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

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

- 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

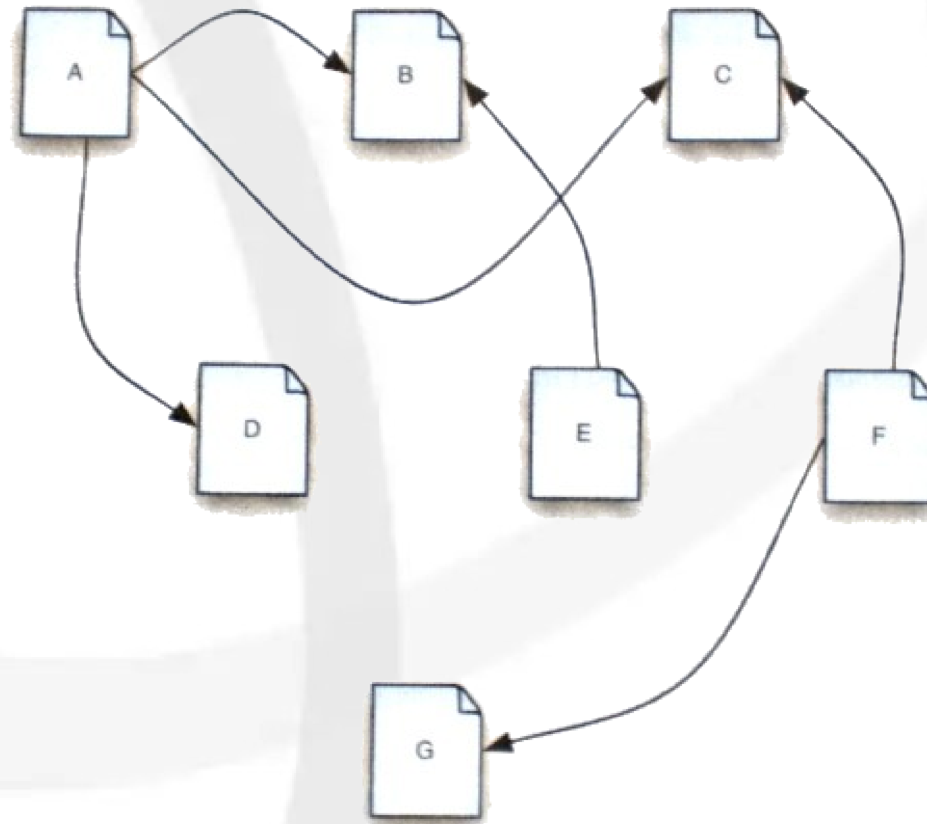
- Resumindo:
  - A arquitetura do *software* deve ser o centro do projeto e desenvolvimento de sistemas, mais importante que o processo, análise e até mesmo programação
  - Ao dar proeminência à arquitetura obtém-se: controle intelectual, integridade conceitual, base adequada e efetiva para reuso, comunicação 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

