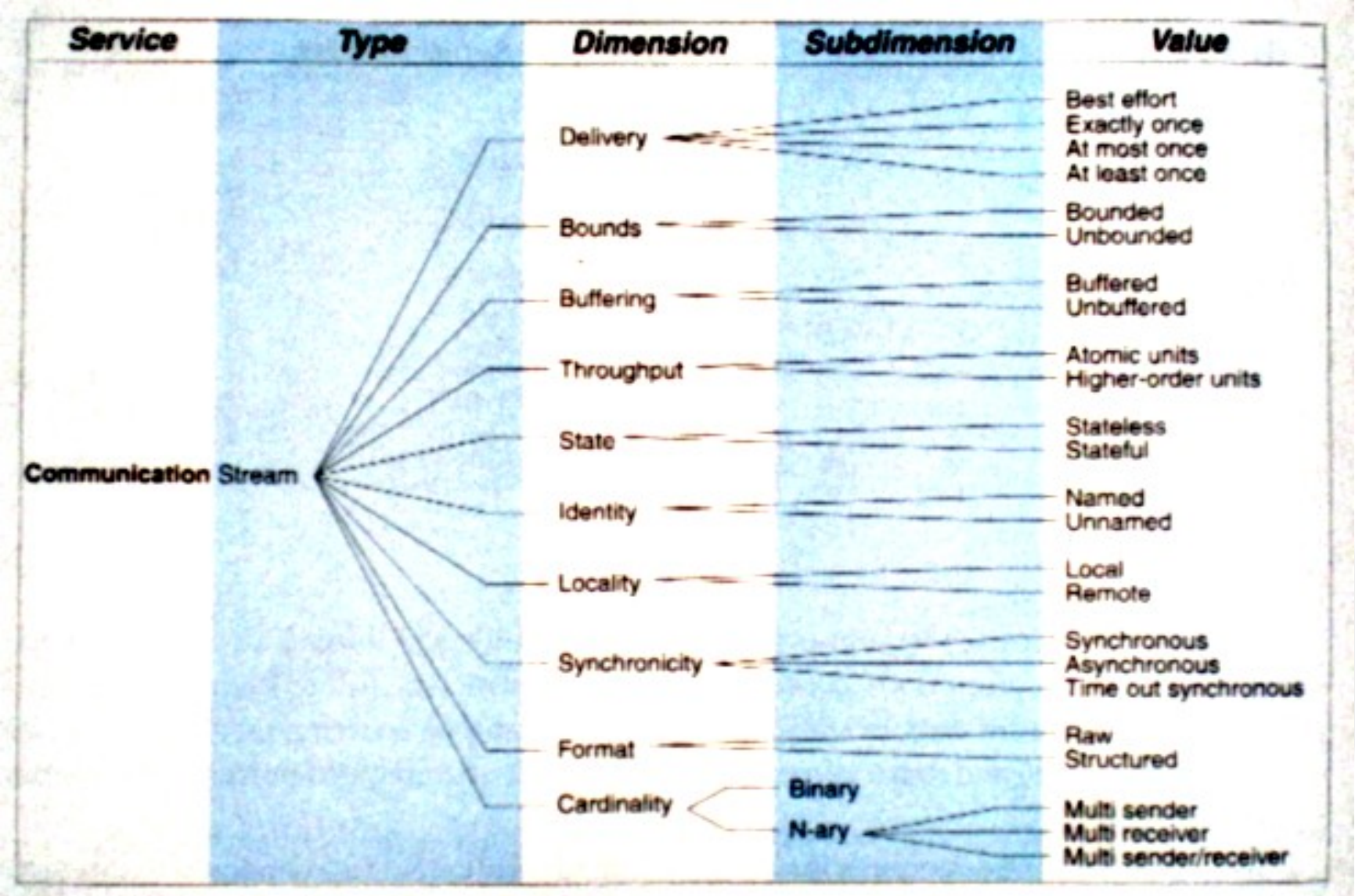
Tipos de Conectores
Linkage

- Sub-dimensões de granularidade:
  - Interconexões de unidade especificam somente que um componente (modulo, objeto, arquivo, . . .) depende de outro. Ex: *build tools* tais como o Make
  - Interconexões sintáticas refinam este relacionamento e estabelecem ligações entre variáveis, procedures, funções, constantes e tipos definidos dentro do componente conectado. Ex: análise estática e *smart compilation*
  - Interconexões semânticas especificam como os componentes ligados devem interagir. Garantem que os requisitos e restrições da interação são explicitamente afirmados e satisfeitos. Ex: protocolos de interação

