

Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Departamento de Sistemas de Computação

SSC546 - Avaliação de Desempenho de Sistemas

Parte 1 - Aula 2

Sarita Mazzini Bruschi

Material baseado nos slides de:
Marcos José Santana
Regina Helena Carlucci Santana

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
 - Motivação
 - Introdução à Avaliação de Desempenho
 - **Etapas de um Experimento**
 - Planejamento do Experimento
 - Conceitos Básicos
 - Carga de trabalho
 - Modelos para Planejamento de Experimento
2. Técnicas para Avaliação de Desempenho
3. Análise de resultado

Etapas a serem consideradas na Avaliação de Desempenho

1. Estudar o sistema e definir os objetivos
2. Determinar os serviços oferecidos pelo sistema
3. Selecionar métricas de avaliação
4. Determinar os parâmetros que afetam o desempenho do sistema
5. Determinar o nível de detalhamento da análise
6. Determinar a Técnica de Avaliação apropriada
7. Determinar a carga de trabalho característica
8. Realizar a avaliação e obter os resultados
9. Analisar e interpretar os resultados
10. Apresentar os resultados

As etapas apresentadas nem sempre são executadas linearmente como apresentado nesta lista

Etapas a serem consideradas na Avaliação de Desempenho

1. Estudar o sistema e definir os objetivos
2. Determinar os serviços oferecidos pelo sistema
3. Selecionar métricas de avaliação
4. Determinar os parâmetros que afetam o desempenho do sistema
5. Determinar o nível de detalhamento da análise
6. Determinar a Técnica de Avaliação apropriada
7. Determinar a carga de trabalho característica
8. Realizar a avaliação e obter os resultados
9. Analisar e interpretar os resultados
10. Apresentar os resultados

Planejamento
de
Experimentos

Técnica de
Avaliação

Análise dos
Resultados

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
 - Motivação
 - Introdução à Avaliação de Desempenho
 - Etapas de um Experimento
 - **Planejamento do Experimento**
 - Conceitos Básicos
 - Carga de trabalho
 - Modelos para Planejamento de Experimento
2. Técnicas para Avaliação de Desempenho
3. Análise de resultado

Planejamento de Experimentos

- Deve ser utilizado em qualquer experimento
- É uma técnica muito importante para a indústria pois seu emprego permite resultados mais confiáveis economizando dinheiro e tempo
- Requer uma quantidade exaustiva de cálculos tornando fundamental o emprego de ferramentas

Planejamento de Experimentos

- Técnicas utilizadas para se planejar experimentos e definir:
 - quais dados
 - em que quantidade
 - em que condições os dados devem ser coletados durante um determinado experimento

Obter a maior precisão estatística possível na resposta a um menor custo

Planejamento de Experimentos

- Objetivos
 - Obter o máximo de informação com um número mínimo de experimentos
 - Separar os efeitos de vários fatores no resultado observado
 - Determinar o quão significativo é o efeito de um fator no resultado observado.

Melhor qualidade dos resultados dos testes e um projeto com desempenho superior em termos de suas características funcionais e de sua robustez

Planejamento de Experimentos

- Terminologia
 - Variável de Resposta – Saída de um experimento
 - Fatores – Variável que afeta as variáveis de resposta e que podem assumir diversas alternativas
 - Níveis – Os valores que um determinado fator pode assumir
 - Fatores Primários – Fatores que causam um grande impacto em uma variável de resposta e que devem ser considerados
 - Fatores Secundários – Fatores cujo impacto na variável de resposta não é significativa ou não se tem interesse em quantificar

Planejamento de Experimentos

- Terminologia:
 - Replicação – Repetição de todo ou de parte de um experimento
 - Projeto - Determina o número de experimentos a serem considerados, incluindo o número de fatores e níveis, a combinação entre os níveis e o número de replicações para cada experimento
 - Interação – Dois fatores interagem se o efeito de um depende do nível do outro

Planejamento de Experimentos

Manipula-se de forma planejada certas **variáveis independentes** (fatores), definindo-se os **valores mais prováveis** que essas variáveis podem assumir (níveis) para verificar o efeito que esta manipulação provoca na **variável de resposta** (variável dependente)

Planejamento de Experimentos

- Variável de Resposta
 - O que medir?
 - ter informação o mais fiel possível sobre o comportamento de um sistema
 - O que quero verificar?

Tempo de Resposta

Tamanho de filas

Taxa de acerto em cache

Utilização

Disponibilidade

Etc. etc. etc.