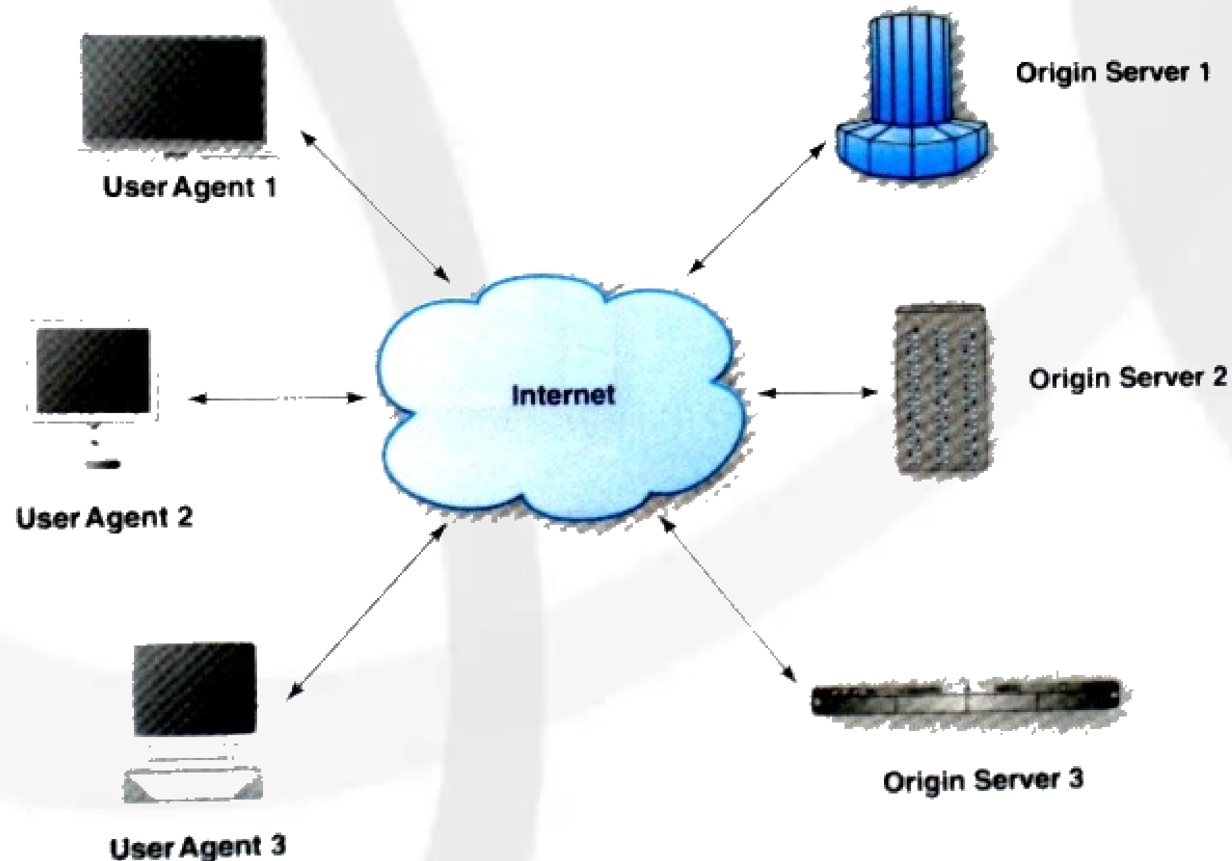
Exemplos

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



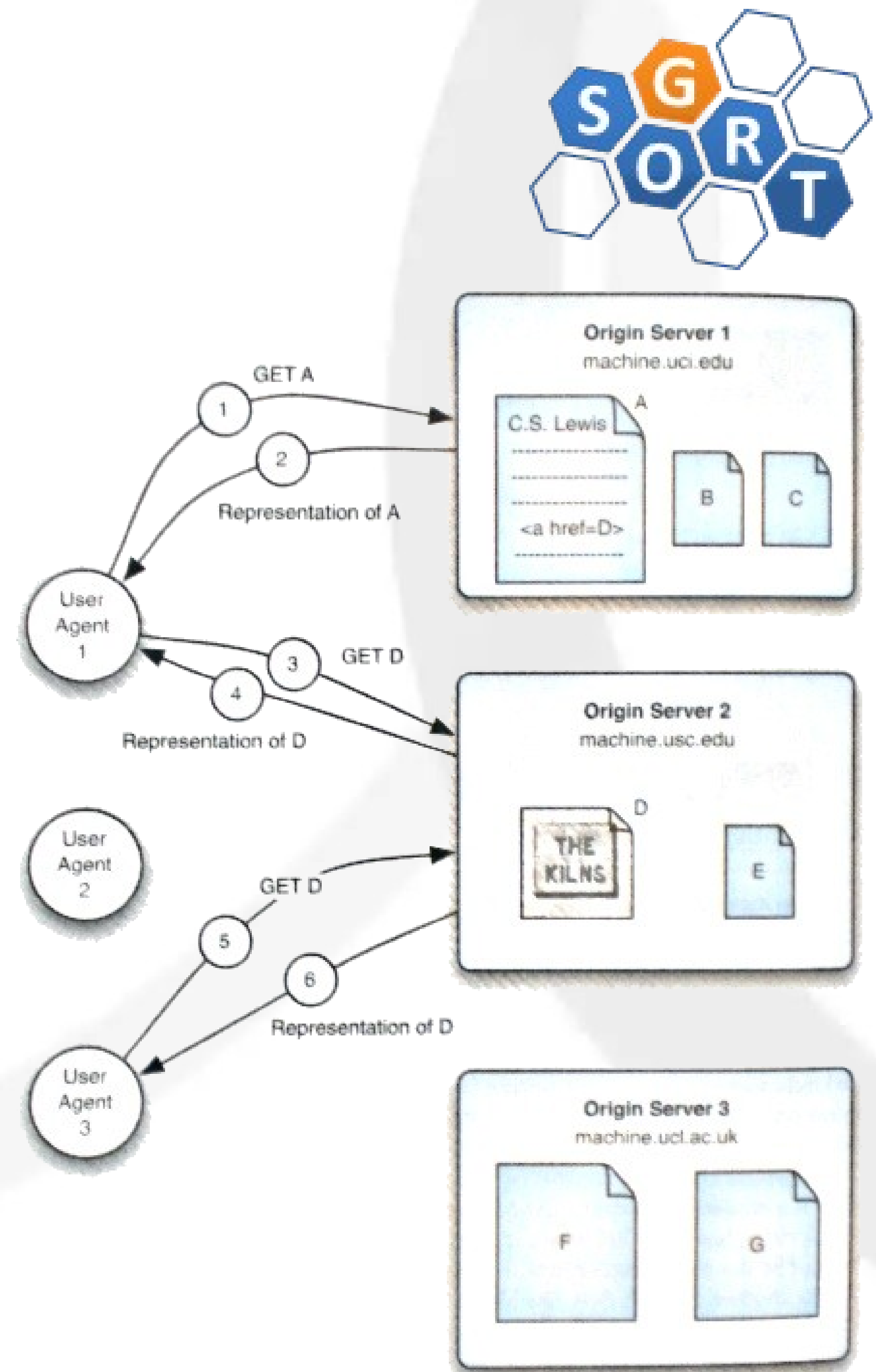
Exemplos

- 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

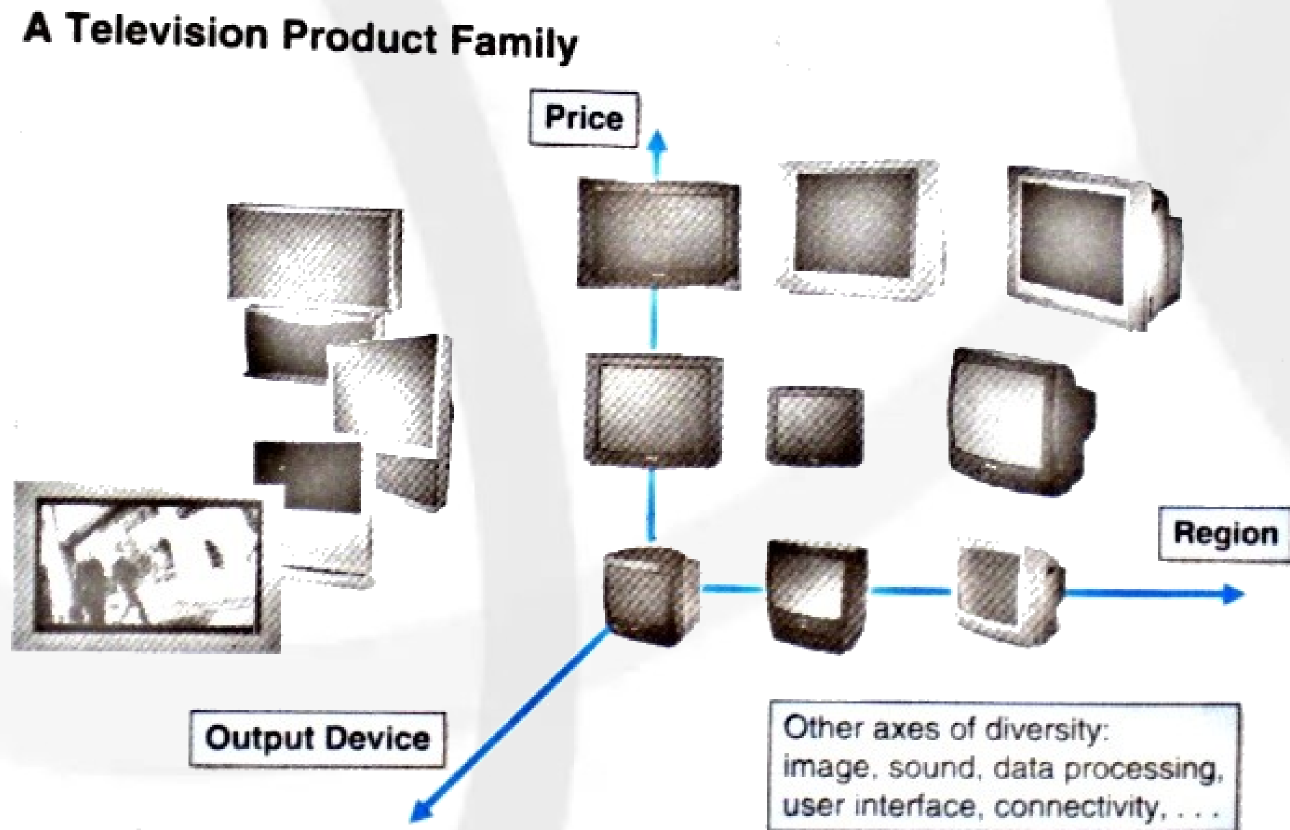
- Pipe-and-Filter no Blender

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

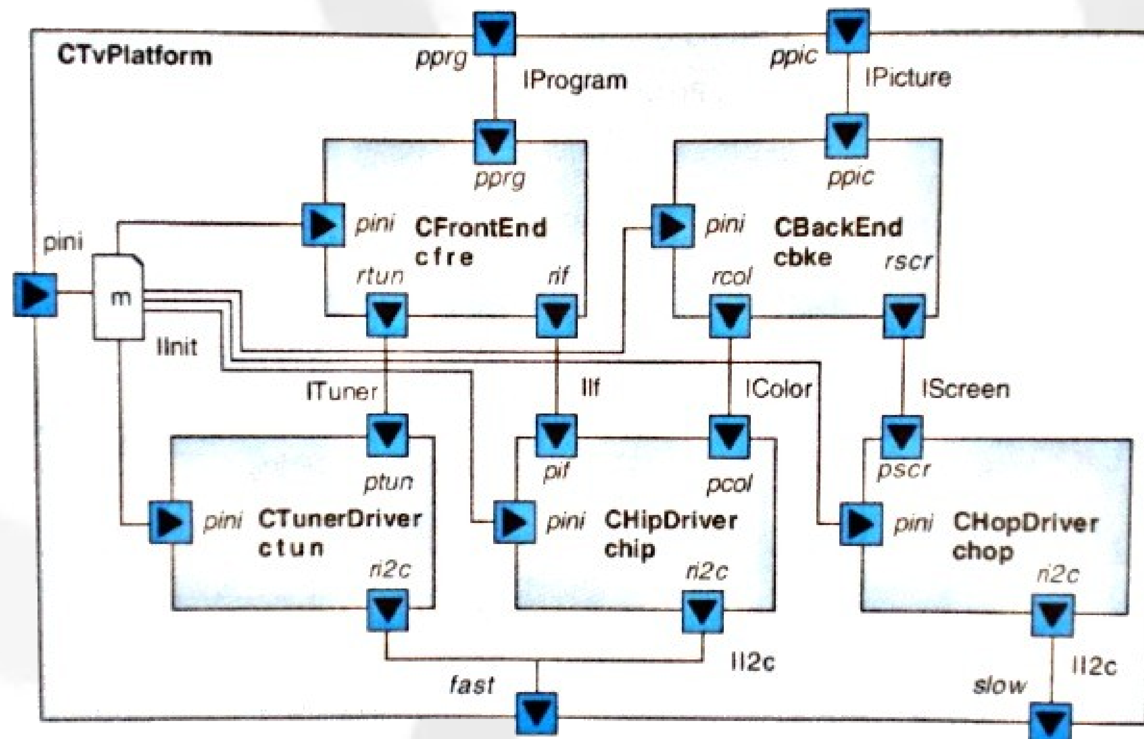


Exemplos

- 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*

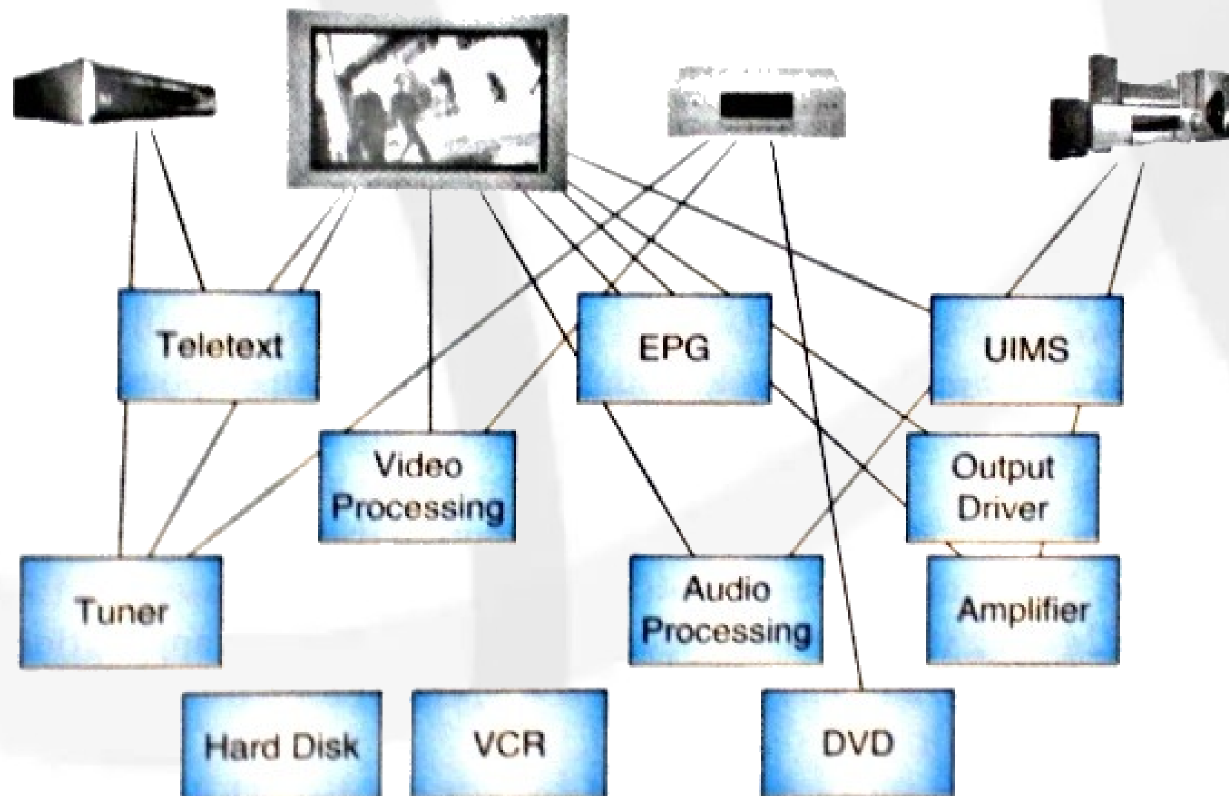
Exemplos

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



Exemplos

- Koala: população de produtos



Exemplos

- Famílias de produtos demandam mudanças nos processos e práticas organizacionais
- A abordagem padrão de desenvolvimento não suporta linhas de produto de forma eficiente
- O Koala é a manifestação concreta da experiência corporativa, conhecimentos e vantagens competitivas da empresa
- Arquiteturas de *software* evitam a dependência de uma estrutura social (permanência de funcionários, etc) e suportam o alcance de níveis maiores de produtividade

Exemplos

- Exemplo 4: The REpresentational State Transfer (REST)

Multiple equivalent sources promote efficiency and robustness

Replicated Repository

Layered System/ Virtual Machines

Small number of common interfaces demanded of all participants

(Small) Common Interface

Client Server (CS)

Data element decisions

Server requests always independently processable

Enable intermediate processing

Limit replication (e.g. to requested info)

Mobile code enables dynamic client extension

Cache ($)

"Context Free" CS (CFCS)

Layered CS (LCS)

Code on Demand (COD)

Cached CSS (CFCS$)

LCFCS$

LCFCS $COD

REST

Exemplos

- Exemplo 5: 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

Exemplos

- Exemplo 5: 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)