Tipos de Conectores
Stream

- Utilizados para realizar transferências de grandes quantidades de dados entre processos autônomos (serviços de comunicação)
- São também utilizados em protocolos de transmissão de dados em sistemas *client-server* para realizar a entrega de resultados de computações
- Podem ser combinados com outros tipos de conectores:
  - *Data Access* para definir conectores composite de acesso a bancos de dados
  - *Event* para multiplexar a entrega de uma grande quantidade de eventos
- Ex: *pipes* do Unix, *sockets* de comunicação TCP/UDP e protocolos *client-server* proprietários

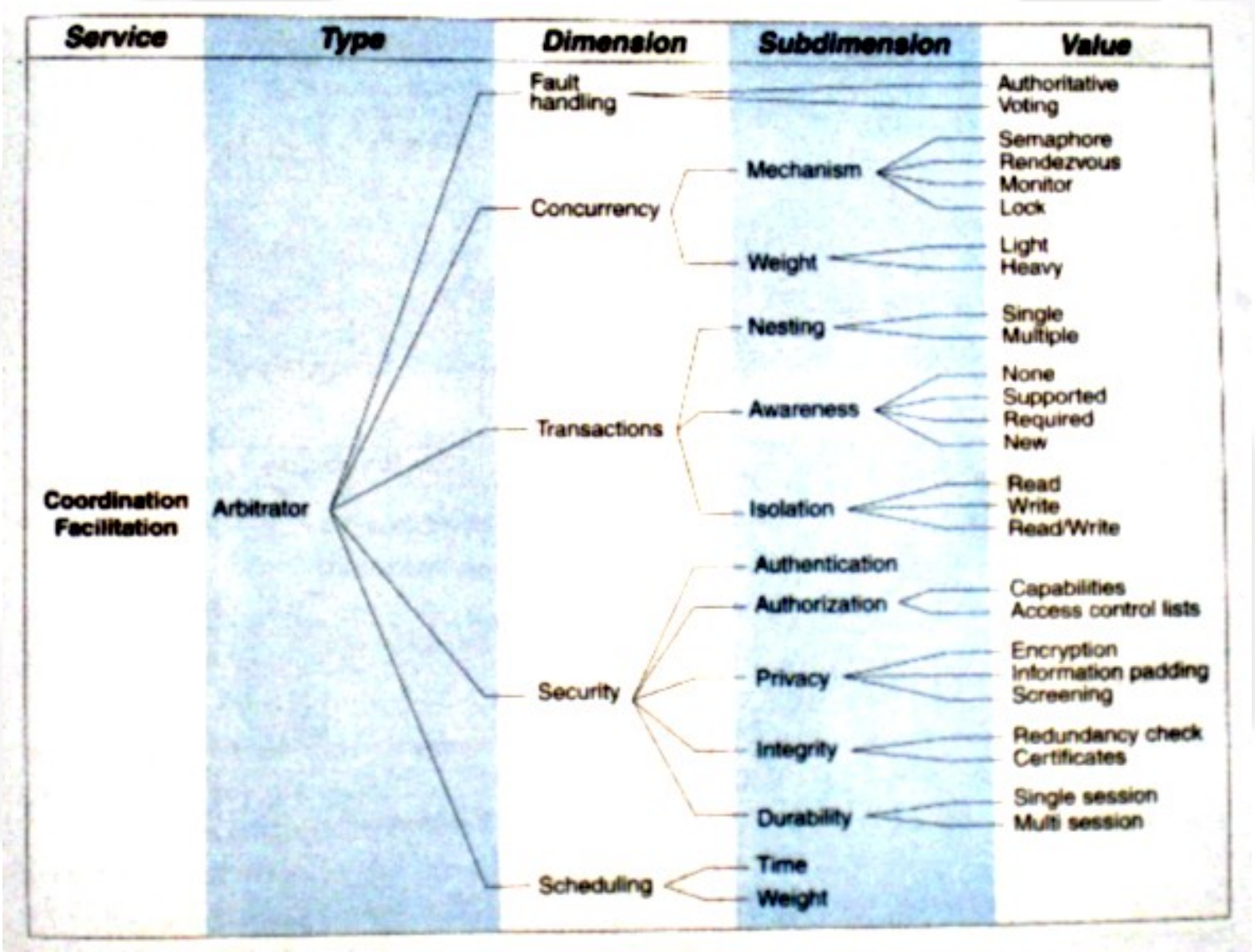
Tipos de Conectores
Stream



Tipos de Conectores
Arbitrator

- Facilitam a operação do sistema, resolvem eventuais conflitos (serviços de facilitação) e redirecionam o fluxo de controle (serviços de coordenação) naquelas situações onde um componente conhece a presença de outros componentes porém nada pode assumir sobre suas necessidades e seus estados