Planejamento de Experimentos

Terminologia - Exemplo

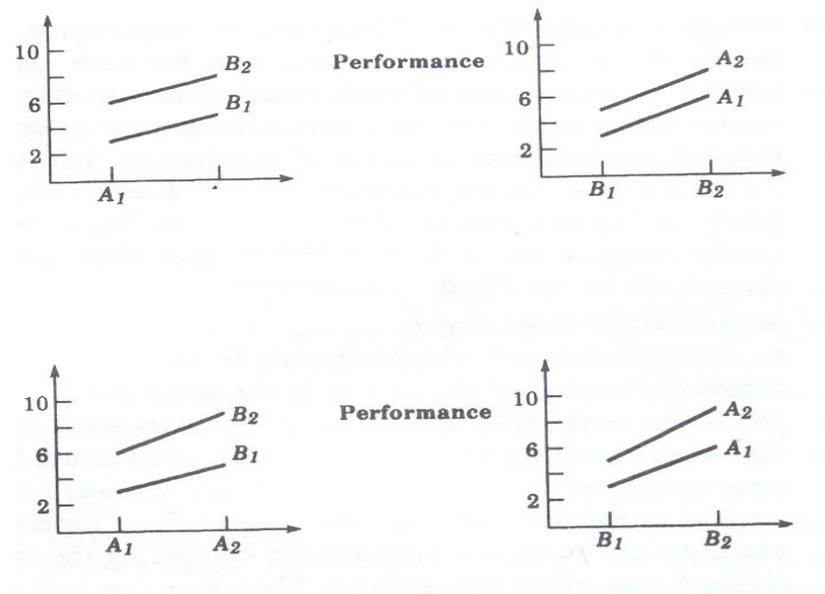
- Considere a avaliação de um servidor de arquivos
 1. Variáveis de Resposta (métricas):
 - Tempo de resposta
 - *Throughput*
 - Número de acessos a disco
 2. Definição dos Fatores primários e níveis

Planejamento de Experimentos

Terminologia - Exemplo

3. Interação

- Fator A = Cache
 - Fator B = Número de discos
 - Fatores sem interação
- Fator A = Quantidade de memória
- Fator B = Cache
 - Fatores que interagem



Planejamento de Experimentos

- Mais um ponto deve ser considerado....
- O que vocês acham de um banco em dia de pagamento?
 - Filas longas
 - Muita espera
 - Desempenho ruim
- E o mesmo banco alguns dias antes do pagamento?
 - Filas curtas, rapidez, atenção
 - Desempenho ótimo
- Mas o mesmo sistema pode ter desempenho ótimo/ruim?
 - **Carga de trabalho imposta ao sistema é outro ponto que deve ser considerado**

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
 - Motivação
 - Introdução à Avaliação de Desempenho
 - Etapas de um Experimento
 - **Planejamento do Experimento**
 - Conceitos Básicos
 - **Carga de trabalho**
 - Modelos para Planejamento de Experimento
2. Técnicas para Avaliação de Desempenho
3. Análise de resultado

Planejamento de Experimentos

- Três casos:
 - Tempo para atender cada cliente – 5 minutos
 - Tempo entre a chegada de um cliente e outro – 2 minutos
 - Tempo para atender cada cliente – 6 minutos
 - Tempo entre a chegada de um cliente e outro – 10 minutos
 - Tempo para atender cada cliente – 5 minutos (na média)
 - Tempo entre a chegada de um cliente e outro – 4 minutos (na média)

Filas cada vez maiores

Nenhuma fila

???????

Caracterização de Carga de Trabalho

- Exemplo:
 - Acesso a um disco com:
 - Valor médio da taxa entre chegadas – 10 ms
 - Valor médio do tempo de acesso ao disco – 8ms
 - Simular de 0 a 100 m segundos – O que ocorre?

Caracterização de Carga de Trabalho

- Considerar agora que estes valores apresentam uma “certa” distribuição, de forma que os valores gerados são:
 - Tempo de chegada: 12, 6, 4, 15, 20, 3, 1, 17, 12, 10
 - Tempo de serviço: 8, 12, 4, 7, 9, 12, 3, 1, 16, 8 (Tempo em m segundos)
 - Simular de 0 a 100 m segundos - **Qual a diferença observada?**

Caracterização de Carga de Trabalho

- Conclusão:
 - **Na avaliação de desempenho de um sistema é muito importante considerar a carga de trabalho real do sistema**

Procedimento para determinar a carga de trabalho

1. Determinar que tipo de característica é importante ser representada
 - **Depende do objetivo da avaliação**
 - Exemplo: Um Sistema Computacional pode ser subdividido em 4 camadas que executam as seguintes operações a seguir