Exemplos

- Exemplo 5: 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

Exemplos

- Exemplo 5: 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

Exemplos

- Exemplo 5: 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

Exemplos

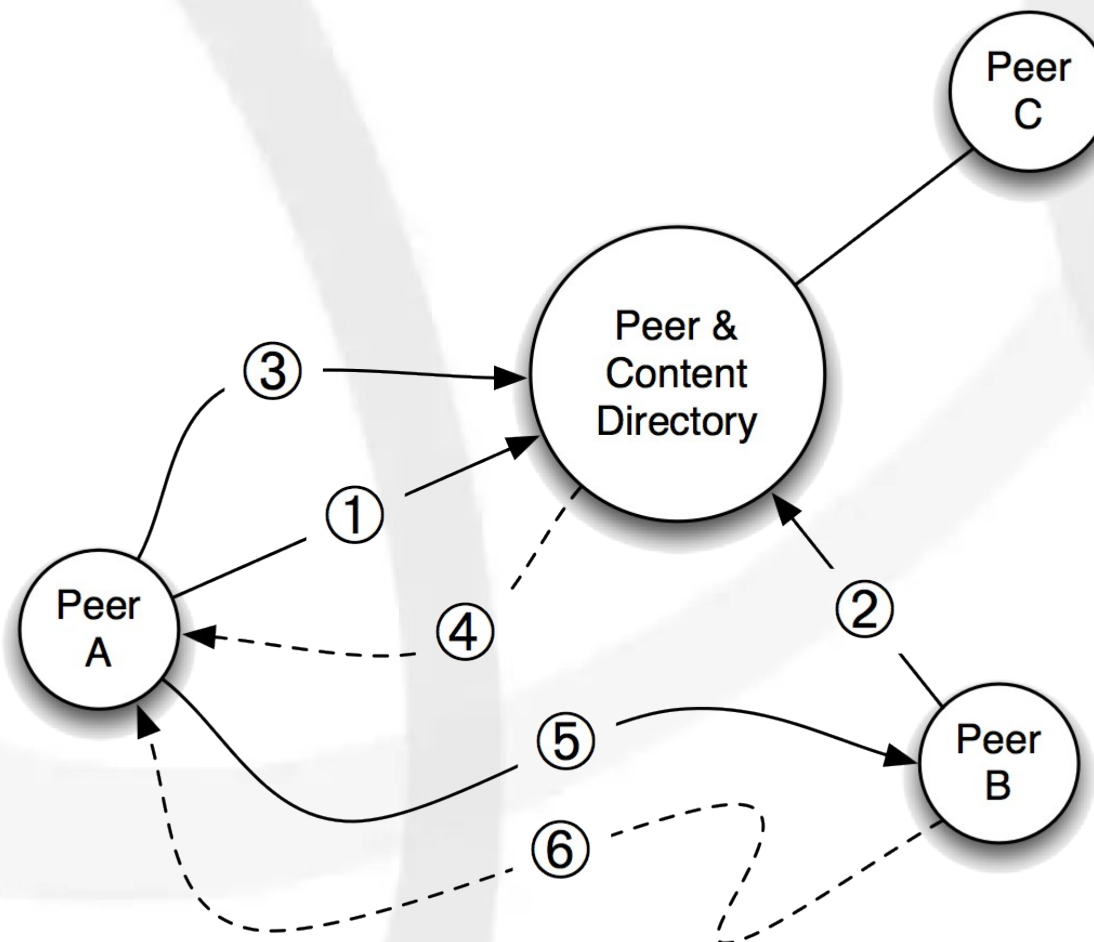
- Google – lições arquiteturais:
  - Uso abundante de camadas de abstração:
    - *GFS* – abstrai detalhes da distribuição dos dados e falhas
    - *MapReduce* – abstrai os detalhes da paralelização das operações
  - Desde o início, o projeto foi concebido de modo a lidar com falhas de processamento, 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

Exemplos

- 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

Exemplos

- Exemplo 6: Napster – *Hybrid Client-Server / Peer-to-Peer*



Exemplos

- Exemplo 6: 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

Exemplos

- Exemplo 7: 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

Exemplos

- Exemplo 7: 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

Exemplos

- Exemplo 7: 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

Exemplos

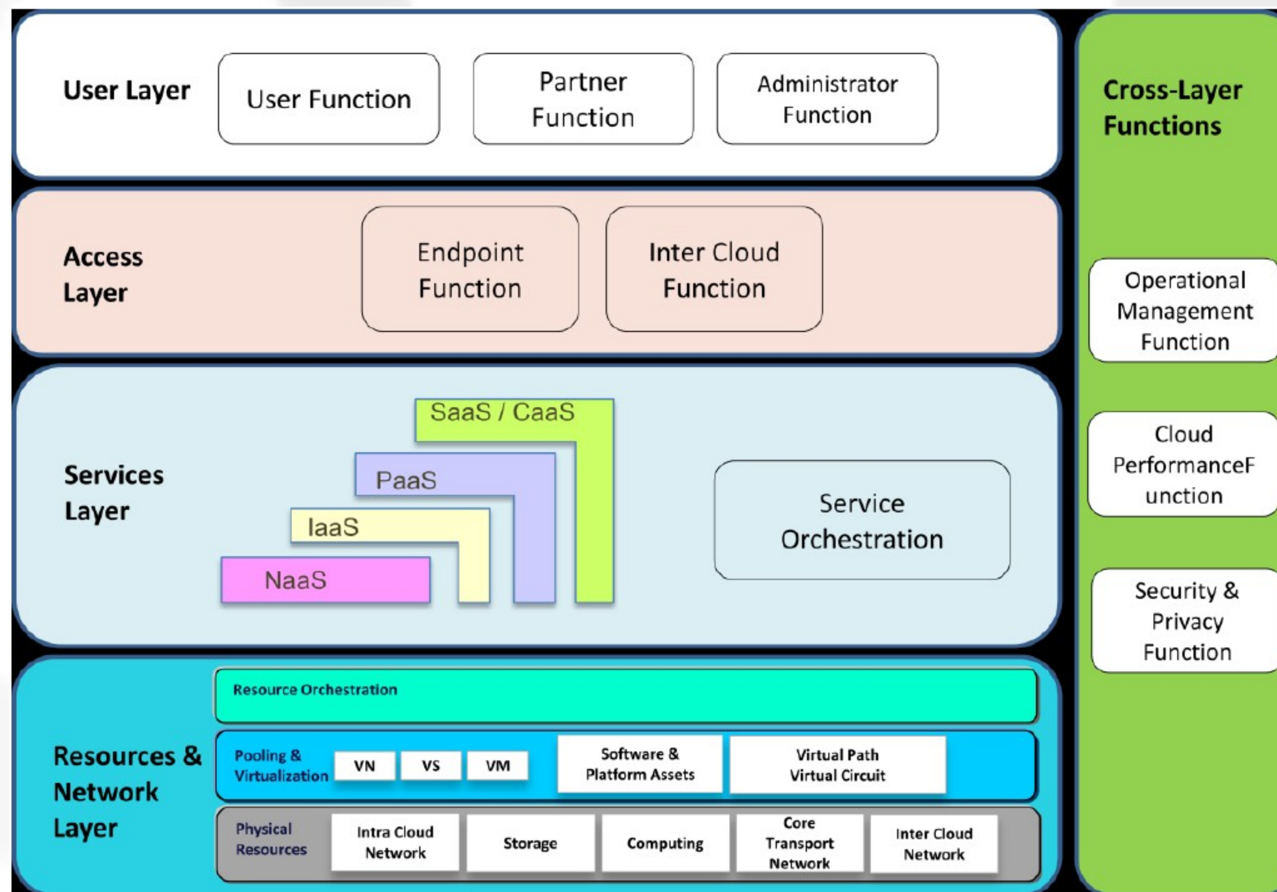
- Exemplo 8: BitTorrent – *Resource Trading P2P*
  - Arquitetura especializada para atender metas particulares
  - Meta principal: suportar a replicação rápida de arquivos grandes em *peers* individuais, sob demanda
  - Estratégia: tentar maximizar o uso de todos os recursos disponíveis de modo a minimizar 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 são 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

Exemplos

- Exemplo 8: 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

Exemplos

- Exemplo 9: Cloud computing – arquiteturas de referência - ITU



Exemplos

- Exemplo 9: Cloud computing – arquiteturas de referência - IBM

Cloud Service Consumer
Cloud Service Integration Tools
Consumer In-house IT

Cloud Service Provider
Cloud Services
Existing & 3rd party services, Partner Ecosystems
BPaaS
SaaS
PaaS
IaaS

Common Cloud Management Platform
Service Manager
Business Manager
Service Consumer Portal & API
OSS – Operational Support Services
Service Delivery Catalog
Service Automation Management
Service Request Management
Change & Configuration Management
Image Lifecycle Management
Provisioning
Incident & Problem Management
IT Service Level Management
Monitoring & Event Management
IT Asset & License Management
Capacity & Performance Management
Platform & Virtualization Management
BSS – Business Support Services
Customer Account Management
Service Offering Catalog
Service Offering Management
Contracts & Agreement Management
Service Request Management
Order Management
Subscription Management
Pricing
Entitlement Management
Metering
Rating
Billing
Clearing & Settlement
Accounts Payable
Accounts Receivable
Service Development Portal & API
Service Provider Portal & API
Deployment Architect
Transition Manager
Operations Manager
Security & Risk Manager
Customer Care
Infrastructure

Cloud Service Creator
Service Creation Tools

Security, Resiliency, Performance & Consumability
Governance

Figure 5: IBM CC RA – CCMP Details

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

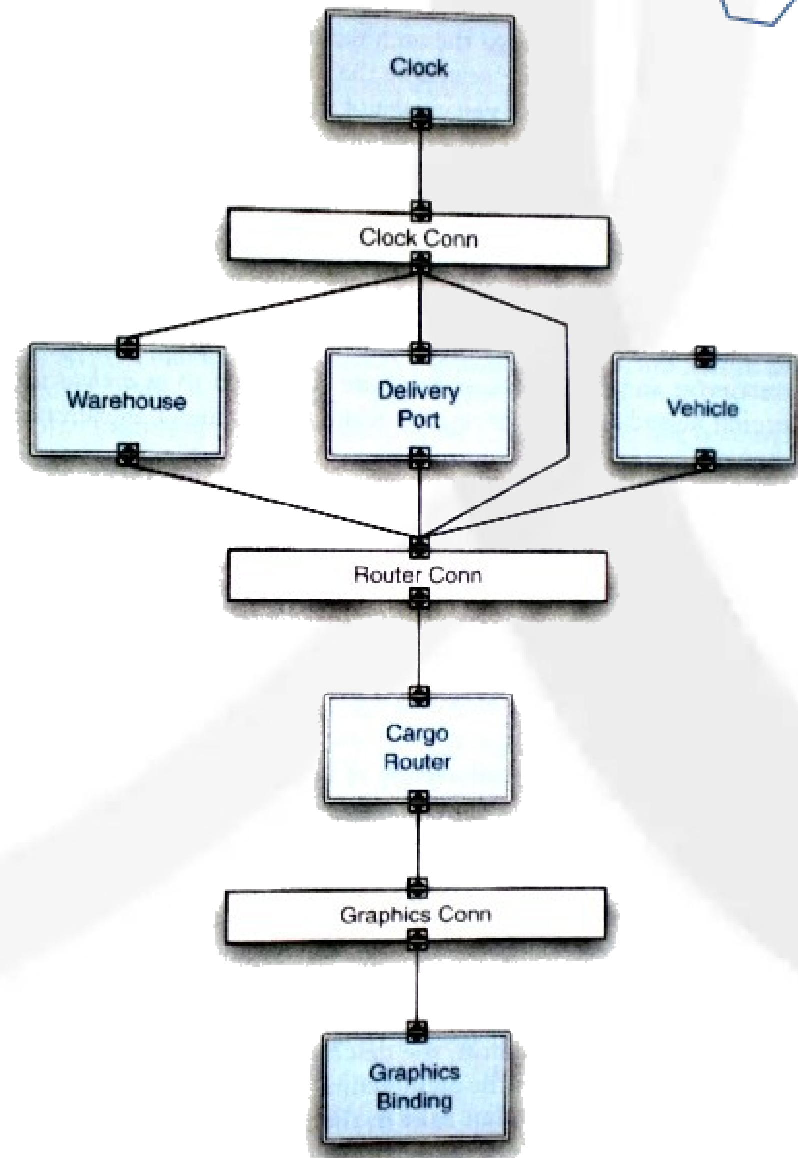
- Visão arquitetural:
  - Tem como objetivo destacar determinados aspectos de uma arquitetura ao mesmo tempo em que omite outros