  - Ex: garantia de consistência e atomicidade de operações, através de sincronização e controle de concorrência, em sistemas *multithreaded* com memória compartilhada
  - Ex: negociação de níveis de serviço e mediação de interações que requerem confiabilidade e atomicidade
  - Ex: serviços de escalonamento e balanceamento de carga
  - Ex: *reliability*, *security* e *safety* para implementação de *dependability* e *trustworthiness*

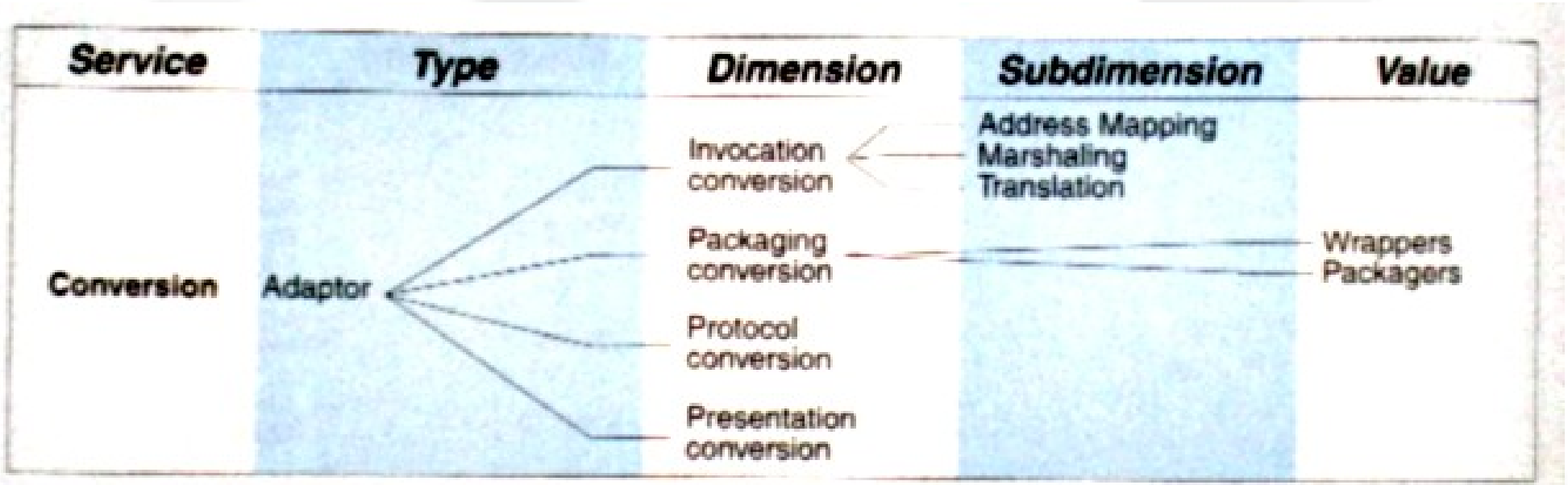
Tipos de Conectores
Arbitrator



Tipos de Conectores
Adaptor

- Suportam a interação entre componentes que não foram originalmente projetados para interoperar
- Compatibilizam políticas de comunicação e protocolos de interação (serviços de conversão)
- Necessários em ambientes heterogêneos
- A conversão pode ter a melhoria do desempenho como foco:
  - Um *Remote Procedure Call* pode ser automaticamente convertido para um *Procedure Call* local caso os dois componentes estejam na mesma máquina
- Podem aplicar transformações (ex: *look-ups*) para compatibilizar os serviços requeridos com as facilidades disponíveis

