

Universidade Federal de Minas Gerais
Departamento de Ciência da Computação
Redes de Computadores

Última alteração: 18 de outubro de 2010

- **Professor:** Dorgival Olavo Guedes Neto¹ (Sala 4022)
- **Local:** ICEx, sala 2013
- **Horário:** segundas e quartas, 9:25 às 11:05
- **Estagiário em docência:** Matheus Caldas
- **Dúvidas:** Utilize o Moodle.
Não envie mail diretamente para o professor ou monitor, exceto para o caso de precisar discutir código!

Informações gerais

Objetivo

Abordar os princípios básicos da área de redes de computadores com uma ênfase na noção de sistemas, usando uma visão voltada para a Internet.

Ao final do curso o aluno deve ser capaz de identificar os principais elementos de um sistema distribuído operando em rede, analisar compromissos no desenvolvimento de soluções para problemas como contenção de recursos, controle de fluxo, roteamento e endereçamento, bem como descrever os princípios de operação da Internet com relação a esses fatores.

Os conceitos da disciplina serão exercitados através de pequenos exercícios práticos voltados para a verificação de características específicas de redes e do desenvolvimento de uma aplicação distribuída de complexidade média.

Ementa

Conceitos de sistemas distribuídos, redes de computadores, protocolos e serviços de comunicação. Arquitetura de redes de computadores. Camadas inferiores do modelo de referência de ISO: física, enlace, redes e transporte. Redes locais, interligação de redes; especificação de protocolos.

Programa

O curso cobrirá a maior parte do livro texto adotado, com ênfase maior nos princípios básicos da área. Questões mais avançadas e de interesse mais recente, como segurança e aplicações multimídia, serão tratadas de forma mais superficial. Os alunos são encorajados a ler no livro as seções que não serão discutidas em sala de aula.

- Conceitos gerais da área de redes de computadores
- Introdução ao desenvolvimento de aplicações em redes
- Tecnologias de rede local: Ethernet, redes em anel, redes sem fio
- Aspectos de conexão direta de computadores: codificação, detecção de erros, enquadramento
- Chaveamento de pacotes: encaminhamento
- Interconexão de redes: endereçamento e roteamento
- Protocolos fim-a-fim: entrega confiável, abstrações possíveis
- Controle de congestionamento e alocação de recursos (QoS)
- Princípios gerais de segurança em redes
- Algumas aplicações relevantes: DNS, Web, Correio eletrônico

¹<http://www.dcc.ufmg.br/~dorgival/>

Calendário

(O calendário vai sendo atualizado ao longo do curso quando mudanças se fizerem necessárias.)

Aula	Data	Assunto	Obs.
1	02/08	Introdução. Conceitos gerais.	
2	04/08	Conceitos gerais. Arquiteturas de rede	
3	09/08	Programação de sistemas em rede.	
4	11/08	Desempenho de protocolos.	TP1 ->
5	16/08	Codificação	
6	18/08	Enquadramento.	
7	23/08	Erros. Transmissão confiável.	
8	25/08	Transmissão por janela deslizante	
9	30/08	Meio compartilhado: Ethernet	
10	01/09	Prova 1 (Cap. 1 e 2 até janela deslizante)	<- TP1, TP2 ->
—	06/09	Feriado: Independência (recesso)	
11	08/09	Redes em anel. Redes sem fio	
12	13/09	Chaveamento de pacotes.	
13	15/09	Chaves com aprendizado. Árvore geradora.	
14	20/09	Chaveamento de células (ATM). Interconexão de redes.	
15	22/09	IP. Endereçamento.	
16	27/09	Encaminhamento: fragmentação, ARP.	
17	29/09	Prova 2 (até cap. 3)	<- TP2 (ok até 01/10, 20:00)
18	04/10	DHCP, ICMP, VPNs.	
19	06/10	Roteamento: <i>distance vector</i> .	
—	11/10	Feriado: N. Sra. Aparecida (recesso)	
20	13/10	Roteamento: <i>link state</i> .	TP3 ->
21	18/10	Roteamento: BGP. CIDR. Escalabilidade do roteamento.	
22	20/10	Escalabilidade do roteamento. IPv6.	
23	25/10	Transmissão fim-a-fim. UDP. RPC	
24	27/10	Prova 3 (até cap. 4)	
—	01/11	Feriado: Funcionário Público	
25	03/11	TCP: conexões, máquina de estados	
26	08/11	TCP: controle de fluxo	
27	10/11	TCP: controle de congestionamento	
—	15/11	Feriado: República	
28	17/11	Aplicações: DNS, gerência de rede, Web	<- TP3
29	22/11	Aplicações: Web, correio eletrônico	
30	24/11	Prova 4 (matéria restante)	
—	29/11	Não há aula prevista	
—	01/12	Não há aula prevista	
—	06/12	Não há aula prevista	

