

Sistemas de Tempo Real: Caracterização

Rômulo Silva de Oliveira
Departamento de Automação e Sistemas – DAS – UFSC

romulo.deoliveira@ufsc.br
<http://www.romulosilvadeoliveira.eng.br>
Junho/2016

1

- Sistemas computacionais com requisitos de tempo real:
 - Submetidos a requisitos de natureza temporal não triviais
 - Requisitos definidos pelo ambiente físico
 - O problema é de tempo real (especificação do sistema)
 - Resultados devem estar corretos lógica e temporalmente
- Aspectos temporais
 - NÃO estão limitados a uma questão de maior ou menor desempenho
 - Estão diretamente associados com a funcionalidade
 - Não funciona se não respeitar os requisitos

2

Definição 2/2

- Sistemas em geral:
 - “Fazer o trabalho usando o tempo necessário”
- Sistemas de tempo real:
 - “Fazer o trabalho usando o tempo disponível”
- Em quais mercados podem ser encontrados exemplos de aplicações com requisitos de tempo real ?

3

Exemplos de Aplicações: Aviação 1/1

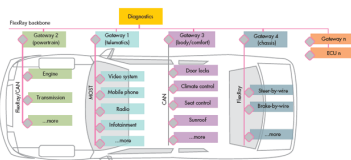
- Cockpit atual do Embraer 175
 - Honeywell assinou contrato de US\$ 2.8 bilhões com a Embraer para fornecer sistemas de navegação, comunicação e gerência de voo para novos jatos E-175 e E-175 a serem entregues em 2018 (notícia de fevereiro/2013)



4

Exemplos de Aplicações: Automotivo 1/1

- Carro moderno possui dezenas de processadores
 - Injeção eletrônica, freio abs, transmissão automática, etc



5

Exemplos de Aplicações: Defesa 1/3

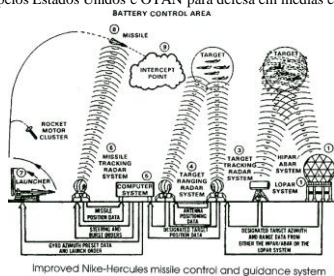
- Sala de controle de um navio da marinha
 - Sonar, Radar, Armamento



6

Exemplos de Aplicações: Defesa 2/3

- Nike Hercules
 - Míssil terra-ar de dois estágios com combustível sólido
 - Usado pelos Estados Unidos e OTAN para defesa em médias e alta altitudes



7

Exemplos de Aplicações: Defesa 3/3

- Nike Hercules
 - Inicialmente construído em 1959
 - Últimas unidades na Europa desativadas em 1988



8

Exemplos de Aplicações: Videogames 1/2

- First-person shooter



9

Exemplos de Aplicações: Videogames 2/2

- Simuladores, esportes



10

Exemplos de Aplicações: Telecomunicações 1/1

- Central telefônica
 - Computador disfarçado



- Áudio e vídeo



Bem-vindo ao Skype.

11

Exemplos de Aplicações: Indústria 3/3

- Robôs



- Manufaturas



12

Exemplos de Aplicações: Indústria 2/3

- Petroquímica



- Setor elétrico

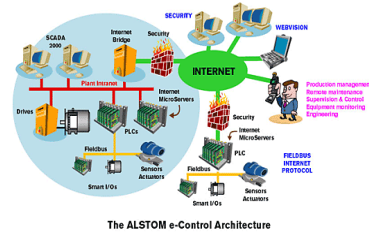


13

Exemplos de Aplicações: Indústria 3/3

- Sistemas grandes

- Várias redes interconectadas
- Redes industriais, redes locais, Internet



14

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Cartões) 1/3

- **Deteção de fraudes em cartões de crédito e débito**

- Cartões de crédito e débito são usados para comprar produtos, serviços, sacar dinheiro em caixas automáticos
- Para que uma transação de cartão seja aceita
 - O caixa automático ou o lojista deve submeter o pedido
 - e o banco que emitiu o cartão deve autorizar a compra ou o saque
 - Esta aprovação deve ser em **tempo real**, pois o cliente está esperando
- Em todo o mundo existe o serviço de "interbank transaction-switching"
 - Exemplo: Cielo