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

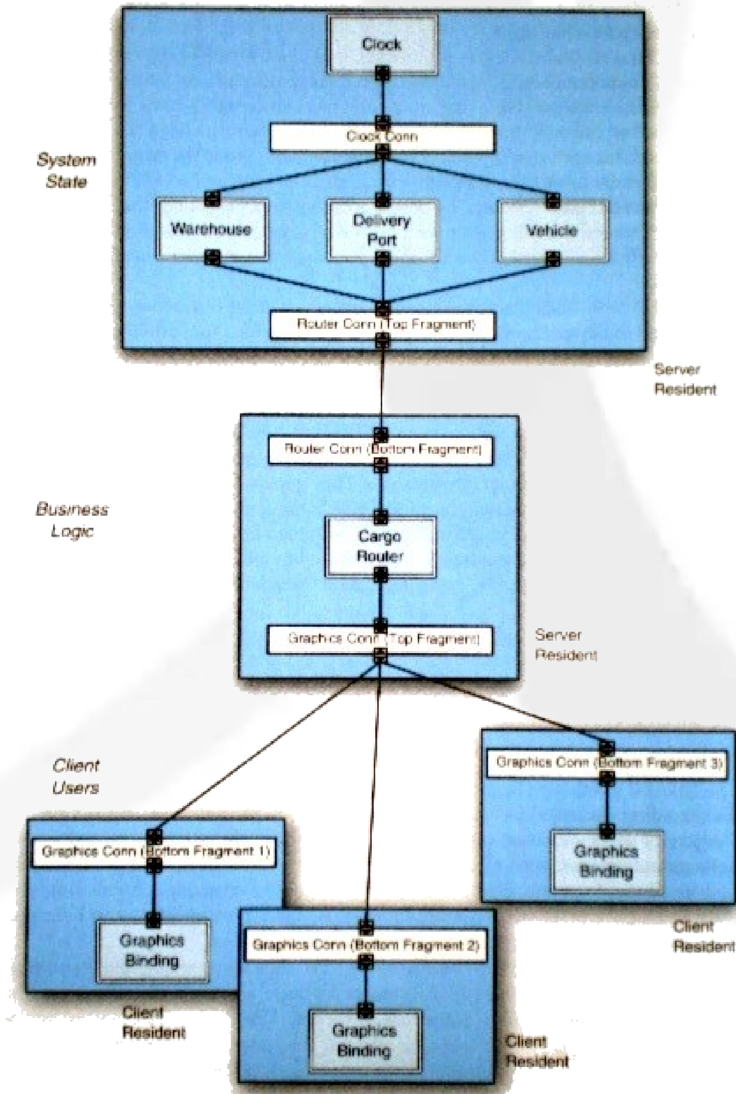
Visão Arquitetural

- 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 são 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

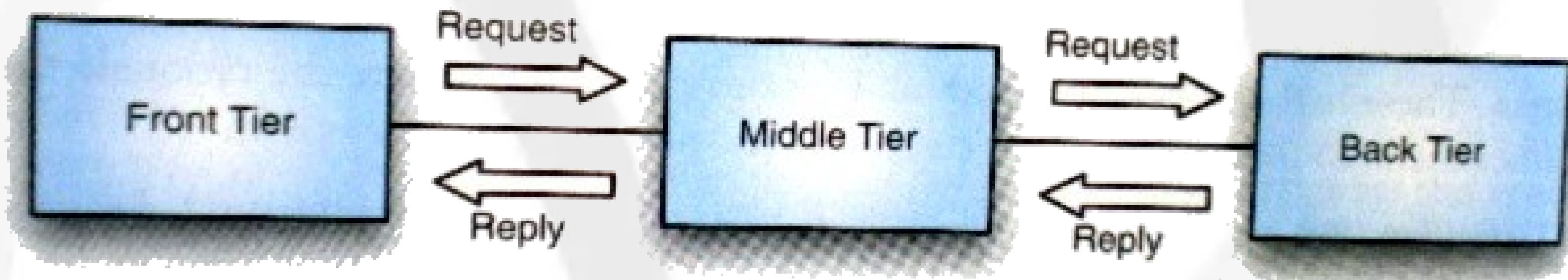
- As definições de estilo e padrão arquitetural são parecidas, nem sempre poderemos fazer a distinção com clareza
- Porém, estilos e padrões diferem em alguns aspectos
  - Escopo: estilos se aplicam a um contexto de desenvolvimento (ex: sistemas altamente distribuídos, sistemas *GUI-intensive*), enquanto 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

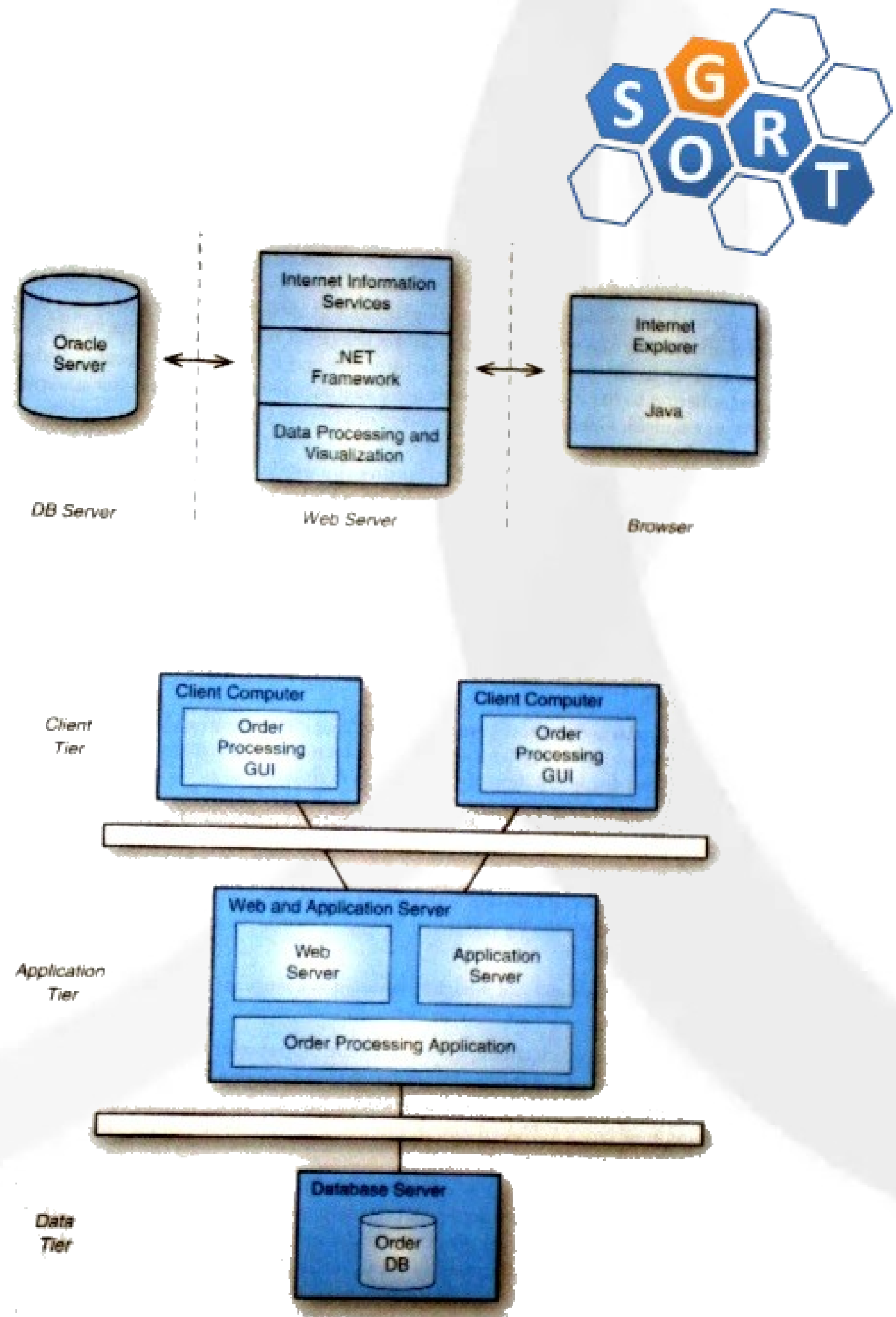
- Exemplo de padrão arquitetural:
  - Sistema em três camadas: parâmetros
    - Quais facilidades para interface de usuário, processamento, armazenamento e acesso a dados – específicos da aplicação – são necessários ?
    - Como elas devem ser organizadas dentro de cada camada ?
    - Quais mecanismos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