Avaliação

Os pontos serão divididos entre provas (48%) e trabalhos (48%).

Os quatro pontos restantes serão baseados na frequência e serão atribuídos segundo a fórmula: $Nota_f = \max(4 - N_{faltas}/8, 0)$, onde N_{faltas} corresponde ao número de dias de aula em que o aluno esteve ausente.

Há algumas listas de exercícios disponíveis para ajudar na preparação para as provas, mas elas não valem pontos.

Provas

Serão quatro, cada uma valendo 12 pontos, com datas e matéria a serem definidas ao longo do curso. As datas serão **sempre** as definidas no calendário do curso.

- Primeira prova: capítulos 1 e 2 (inclui a parte de programação com sockets).
- Segunda prova: capítulos 2 e 3
- Terceira prova: a definir.
- Quarta prova: a definir.

Informe o professor assim que possível no caso de não poder fazer uma das provas. Compromissos profissionais não são em geral justificativa para ausência.

Listas de exercícios

Apesar de não valerem pontos, listas de exercício sobre a matéria de cada prova estarão disponíveis para auxiliar no entendimento dos conceitos. Recomendo **fortemente** que todos façam as listas à medida que a matéria for discutida. Utilizem os fóruns de cada lista para discutir as respostas e tirar suas dúvidas no Moodle.

- Primeira lista: caps. 1 e 2. (solução disponível na página do curso)
- Segunda lista: cap. 3. (solução disponível na página do curso)
- Terceira lista: cap. 4. (solução disponível na página do curso)

Trabalhos práticos

Serão quatro, valendo 48 % da nota final. Exceto quando houver indicação em contrário, os trabalhos poderão ser realizados individualmente ou em duplas. Nesse último caso, os dois alunos deverão estar presentes às entrevistas e devem ambos ser capazes de responder perguntas sobre qualquer parte do trabalho.

- **TP1:** Um par cliente-servidor simples e seu desempenho
Trabalho individual ou em dupla (13 pontos).
- **TP2:** Par cliente-servidor com protocolo de janela deslizante
Trabalho individual ou em dupla. (15 pontos).
- **TP3:** Sistema de troca de mensagens orientado a eventos **Trabalho individual ou em dupla.** (20 pontos).

Orientações sobre o ambiente de desenvolvimento

As práticas devem ser desenvolvidas no ambiente Linux usando as linguagens ANSI C/ANSI C++, sem bibliotecas adicionais além das bibliotecas padrão de cada linguagem (e do Linux, obviamente). Uma boa opção, para aqueles que têm acesso a um computador em casa, é instalar uma versão de Linux. Isso pode ser feito com uma instalação como a Ubuntu a partir do CD, ou você pode instalar o Virtual box, ferramenta gratuita e de software livre que permite você executar um S.O. em uma janela, “dentro” de outro S.O. (como o Windows, por exemplo). No caso do Ubuntu, certifique-se que os seguintes pacotes sejam instalados: `gcc`, `gcc-doc`, `glibc-doc`, `manpages`,

manpages-dev, ddd.

Excepcionalmente, os TPs poderão ser desenvolvidos em Java (a ser confirmado).

Mais detalhes sobre a instalação do Virtual Box e do uso do ambiente Linux serão fornecidos em sala.

Sobre prazos e formato de entrega:

Todos os trabalhos devem ser entregues eletronicamente, como um arquivo .zip ou .tar.gz, contendo todos os fontes relacionado ao trabalho em questão — não inclua arquivos objeto (.o, .obj) nem arquivos executáveis (a.out, .exe, etc.); um relatório deve fazer parte da entrega, detalhando aspectos principais do trabalho executado.