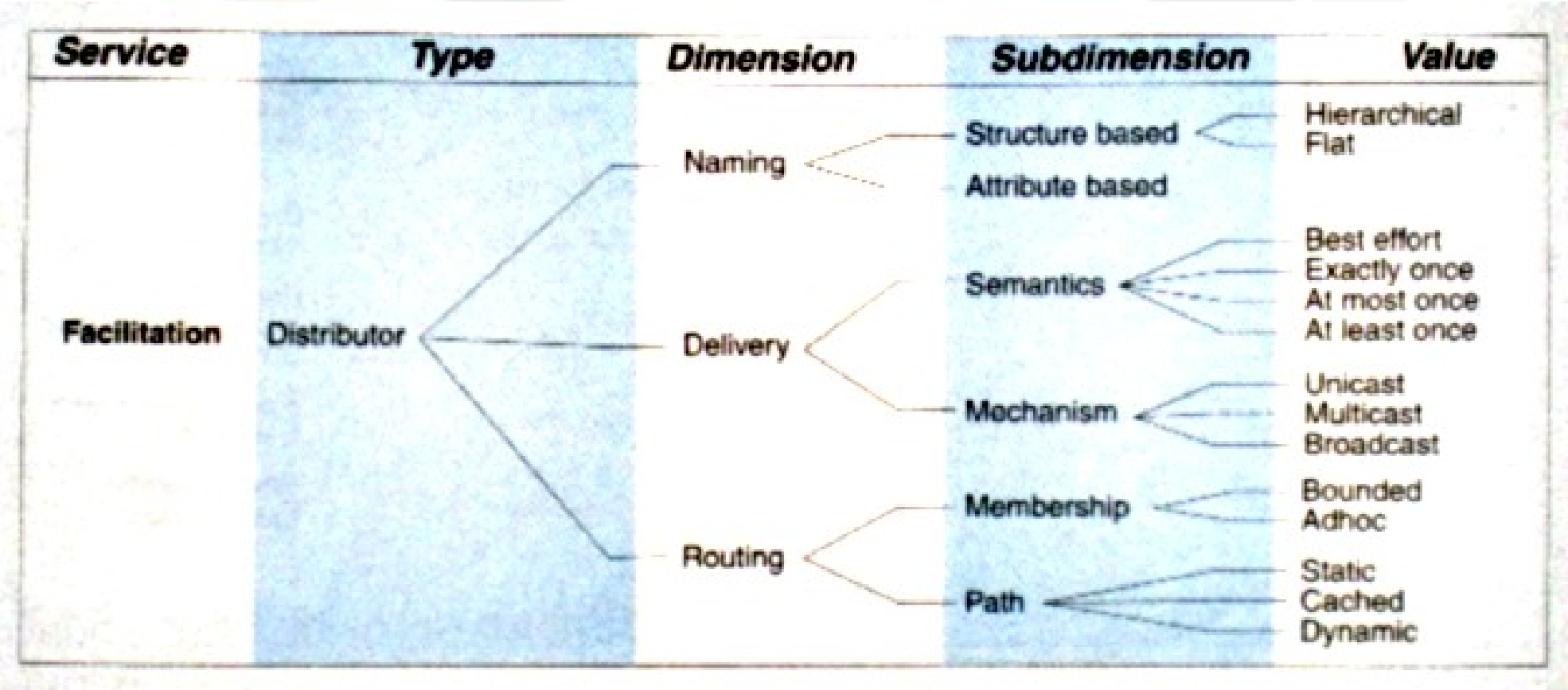
Tipos de Conectores
Adaptor



Tipos de Conectores
Distributor

- Realizam a identificação dos caminhos (*paths*) de interação e o subsequente roteamento, de informações de comunicação e coordenação, através de objetos ao longo deste caminho (serviços de facilitação)
- Nunca existem de forma isolada, eles dão assistência a outros conectores como *Stream* ou *Procedure Call*
- Direcionam o fluxo de dados durante troca de informação em sistemas distribuídos
- Ex: serviços de identificação da localização de componentes e de caminhos até eles, a partir de nomes simbólicos (DNS)
- Tem efeito importante na escalabilidade e resiliência do sistema

Tipos de Conectores
Distributor



Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software - Arquiteturas e Estilos Aplicados