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

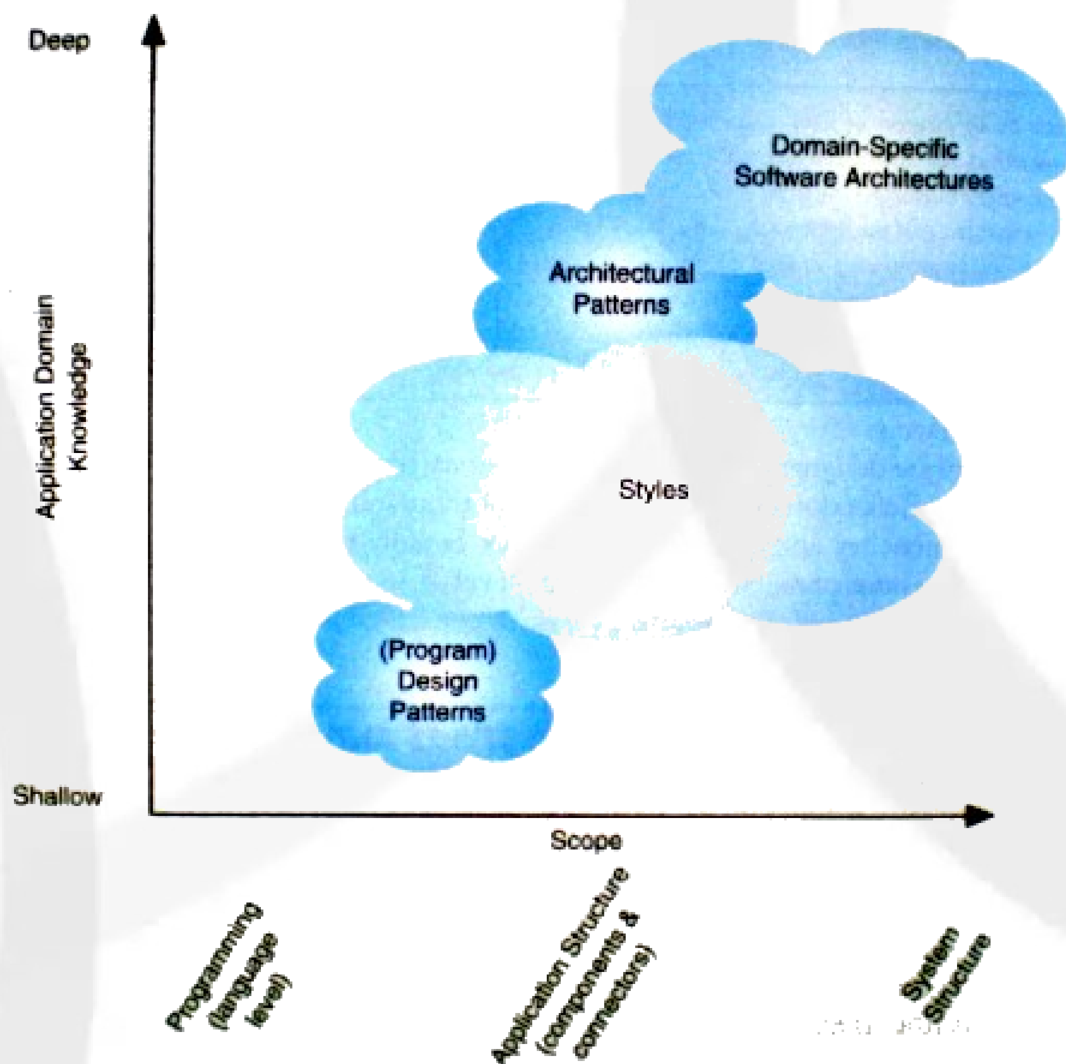
Estilos e Padrões Arquiteturais

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

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*

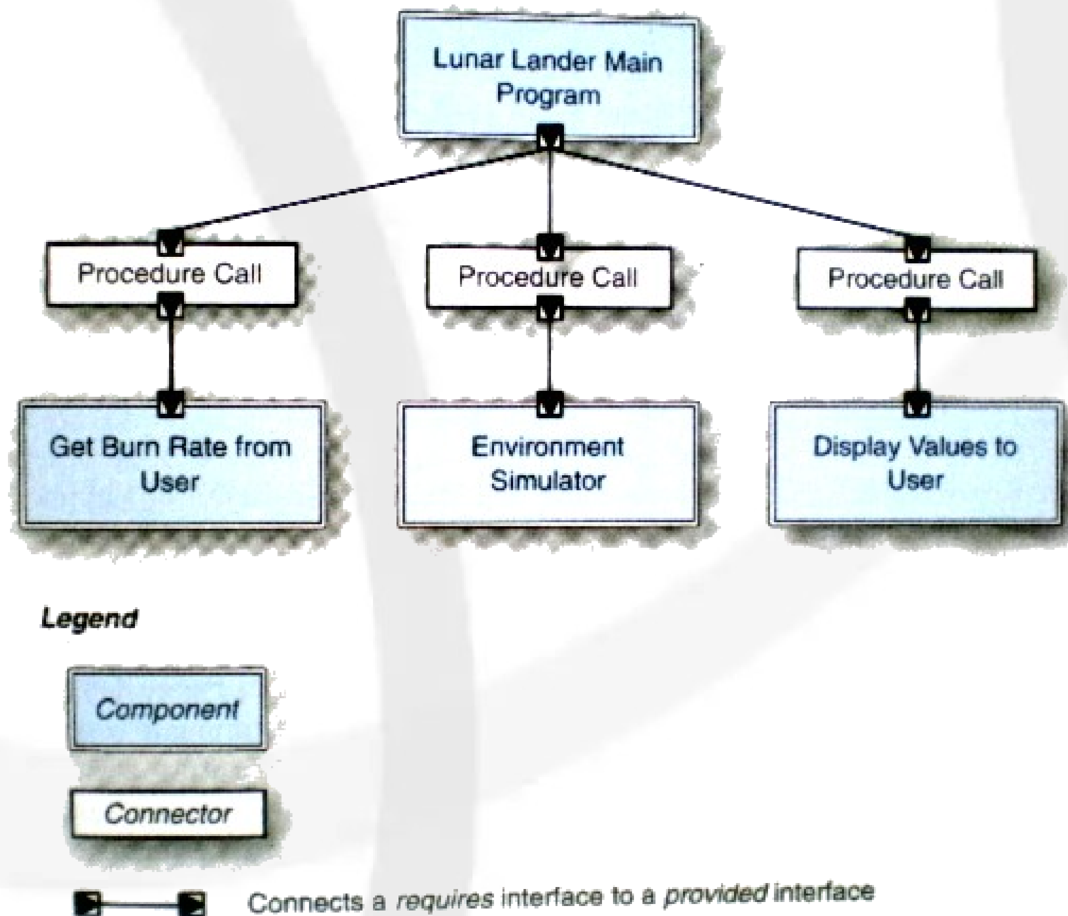
Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

- *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):

GUI-Get/Display Information

Procedure Call

Procedure Call

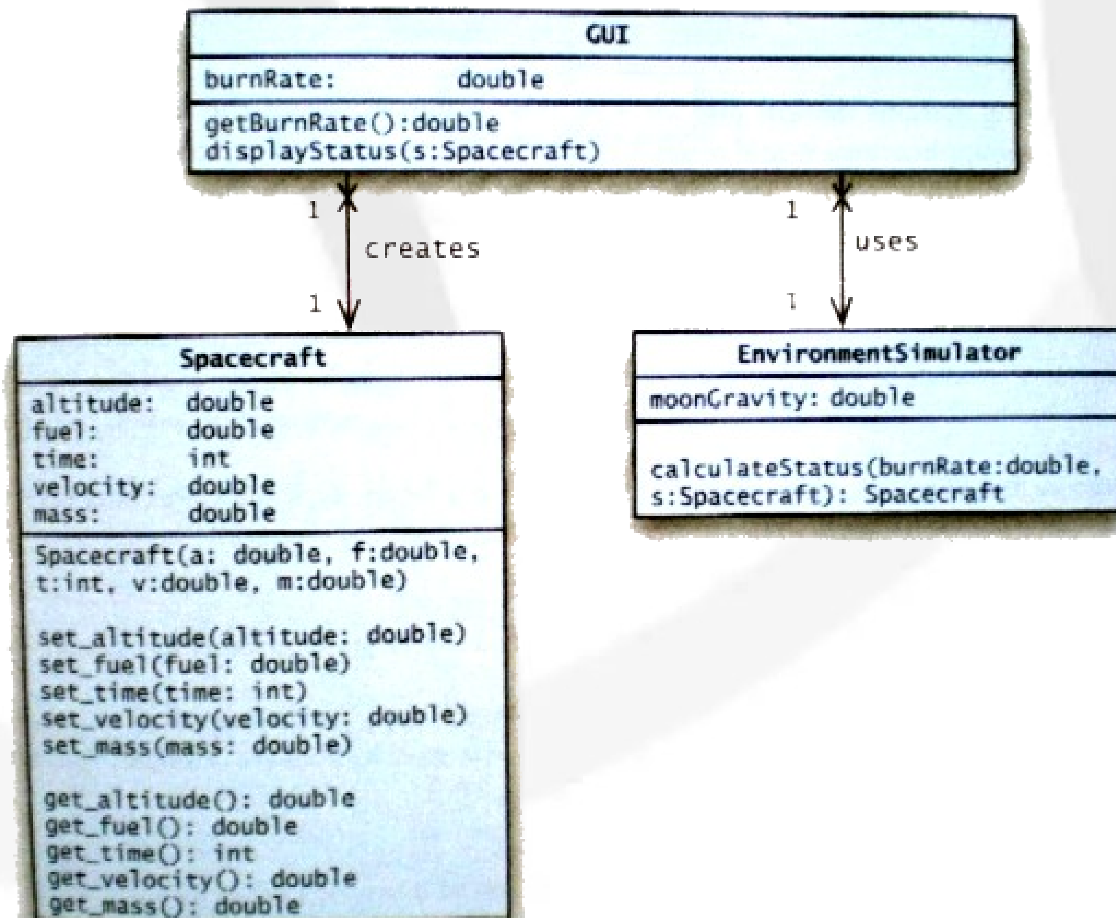
Procedure Call

Spacecraft

Environment Simulator

Estilos Arquiteturais
Influenciados por Linguagens

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



Estilos Arquiteturais
Em Camadas

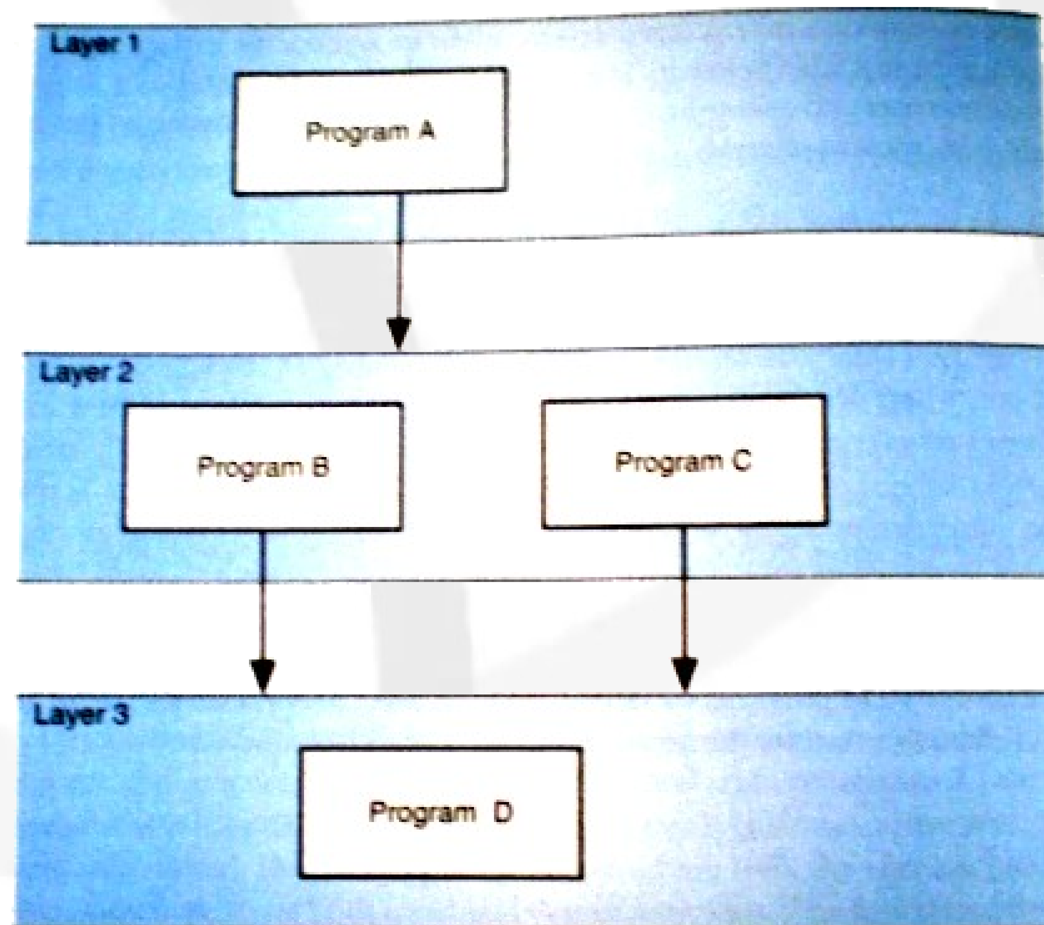
- A arquitetura é separada em camadas ordenadas, onde um programa de uma camada pode solicitar serviços de uma camada inferior
- Exemplos:
  - Arquiteturas de sistemas operacionais
  - *Client-Server*