15

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Cartões) 2/3

- Uma transação legítima pode ser rejeitada por várias razões
 - Excedeu o limite diário
 - Excedeu o limite do saldo
 - Data do cartão expirou
 - Cartão tem uma garantia pendente (credit hold)
- Uma transação em caixa automático ou PDV pode ser fraudulenta
 - Se o cartão de crédito for roubado
- Uma compra online pode ser fraudulenta
 - Se os dados do cartão de crédito foram copiados por alguém

16

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Cartões) 3/3

- Muitas transações fraudulentas podem ser feitas antes do cartão ser bloqueado pois
 - Informação rapidamente compartilhada entre criminosos de vários países
 - Criminosos submetem muitos tipos de transações simultaneamente para maximizar o ganho antes da deteção da fraude
- Um sistema de deteção de fraude requer
 - Múltiplos servidores de alta performance
 - Análise das transações em **tempo real**
 - Algoritmos para detectar transações suspeitas
 - São usados algoritmos de inteligência artificial

17

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Bolsas) 1/7

- Boa parte das ordens de compra e venda são emitidas por programas de computadores (robôs)
- Quantitative trading é a execução sistemática de ordens de compra/venda decidida por modelos quantitativos do mercado
- Precisa:
 - Plataformas de execução rápidas e confiáveis
 - Modelos de previsão precisos e abrangentes
- Exemplo: Market Making
 - Procura aproveitar diferenças entre as ofertas de compra e venda pendentes existentes (Quote to the market) (High-frequency trading)
- Exemplo: Statistical Arbitrage
 - Aposta na direção do mercado (Trend following)

18

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Bolsas) 2/7

- DMA – Direct Market Access
Acesso direto ao ambiente eletrônico de negociação em bolsa, o que lhe permite enviar as próprias ofertas ao sistema de negociação e receber, em tempo real, as informações de difusão ao mercado, incluindo o livro de ofertas do sistema eletrônico de negociação
- Enorme volume de informações disponíveis
- Janelas de oportunidades são limitadas → tempo real

19

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Bolsas) 3/7

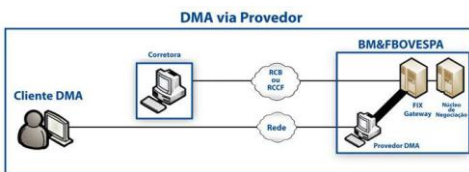
- Modelo 1 – DMA Tradicional
– Roteamento de ofertas via infraestrutura tecnológica (física) da corretora



20

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Bolsas) 4/7

- Modelo 2 – DMA via Provedor
– Roteamento de ordens via infraestrutura tecnológica fornecida por empresa provedora de serviços de roteamento de ordens (empresa provedora de DMA)
– Provedores BM&F: Chicago Mercantile Exchange, SunGard Global Trading, Marcopolo Network, Cedro Market & Finances, Bloomberg Trade Book, Trading Technologies.



21

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Bolsas) 5/7

- Modelo 3 – DMA via Conexão Direta
– Envio de ofertas via conexão direta do cliente à BM&FBOVESPA, sem utilização da infraestrutura tecnológica da corretora ou de uma empresa provedora de DMA



22

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Bolsas) 6/7

- Modelo 4 – DMA via Conexão Direta – Co-location
– As ordens do cliente são geradas por software (ATS) que se encontra instalado em máquina/equipamento hospedado em espaço físico disponibilizado pela BM&FBOVESPA



23

Exemplos de Aplicações: Financeiras (Bolsas) 7/7

- Negociação automática cresce exponencialmente em todo o mundo
- Fontes de dados do mercado geram dezenas de milhares de mensagens por segundo
- Na negociação automática, um atraso de 1 segundo é inaceitável
- A noção de tempo real é crucial em tais aplicações

24

Exemplos de Aplicações: Vários Mercados 1/1

- Veículos
 - Automação em aeronaves, automóveis, sondas espaciais
- Defesa
 - Radar, sonar, sistema guia em mísseis
- Entretenimento
 - Videogames, vídeo sob demanda, áudio
- Telecomunicações
 - Centrais telefônicas, videoconferência, groupware
- Indústria
 - Controle de processos, robôs, aquisição de dados
- Financeiro
 - Transações em bolsa, negociação automática

O que elas tem em comum ?