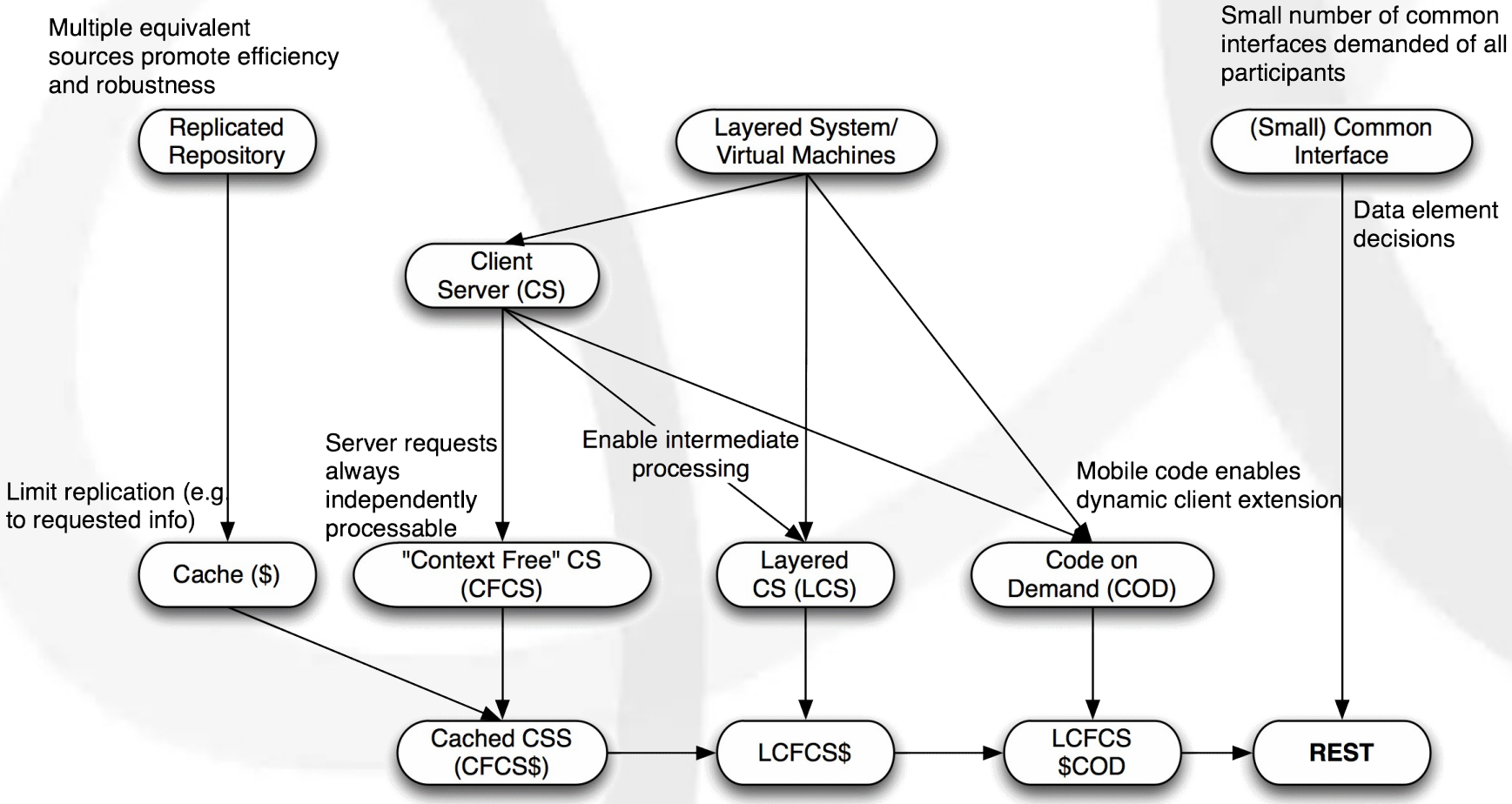
Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- Estudos de caso:
  - Arquiteturas para aplicações baseadas em rede:
    - *The REpresentational State Transfer* (REST)
    - Google
  - Arquiteturas Descentralizadas
    - Peer-to-Peer
      - Napster – *Hybrid Client-Server / Peer-to-Peer*
      - Skype – *Overlayed P2P*
      - BitTorrent – *Resource Trading P2P*

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- *The REpresentational State Transfer (REST)*:



Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- Google:
  - Evolução: *search engine* → conjunto amplo de aplicações
  - Produtos fortemente baseados na web porém não são *REST-based*
  - A arquitetura dos sistemas do Google foca na escalabilidade, assim como a web, porém a natureza das aplicações e as estratégias da empresa demandam uma arquitetura completamente diferente
  - Os diferentes produtos do Google compartilham elementos comuns

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- Google:
  - Características das aplicações:
    - Devem manipular uma quantidade imensa de informação: armazenamento, estudo e manipulação de terabytes
    - Armazenamento e manipulação suportado por milhares de *hardware commodity* (PC baratos rodando Linux)

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- Google:
  - Características das aplicações:
    - Ao suportar efetivamente a replicação de processamento e armazenamento de dados, uma plataforma de computação altamente escalável e tolerante a falhas pode ser construída
    - Premissa: falhas irão ocorrer e deverão ser acomodadas
    - As aplicações do Google não precisam de todas as funcionalidades disponibilizadas por um serviço de gerenciamento de banco de dados