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

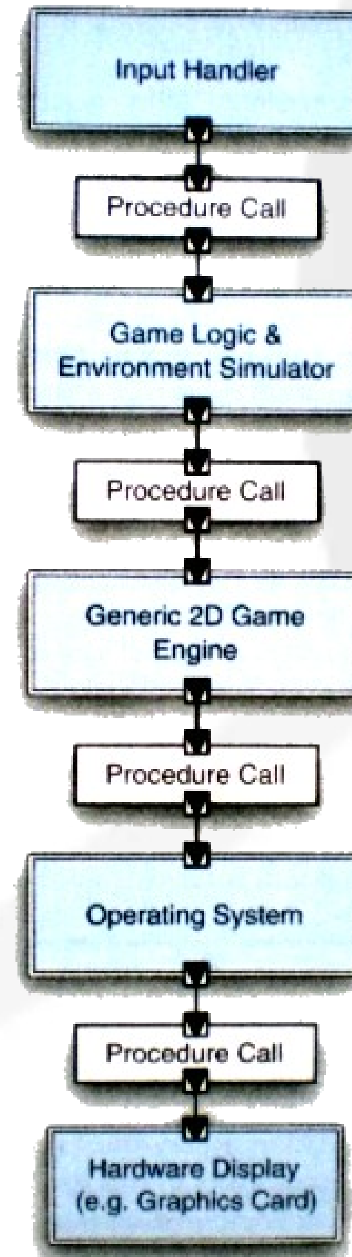
Estilos Arquiteturais
Em Camadas

- *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):

Client 1
Get/Display Info
Graphics Processing

Client 2
Get/Display Info
Graphics Processing

Client *n*
Get/Display Info
Graphics Processing

Remote Procedure Call
(Procedure Call +
Distributor)

Remote Procedure Call
(Procedure Call +
Distributor)

Remote Procedure Call
(Procedure Call +
Distributor)

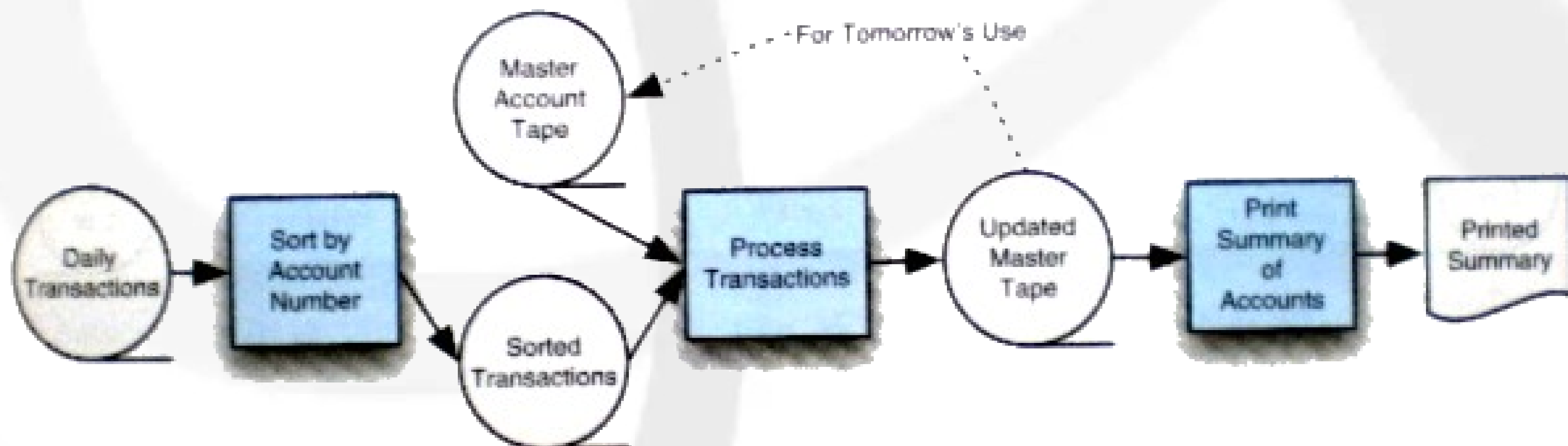
Server:
Game State
Game Logic
Environment Simulation

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



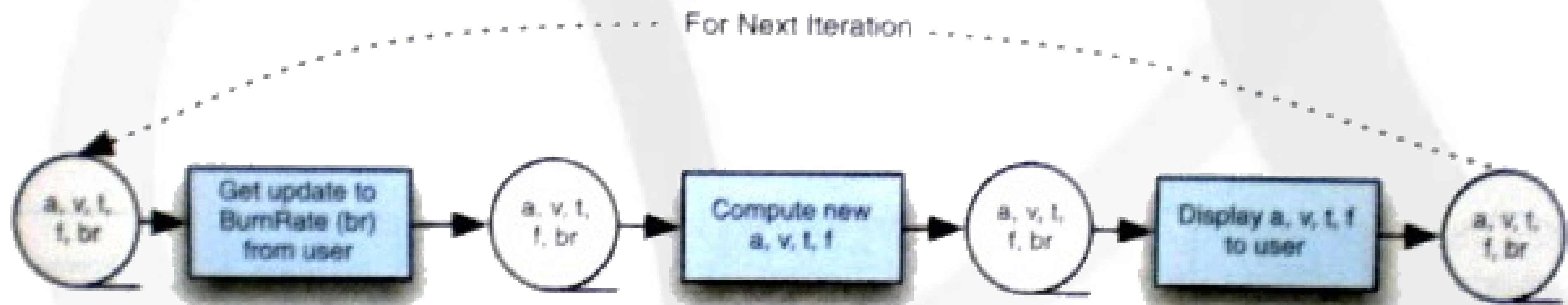
Estilos Arquiteturais
Baseados em Fluxos de Dados

- *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):

Get Burn Rate from User

Display Value

Compute New Values and Update

Data Access

Blackboard
(Data Stored: altitude, burnRate, fuel, time, velocity)

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

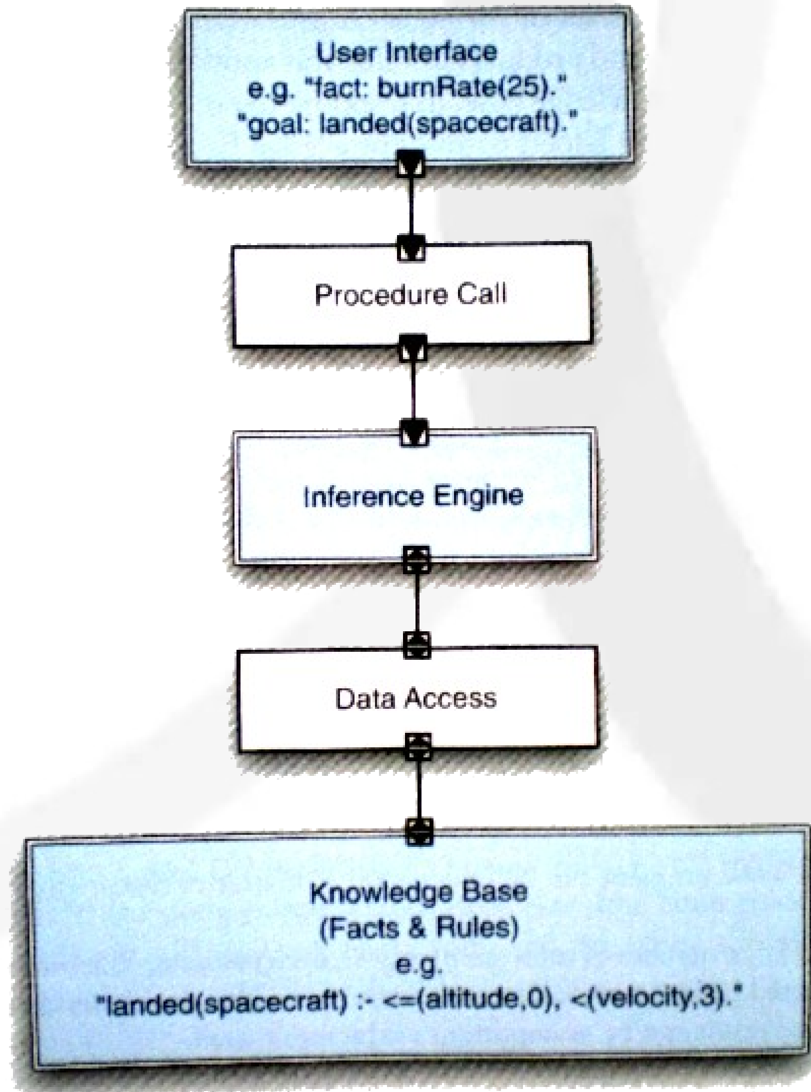
Estilos Arquiteturais
Com Memória Compartilhada

- *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

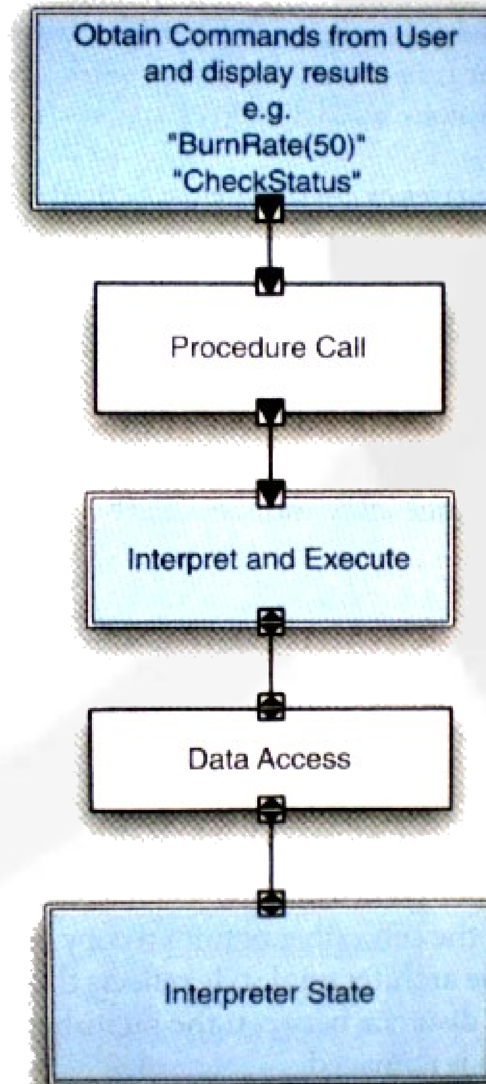
Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *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