Procedimento para determinar a carga de trabalho

1. Camada de aplicação que recebe as transações e envia comandos para o SO
 2. Sistema Operacional que recebe os comandos e serviços e envia instruções para a CPU
 3. CPU que divide as instruções em instruções aritméticas e lógicas e as envia para a ULA
 4. ULA – executa instrução
- Qual tipo de carga de trabalho deve ser considerada?
 - **Depende da camada a ser analisada**

Procedimento para determinar a carga de trabalho

1. Camada de aplicação que recebe as transações e envia comandos para o SO
 - **Freqüência dos diferentes tipos de transações efetuadas**
2. Sistema Operacional que recebe os comandos e serviços e envia instruções para a CPU
 - **Conjunto de comandos e serviços oferecidos pelo SO**
3. CPU que divide as instruções em instruções aritméticas e lógicas e as envia para a ULA
 - **Conjunto de Instruções**
4. ULA – executa instrução
 - **Freqüência e tipo das instruções aritméticas**

Caracterização da Carga de Trabalho e do Tempo de Serviço

- Nível de detalhe a ser considerado
 - Várias possibilidades:
 - Utilizar as requisições mais freqüentes
 - Considerar os vários tipos de requisições e suas freqüências
 - Trace: Seqüência de requisições com timestamp
 - Utilizar valores médios
 - Utilizar distribuições de probabilidade

Caracterização da Carga de Trabalho e do Tempo de Serviço

- Verificar a representatividade da carga de trabalho
 - Três Aspectos importantes:
 - Taxa de chegada
 - Demanda por recurso
 - Sequência e demanda por diferentes recursos
- Atualização da carga de trabalho

Tipos Básicos de Carga de Trabalho

- Precisamos agora de uma forma para representar a carga de trabalho.
- Basicamente, duas formas:
 - Carga de trabalho Real
 - Carga de trabalho Sintética

Tipos Básicos de Carga de Trabalho

- Real
 - Observada no sistema real em operação normal.
 - Vantagem:
 - Precisão
 - Desvantagens:
 - Não pode ser repetida com facilidade
 - Arquivos de Trace -> arquivos muito grandes

Tipos Básicos de Carga de Trabalho

- Sintética
 - Carga com características similares às reais
 - Vantagens:
 - Pode ser repetida de forma controlada
 - Não necessita de arquivos com dados reais
 - Carga pode ser facilmente modificada
 - Pode ser transportada para diferentes sistemas
 - Problema:
 - Determinar a distribuição mais apropriada para o sistema em avaliação.

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
 - Motivação
 - Introdução à Avaliação de Desempenho
 - Etapas de um Experimento
 - **Planejamento do Experimento**
 - Conceitos Básicos
 - Carga de trabalho
 - **Modelos para Planejamento de Experimento**
2. Técnicas para Avaliação de Desempenho
3. Análise de resultado

Etapas para o desenvolvimento de um Planejamento de Experimentos

- Caracterização do problema
 - Estabelecer e delimitar adequadamente o problema
- Escolha dos fatores de influência
 - verificar quais fatores poderão ser mantidos fixos e, portanto, não terão os seus efeitos avaliados
- Para os fatores que não serão mantidos fixos, identificar os intervalos de variação e determinar os níveis a serem considerados
- Seleção das variáveis de resposta
- Determinar a(s) carga(s) de trabalho a serem consideradas

Etapas para o desenvolvimento de um Planejamento de Experimentos

- Determinar um projeto experimental adequado, isto é, saber como combinar os níveis dos fatores de forma que se possa resolver o problema proposto com o menor custo possível;
- Determinação de um modelo de planejamento de experimento
- Condução do experimento
- Planejamento de como será a análise dos dados do experimento
- Conclusões e recomendações

Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento simples
- Planejamento fatorial completo
- Planejamento fatorial parcial

Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples
 - Iniciar com uma configuração inicial
 - Fixar todos os fatores e variar um fator por vez
 - Verificar qual fator afeta o desempenho
 - Fácil de ser implementado
 - Não permite verificar a relação entre os fatores
 - Estatisticamente não eficiente

Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples
 - Para um experimento com K fatores e n_i níveis no fator i , tem-se:

$$n = 1 + \sum_{i=1}^K (n_i - 1)$$

Planejamento de Experimentos

- Empresa de telefonia celular - Sistema pré pago
 - Objetivo: determinar a influência de uma expansão no serviço prestado, mantendo sistema já utilizado
- 1. Variáveis de Resposta (métricas):
 - Tempo para recuperar uma informação
 - Número de informações recuperadas por unidade de tempo
 - Taxa de acerto a cache