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- Google:
  - Características das aplicações:
    - Solução: *Google File System* (GFS) – sistema de armazenamento simples (poucas funcionalidades) porém executando sobre uma plataforma altamente tolerante a falhas
    - Otimizações do GFS (em contraponto a um banco de dados):
      - Arquivos tipicamente muito grandes (vários gigabytes)
      - Falhas de componentes de armazenamento são esperadas e tratadas
      - Arquivos geralmente sofrem apenas append (ao invés de modificações randômicas)
      - Regras mais relaxadas para manutenção de consistência em acessos concorrentes

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- Google:
  - Características das aplicações:
    - Um número de aplicações executam sobre o GFS. Dentre elas, destaca-se o *MapReduce* que disponibiliza um modelo de programação com operações para seleção e redução de dados, presentes nos imensos conjuntos de dados do Google
    - O *MapReduce* é responsável pela paralelização da operação, onde centenas de processadores são utilizados de forma transparente ao desenvolvedor
    - Falhas nos processadores envolvidos na execução paralela são graciosamente acomodadas

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

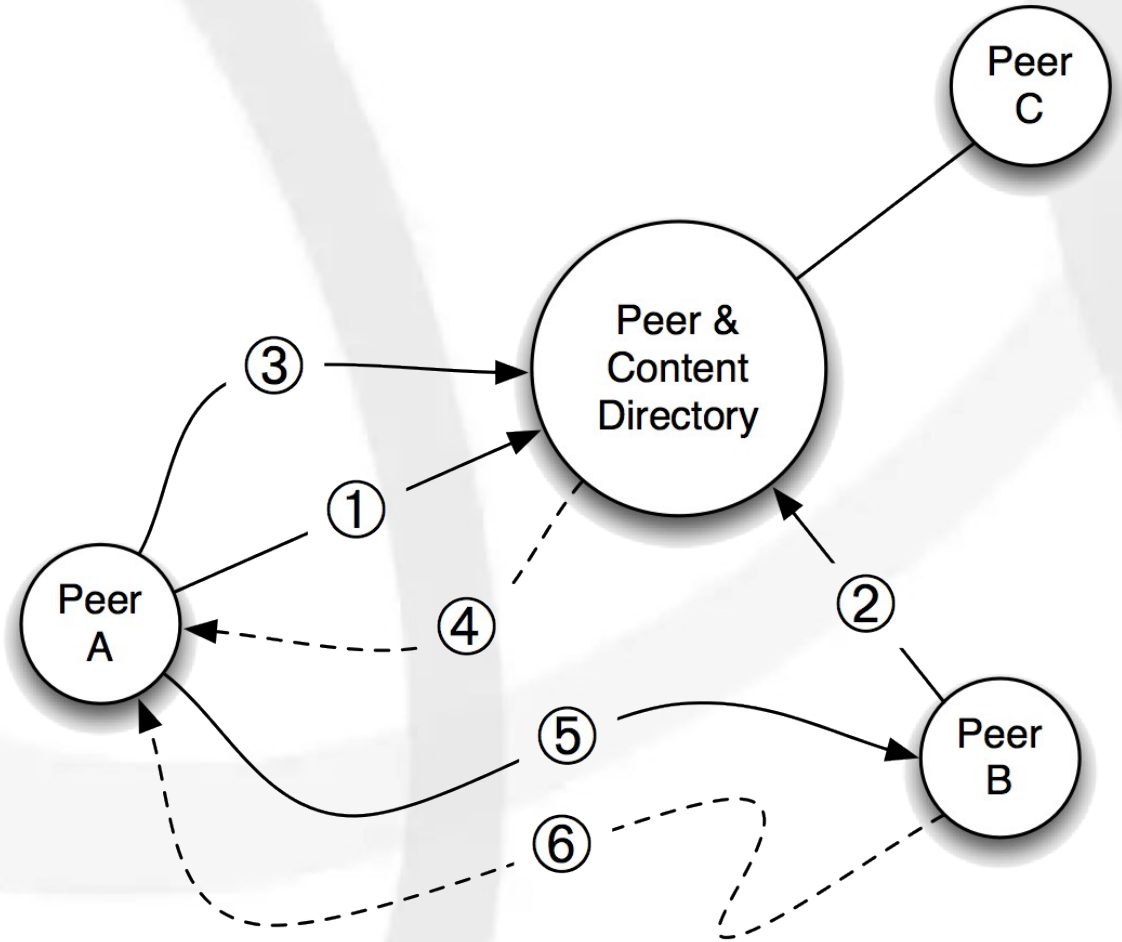
- Google – lições arquiteturais:
  - Uso abundante de camadas de abstração:
    - *GFS* – abstrai detalhes da distribuição dos dados e falhas
    - *MapReduce* – abstrai os detalhes da paralelização das operações
  - Desde o início, o projeto foi concebido de modo a lidar com falhas de processamento, armazenamento e comunicação → alta robustez
  - Escala é tudo, tudo é construído com escalabilidade como foco
  - Projeto especializado para o domínio → alto desempenho e baixo custo
  - Desenvolvimento de abordagem genérica (*MapReduce*) para extração/redução de dados → alto reuso