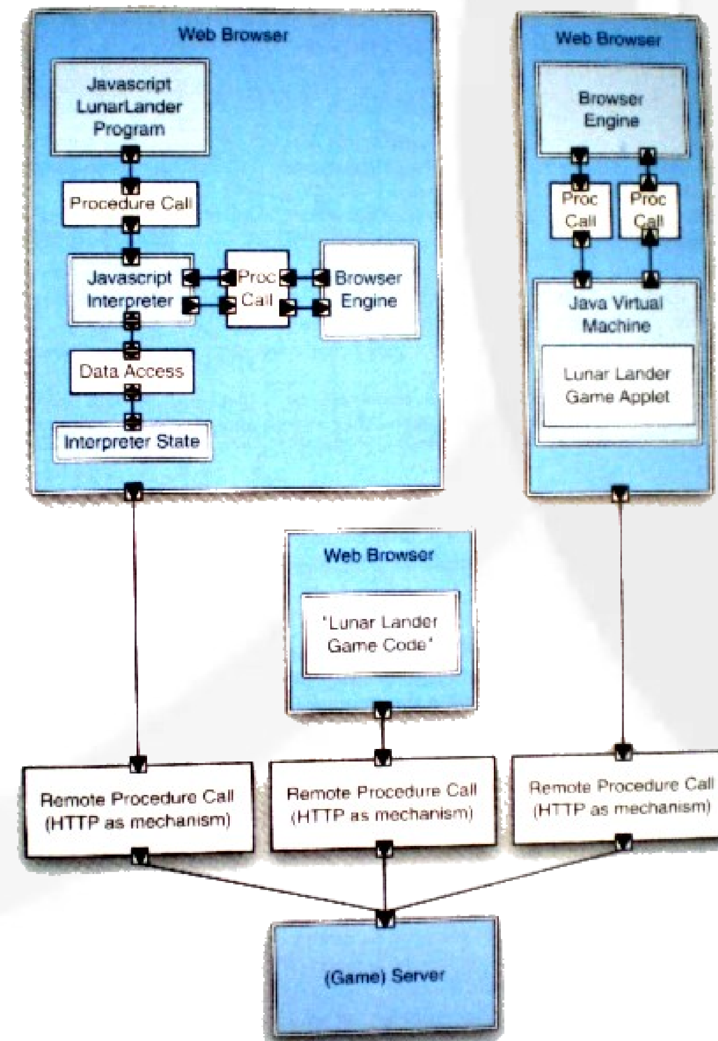
Estilos Arquiteturais
Baseados em Interpretadores

- *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

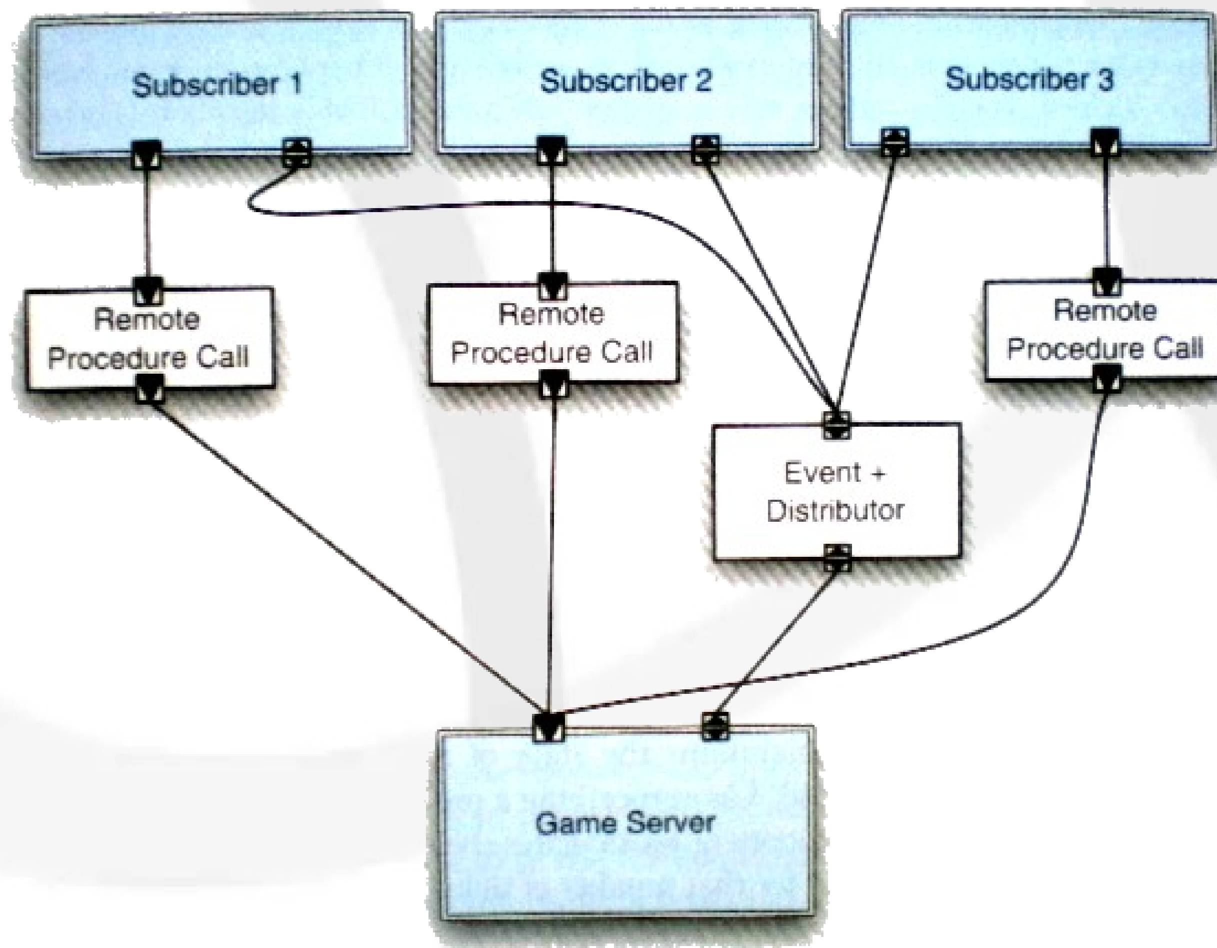
Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *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

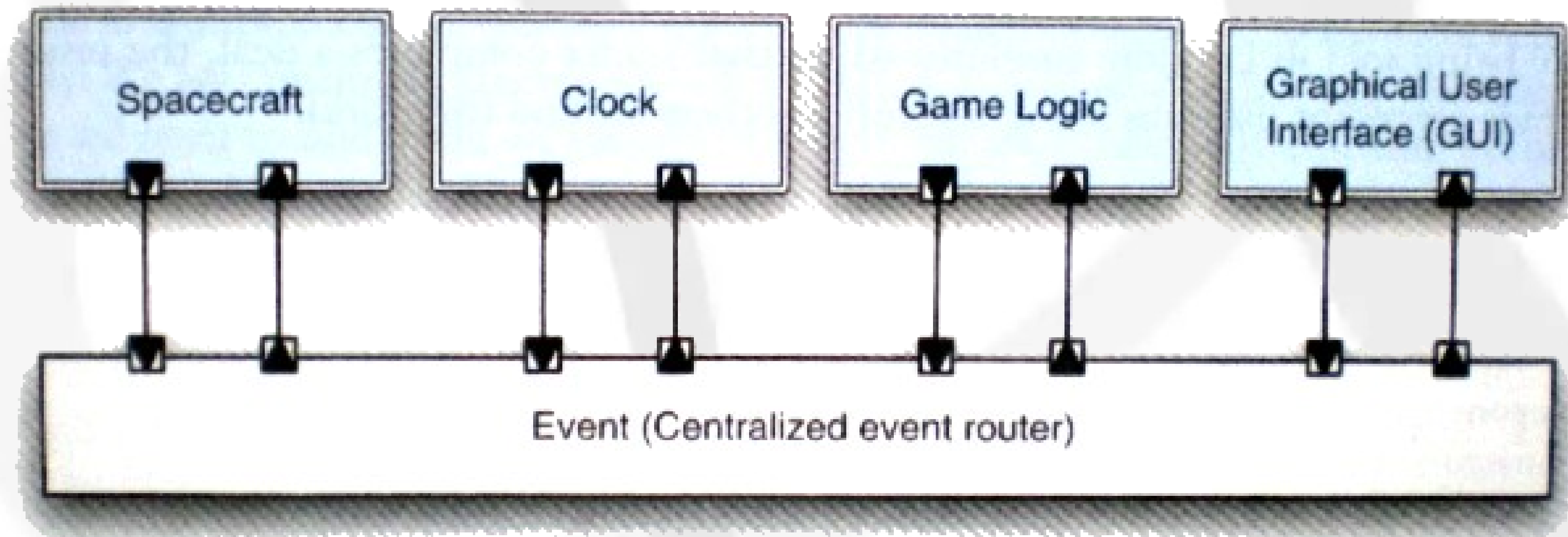
Estilos Arquiteturais
Baseados em Invocação Implícita