Planejamento de Experimentos

- Empresa de telefonia celular - Sistema pré pago
- 4 fatores:
 - Fator 1 – Tamanho do banco de dados – 3 níveis:
 - 500 mil, 1 milhão e 2 milhões de registros
 - Fator 2 – Quantidade de acessos – 3 níveis:
 - 10 mil, 20 mil e 40 mil acessos/dia
 - Fator 3 – Quantidade de cache – 3 níveis:
 - 1M bytes, 10M bytes e 20M bytes
 - Fator 4 – Número de discos – 3 níveis:
 - 5, 10 e 15 discos

$$n = 1 + (3-1) + (3-1) + (3-1) + (3-1) = 9$$

Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Simples
 - Não recomendado
 - Muito utilizado

Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Totalmente Fatorial
 - Utiliza todas as combinações considerando todos os fatores e todos os níveis
 - Para um experimento com K fatores e n_i níveis no fator i , tem-se:

$$n = \prod_{i=1}^K n_i$$

Tipos de Planejamento de Experimentos

- Planejamento Totalmente Fatorial
- Vantagens
 - Todos os fatores são avaliados
 - Pode-se determinar o efeito de qualquer fator
 - Interações entre fatores podem ser verificadas
- Desvantagens
 - Grande número de experimentos
 - Alto custo para avaliação

Planejamento Totalmente Fatorial

- Formas para minimizar custos:
 1. Reduzir o número de níveis de cada fator
 - Altamente recomendada
 - Selecionar dois níveis para cada fator a ser analisado – número de experimentos reduzido para 2^k
 - Analisar os resultados e selecionar os fatores primários
 - Analisar os fatores primários para um número maior de níveis

Planejamento Totalmente Fatorial

- Formas para minimizar custos
 2. Reduzir o número de fatores
 - Deve ser implementada com cuidado. Por exemplo, utilizando forma 1.
 - Se não for utilizada uma metodologia adequada podem estar sendo desconsiderados fatores com grande influência para as variáveis de resposta

Planejamento Totalmente Fatorial

- Formas para minimizar custos
 3. Utilização do método do Fatorial Parcial
 - Parte dos experimentos são excluídos
 - Podem ser eliminadas comparações em que se sabe, a interação não existe ou é insignificante
 - Mais rápido
 - Obtém-se menos informações

Método Fatorial

- Pelo método fatorial pode-se ter k fatores com n_i níveis para cada fator i
- Para valores elevados de k e n_i , o custo da avaliação pode tornar-se inviável, principalmente lembrando-se que diversas execuções de cada experimento devem ser consideradas.
- Forma recomendada: Selecionar poucos fatores e 2 níveis por fator.
- Para entender a abordagem utilizada para a análise inicia-se com 2 fatores contendo 2 níveis em cada um - 2^2

Projeto Fatorial 2²

- Análise através do modelo de regressão
- Utilização de ferramentas para determinar a influência dos fatores e interações:
 - MINITAB: fácil utilização
 - SAS: muito poderoso, utilização não trivial
 - SPSS: fácil utilização, utilizado mais por estatísticos
 - Eviews: desenvolvido para utilização na área de economia
- Maiores Informações: <ftp://ftp.est.ufmg.br/pub/rts/rte0402.pdf>