Arquiteturas Distribuídas e em Rede

- Google – lições arquiteturais:
  - As decisões surgiram de um profundo conhecimento sobre:
    - O que as aplicações do Google são
    - O que elas demandam
    - Os aspectos chave de *commonality* presentes

Arquiteturas Descentralizadas

- Napster – *Hybrid Client-Server / Peer-to-Peer*

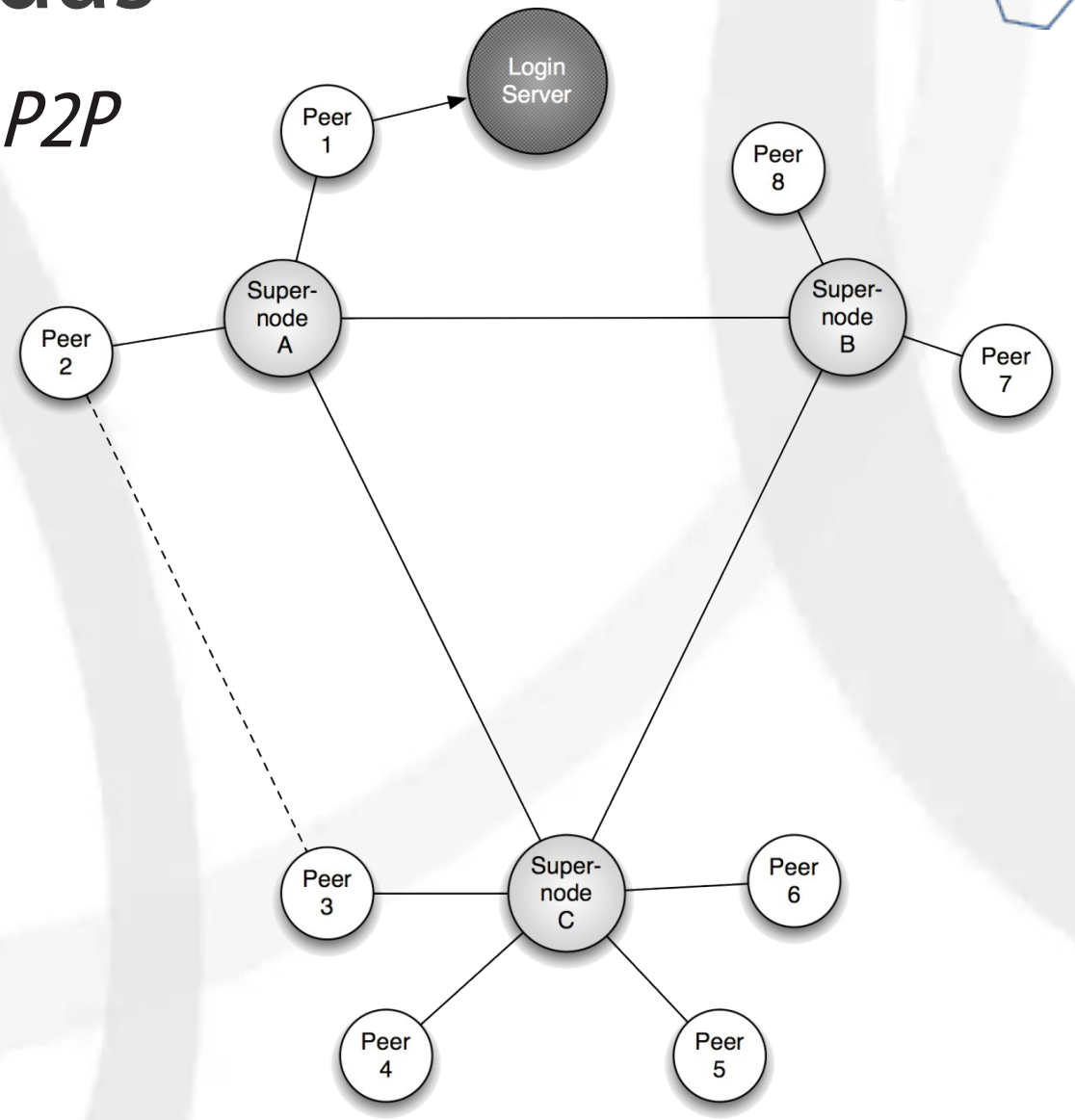


Arquiteturas Descentralizadas

- Napster – *Hybrid Client-Server / Peer-to-Peer*
- Considerações:
  - Qualquer peer atua ora como cliente (solicitando informações sobre músicas) ora como servidor (enviando a música ao solicitante)
  - Uso de protocolo proprietário para as interações entre peers e entre um peer e o diretório de conteúdo (limitando o tipo de arquivos a .mp3)
  - Uso do HTTP para receber conteúdo de um peer
  - Uma música altamente desejada sobrecarregaria o diretório de conteúdo
  - O diretório de conteúdo é um ponto único de falha

Arquiteturas Descentralizadas

- Skype – *Overlayed P2P*



Arquiteturas Descentralizadas

- Skype – *Overlayed P2P*
- Considerações:
  - Não há implementações open-source, o protocolo é proprietário e secreto. Binários são obtidos somente de *skype.com*
  - Inicialmente o usuário se registra/conecta no servidor de login do Skype e recebe um IP de um supernode. A partir daí a comunicação é P2P
  - Quando deseja-se verificar quem está on-line ou realizar uma ligação o peer emite uma consulta a um supernode
  - O supernode retorna o IP desejado ou repassa a requisição para outro supernode

Arquiteturas Descentralizadas

- Skype – *Overlayed P2P*
- Considerações:
  - O servidor de *login* está sob autoridade da *skype.com*
  - Os *supernodes*, entretanto, são *peers* convencionais que foram "promovidos" a supernodes devido a um bom histórico de conectividade de rede e poder de processamento

Arquiteturas Descentralizadas

- Skype – *Overlayed P2P*
- Lições arquiteturais:
  - Arquitetura híbrida (*client-server / P2P*) → otimização do problema da descoberta de recursos
  - Replicação e distribuição dos diretórios, sob a forma de *supernodes* → melhor escalabilidade e robustez