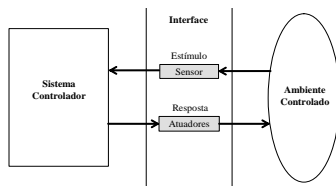
25

Caracterização 1/3

- Forte acoplamento do sistema com o seu Ambiente:
 - Processamento ativado por estímulos do ambiente
- Tempos de Resposta delimitam Estímulos/Respostas
 - Processamentos devem terminar dentro de prazos (**deadlines**)
 - Se terminar fora de prazo sistema falha (**falha temporal**)
- Fluxos de estímulos na execução são definidos pelo ambiente:
 - Quase sempre impossível controlar os estímulos provenientes do ambiente

26

Caracterização 2/3



27

Caracterização: Mitos 3/3

- Tempo real significa execução rápida
 - Controlador semafórico
 - Amostragem de dados
- Computadores mais rápidos vão resolver todos os problemas
 - Custo
 - Multicore
 - Design do software
- Sistemas de tempo real são:
 - Pequenos
 - Formados apenas por tratadores de interrupção
 - Device-drivers

28

Conceitos: Tarefas e Deadlines 1/5

- Tarefas (task)
 - Segmento de código cuja execução possui atributo temporal próprio (período, deadline, etc)
 - Exemplo: método em OO, sub-rotina, trecho de um programa
- Deadlines
 - Instante máximo desejado para a conclusão de uma tarefa

29

Conceitos: Recorrência 2/5

- Tarefa Periódica
 - Tarefa é ativada a cada P unidades de tempo
 - Instantes de chegada podem ser calculados a partir do inicial
 - Exemplo: controle de processo via laço de realimentação
- Tarefas Esporádica
 - Instantes de chegada não são conhecidos
 - Existe um intervalo mínimo de tempo entre chegadas
 - Exemplo: atendimento a botão de alarme
- Tarefa Aperiódica
 - Nada é sabido quanto as ativações da tarefa
 - Exemplo: aparecimento de objeto em tela de radar

30

Conceitos: Tipos de Deadlines 3/5

- **Deadline Hard**
 - Perda do deadline pode ter consequências catastróficas
 - Exemplo: abrir válvula em duto de alta pressão
- **Deadline Firm**
 - Perda do deadline NÃO tem consequências catastróficas
 - Não existe valor em terminar a tarefa após o deadline
 - Exemplo: amostrar periodicamente valor físico
- **Deadline Soft**
 - Perda do deadline NÃO tem consequências catastróficas
 - Existe valor em terminar a tarefa com atraso
 - Exemplo: movimento de objeto em vídeo game

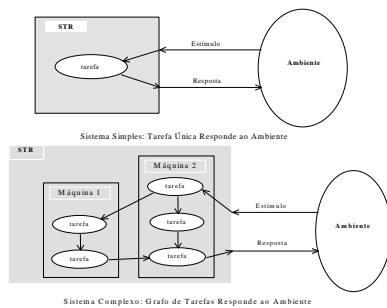
31

Conceitos: Criticalidade 4/5

- Tempo real crítico (**hard real-time**)
 - Falha temporal pode resultar em consequências catastróficas
 - Necessário garantir requisitos temporais em projeto
 - Exemplo: usina nuclear, indústria petroquímica, mísseis
- Tempo real não crítico (**soft real-time**)
 - Requisito temporal descreve apenas comportamento desejado
 - Exemplo: multimídia, videogame

32

Conceitos: Complexidade 5/5



33

Resumo

- Definição de Sistemas de Tempo Real
- Exemplos de Aplicações
 - Veículos
 - Defesa
 - Entretenimento
 - Telecomunicações
 - Indústria
 - Financeiro
- Caracterização
- Conceitos

34