Projeto Fatorial 2²

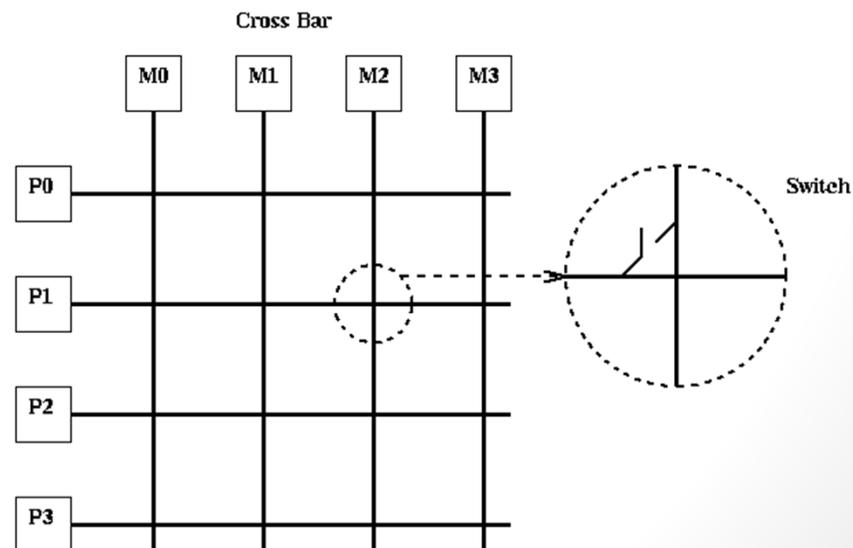
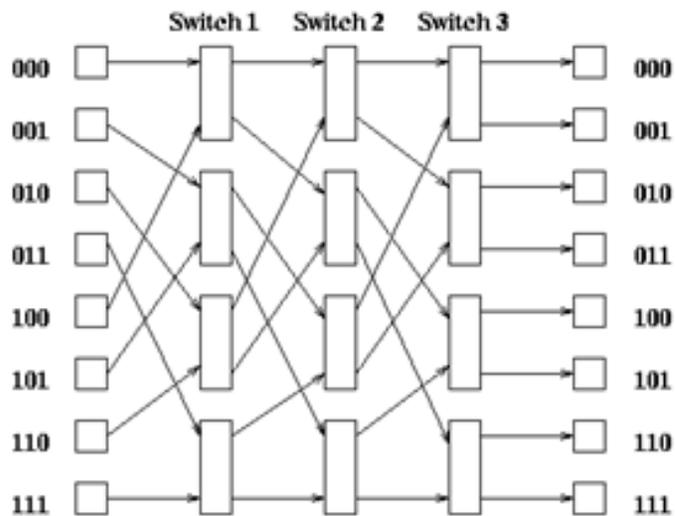
- Exemplo: Avaliação de duas redes de comunicação em uma máquina paralela com:
 - 16 processadores
 - Escalonamento aleatório
 - Não existe problema de acesso a memória – interleaving de memória infinito
 - Redes utilizam Chaveamento de circuito – conexão é estabelecida da fonte ao destino e pacotes são enviados (ex. telefone)
 - Requisições não atendidas são bloqueadas

Fatores Considerados

- Duas Redes de Interconexão – **Fator A**
 - Omega – **Nível = 1**
 - Crossbar – **Nível = -1**
- Duas formas de acesso a memória – **Fator B**
 - Aleatório – probabilidade uniforme de referenciar cada posição de memória – **Nível = -1**
 - Matriz – simula uma multiplicação de matrizes – **Nível = 1**

Tipos de Redes de Interconexão Consideradas

Omega network on 8 processors



Resultados Obtidos

- Variáveis de Resposta
 - Throughput - T
 - Ciclos para transmissão - N
 - Tempo de Resposta – R

Fatores		Variáveis de Resposta		
A (rede)	B(Acesso)	T	N	R
-1(C)	-1(A)	0,6041	3	1,655
1(O)	-1 (A)	0,7922	2	1,262
-1(C)	1(M)	0,4220	5	2,378
1(O)	1 (M)	0,4717	4	2,190

Resultados Obtidos

Parâmetro	Média Estimada			Variação %		
	T	N	R	T	N	R
q_0	0,5725	3,5	1,871			
q_A	0,0595	-0,5	-0,145	17,2	20	10,9
q_B	-0,1257	1,0	0,413	77,0	80	87,8
q_{AB}	-0,0346	0	0,051	5,8	0	1,3

- Média das variáveis de Resposta – q_0
- Influência de cada fator
- Fator com maior influência
- Grau de interação entre os fatores

Erros Comuns em Experimentos

- A variação devido a erros experimentais são ignoradas
- Parâmetros importantes não são controlados – devem ser considerados carga de trabalho, ambiente e fatores que influenciem no desempenho
- Efeitos de diferentes fatores nem sempre são isolados – se diversos fatores são alterados simultaneamente, não se consegue verificar qual influenciou nas alterações observadas

Erros Comuns em Experimentos

- Uso de apenas um fator por vez – essa opção simplifica a experimentação mas não permite verificar interações
- Execução de muitos experimentos – em um primeiro passo poucos fatores/níveis devem ser considerados. Com as conclusões iniciais, pode-se considerar outros fatores/níveis

Conteúdo

1. Planejamento de Experimentos
 - Motivação
 - Introdução à Avaliação de Desempenho
 - Etapas de um Experimento
 - Planejamento do Experimento
 - Conceitos Básicos
 - Carga de trabalho
 - Modelos para Planejamento de Experimento
2. **Técnicas para Avaliação de Desempenho**
3. Análise de resultado