  - "Promoção" de *peers* ordinários a supernodes → outro aspecto do desempenho: não é qualquer peer que se torna um supernode. Pode-se adicionar mais supernodes a depender da demanda
  - Protocolo proprietário com criptografia → privacidade
  - Restrição a clientes obtidos somente no *skype.com* e implementados de modo a impedir inspeções ou modificações → ausência de clientes maliciosos

Arquiteturas Descentralizadas

- BitTorrent – *Resource Trading P2P*
  - Arquitetura especializada para atender metas particulares
  - Meta principal: suportar a replicação rápida de arquivos grandes em *peers* individuais, sob demanda
  - Estratégia: tentar maximizar o uso de todos os recursos disponíveis de modo a minimizar a sobrecarga de um participante específico (o que não acontece no Napster e Gnutella), melhorando a escalabilidade
  - Um *peer* recebe o arquivo em partes, obtidas de diferentes *peers* e re-integradas ao final
  - Um *peer* faz o *download* e, ao mesmo tempo, pode já fornecer as partes que ele possui:
  - Contexto = muitos *peers* simultaneamente interessados em obter uma cópia do arquivo

Arquiteturas Descentralizadas

- BitTorrent – *Resource Trading P2P*
- Lições arquiteturais:
  - A responsabilidade da descoberta de conteúdo está fora do escopo do BitTorrent
  - Uma máquina centralizada (*tracker*) coordena a entrega de um arquivo a um conjunto de *peers* interessados. Entretanto, está máquina não realiza transferências
  - *Peers* interagem com o *tracker* para identificar os outros peers com os quais eles se comunicam para realizar o *download*
  - Meta-dados descrevem como o arquivo é dividido, os atributos de cada parte e a localização do *tracker*
  - Cada *peer* determina i) a próxima parte a ser obtida e ii) de qual *peer* obter a parte
  - Todo *peer* conhece quais *peers* contém quais partes do arquivo
  - Se um *peer* só realiza *download*, sem disponibilizar as partes para *upload*, sua prioridade de obtenção de partes é reduzida

Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br