- *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

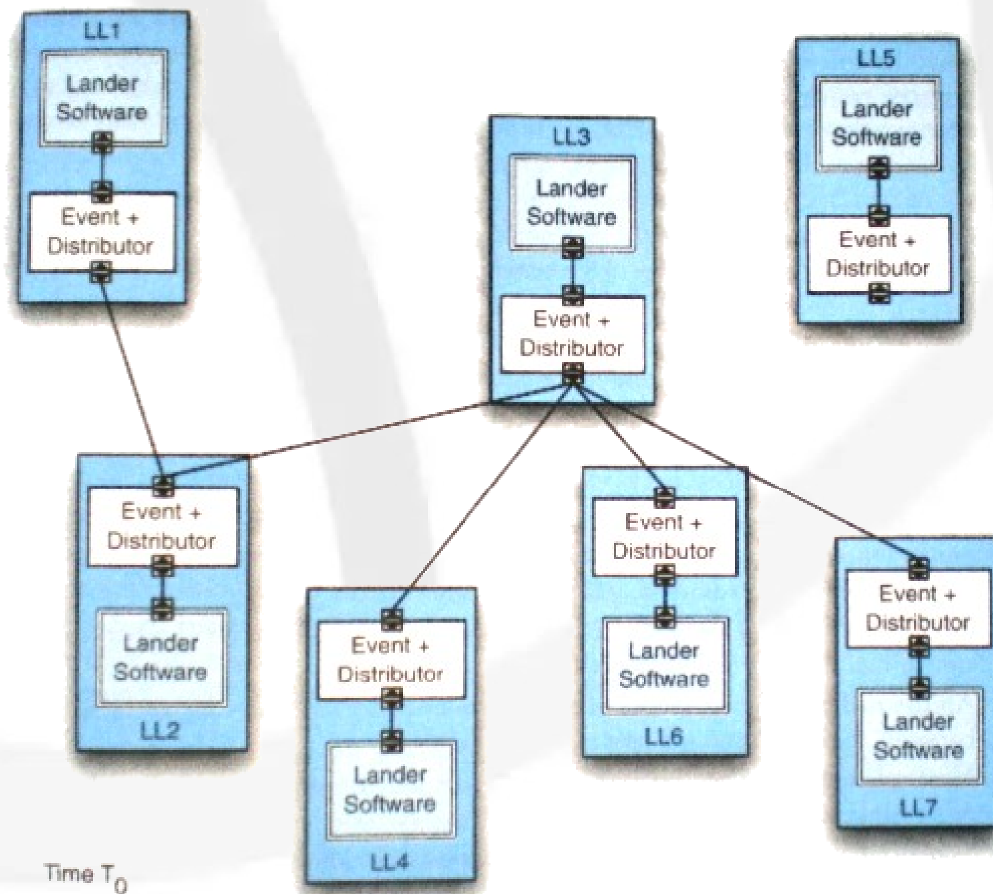
Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *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):

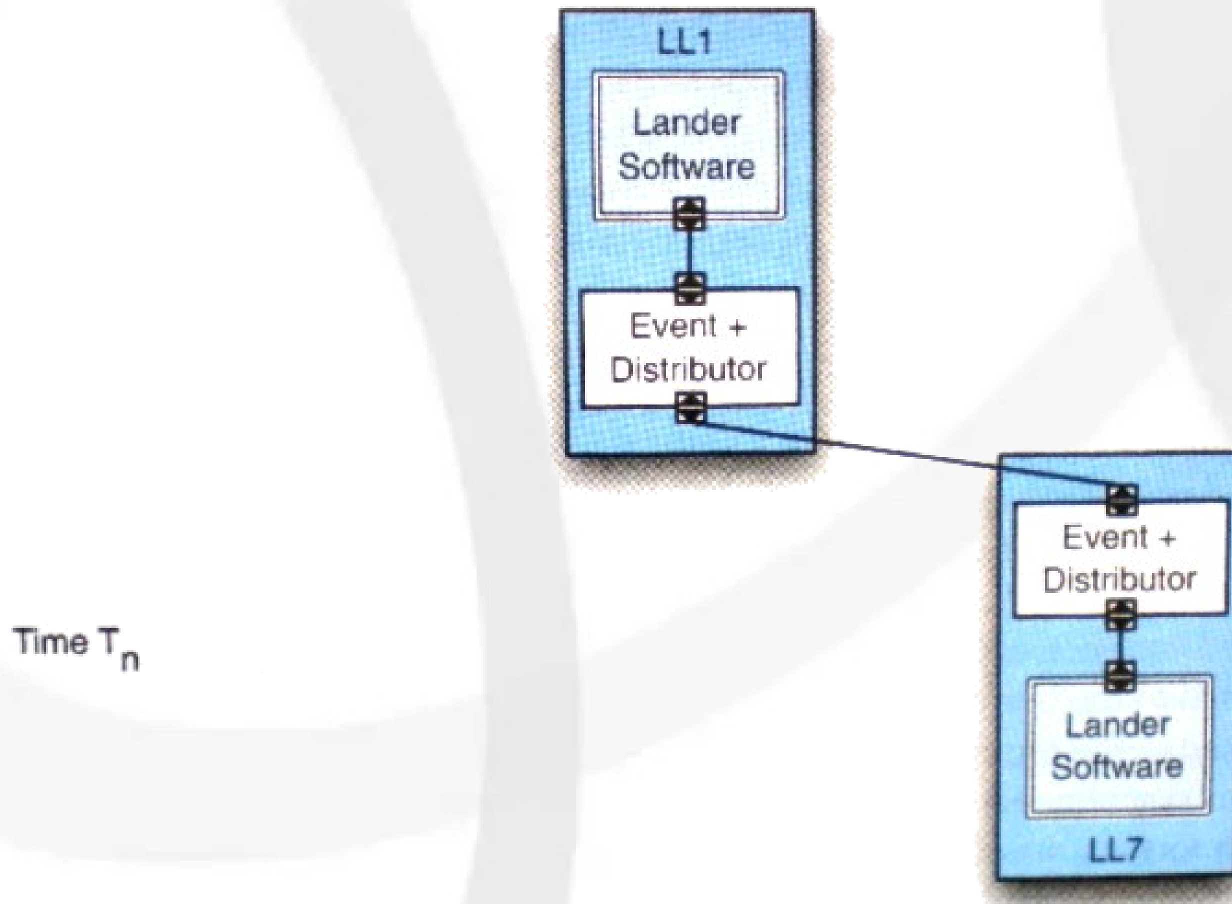


Estilos Arquiteturais
Peer-to-Peer

- *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) Stream
  5) Arbitrator
  6) Adaptor
  7) 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

Service	Type	Dimension	Subdimension	Value
Communication Coordination	Procedure call	Parameters	Data transfer	Reference
				Value
				Name
			Semantics	Default values
				Keyword parameters
				Inline parameters
			Return values	
			Invocation record	Push from L to R
				Push from R to L
				Hash table
		Entry point	Multiple	
			Single	
		Invocation	Explicit	Method call
				Macro call
				Inline
				System call
			Implicit	Exceptions
				Callbacks
				Delegation
		Synchronicity		Asynchronous
				Synchronous
		Cardinality	Fan out	
			Fan in	
		Accessibility		Private
				Protected
				Public

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

Service	Type	Dimension	Subdimension	Value
Communication Coordination	Event	Cardinality	Producers	
			Observers	
			Event patterns	
		Delivery		Best effort
				Exactly once
				At most once
				At least once
		Priority	Outgoing	
			Incoming	
		Synchronicity		Synchronous
				Asynchronous
				Time out synchronous
		Notification		Polled
				Publish/subscribe
				Central update
				Queued dispatch
		Causality		Absolute
				Relative
		Mode	Hardware	Page faults
				Interrupts
				Traps
			Software	Signals
				GUI input/output
				Triggers

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

Service	Type	Dimension	Subdimension	Value
Communication Conversion	Data Access	Locality		Thread specific
				Process specific
				Global
		Access		Accessor
				Mutator
		Availability	Transient	Register
				Cache
				DMA
				Heap
				Stack
			Persistent	Repository access
				File I/O
				Dynamic data exchange
				Database Access
		Accessibility		Private
				Protected
				Public
		Life Cycle		Initialization
				Termination
		Cardinality	Defines	
			Uses	

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

Service	Type	Dimension	Subdimension	Value
Communication	Stream	Delivery		Best effort
				Exactly once
				At most once
				At least once
		Bounds		Bounded
				Unbounded
		Buffering		Buffered
				Unbuffered
		Throughput		Atomic units
				Higher-order units
		State		Stateless
				Stateful
		Identity		Named
				Unnamed
		Locality		Local
				Remote
		Synchronicity		Synchronous
				Asynchronous
				Time out synchronous
		Format		Raw
				Structured
		Cardinality	Binary	
			N-ary	Multi sender
				Multi receiver
				Multi sender/receiver

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*

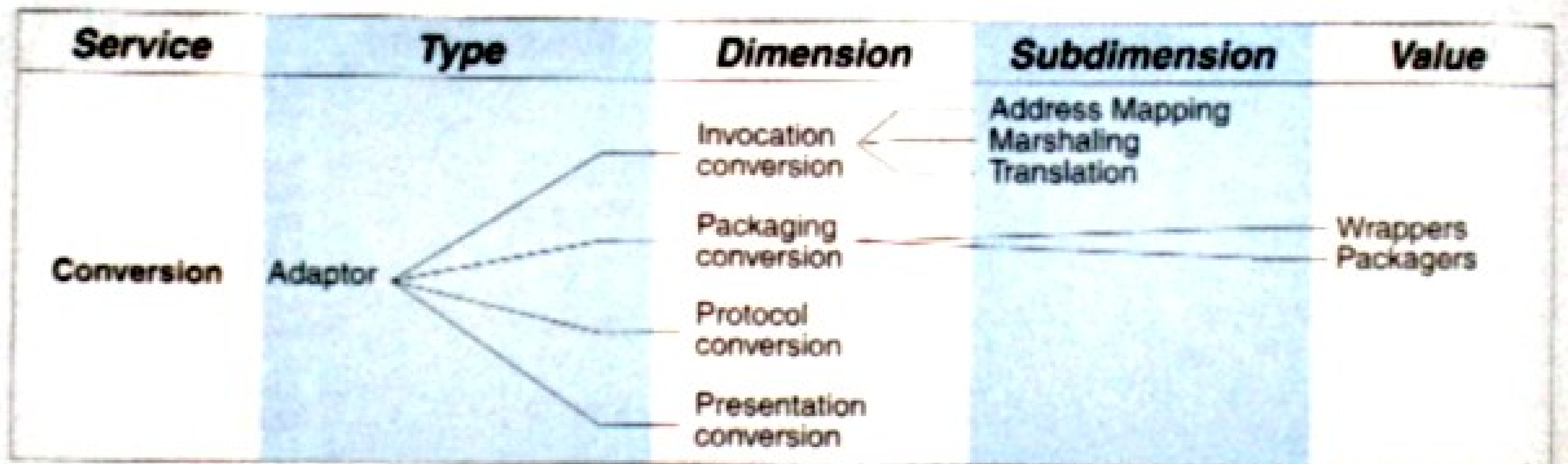
Tipos de Conectores
Arbitrator

Service	Type	Dimension	Subdimension	Value
Coordination Facilitation	Arbitrator	Fault handling		Authoritative Voting
		Concurrency	Mechanism	Semaphore Rendezvous Monitor Lock
			Weight	Light Heavy
		Transactions	Nesting	Single Multiple
			Awareness	None Supported Required New
			Isolation	Read Write Read/Write
		Security	Authentication	
			Authorization	Capabilities Access control lists
			Privacy	Encryption Information padding Screening
			Integrity	Redundancy check Certificates
			Durability	Single session Multi session
		Scheduling	Time	
			Weight	

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

Service	Type	Dimension	Subdimension	Value
Facilitation	Distributor	Naming	Structure based	Hierarchical
				Flat
			Attribute based	
		Delivery	Semantics	Best effort
				Exactly once
				At most once
				At least once
			Mechanism	Unicast
				Multicast
				Broadcast
		Routing	Membership	Bounded
				Adhoc
			Path	Static
				Cached
				Dynamic

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

Pós-Graduação em Computação Distribuída e Ubíqua

INF612 - Aspectos Avançados em Engenharia de Software
Arquitetura de Software

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br