A entrega eletrônica deve ser feita até o horário indicado no Moodle. Usualmente, esse horário é sempre anterior ao início da aula no dia marcado.

Trabalhos entregues depois do prazo serão penalizados em 12,5 % se entregues nas 24 horas seguintes, em 25 % se entregues até as 48 horas e 50 % para as 24 horas depois disso. (Isto é, o atraso máximo aceitável para ainda valer algo é de três dias.)

Para evitar problemas, comece a fazer cada trabalho assim que ele for definido. O prazo planejado para cada entrega prevê trabalho contínuo durante o período; deixar para fazer tudo nos últimos dias **não vai dar certo, acreditem**.

Parte da avaliação dos trabalhos poderá ser feita na forma de questões escritas nas provas teóricas e/ou por entrevistas individuais.

Confira as datas dos trabalhos no calendário do curso

Referências e links úteis

Livro-Texto

- **Redes de Computadores: uma abordagem de sistemas**, Larry Peterson e Bruce Davie, Ed. Campus. Tradução da **terceira** edição do livro Computer Networks, a systems approach, Ed. Morgan Kaufmann.
Atenção: há também uma tradução da *segunda* edição, feita pela Editora LTC/Morgan Kaufmann; o conteúdo é bastante semelhante e cobre tudo que vai ser discutido. Entretanto, todas as referências a números de seções e exercícios do livro se referem à terceira edição.

Bibliografia suplementar

- “Practical TCP/IP Sockets in C: practical guide for programmers” de Donahoo e Calvert (boa referência para sockets em geral; há também uma versão para Java). Uma referência condensada do uso de sockets, com bons exemplos de programação. Bastante recomendável para quem for seguir programando com sockets no futuro.
- Redes de Protocolos: Protocolos de Internet em Ação, Jeanna Matthews, Ed. LTC. Diversos aspectos práticos de protocolos serão analisados com base em material desenvolvido nesse livro.
- Douglas Comer, Interligação em Rede com TCP/IP Vol I: Princípios, protocolos e arquitetura, Campus (ou *Internet Working with TCP/IP Vol. I*, Prentice Hall)
Um ótimo livro sobre Internet e TCP/IP, com um bom nível de detalhes sobre os protocolos. É considerado uma referência básica sobre TCP/IP em geral.
- Stevens, W.R., *Unix Network Programming, 2nd ed.*, Prentice Hall (não sei se há tradução)
Referência imprescindível para quem pretende desenvolver aplicações avançadas que utilizem a rede utilizando a interface sockets. Já apareceu até no cinema!

- Stevens, W.R., *TCP/IP Illustrated, Vol. 1: The Protocols, Vol.3: TCP for Transactions, HTTP, NNTP, and the Unix Domain Protocols* (pelo menos o primeiro volume foi traduzido: TCP/IP Ilustrado, não sei a editora)

Referência extremamente completa sobre os detalhes de funcionamento e implementação dos protocolos da arquitetura TCP/IP. O vol. 2 só interessa para especialistas em sistemas operacionais e implementação de protocolos de rede.

Existem outros bons livros sobre redes de computadores por aí, mas eles não trazem o material com a profundidade e organização desejadas para este curso, portanto não são recomendados como substituto para o livro texto adotado. Entretanto, alunos em busca de uma outra visão sobre o tema podem querer consultar esses livros eventualmente:

- Andrew Tanenbaum, *Redes de Computadores*, 3ªEd., Campus (ou *Computer Networks*, Prentice Hall)
Livro muito utilizado em cursos de Redes de Computadores em geral, cobre os principais aspectos da área, incluindo várias tecnologias de redes. Há quem adore esse livro; eu acho o texto um pouco confuso e cansativo, com alguns pontos tratados com mais profundidade que a necessária, outros tratados muito superficialmente.
- Stallings, W., *Data and Computer Communications*, Prentice Hall
Um livro com um enfoque maior nas camadas inferiores do modelo OSI/ISO, bastante abrangente em termos das tecnologias abordadas.
- Keshav, S., *An Engineering Approach to Computer Networking*, Addison-Wesley
Como o nome indica, um livro mais voltado para aspectos de engenharia e redes de transmissão de dados (camadas inferiores da pilha de protocolos). Grande parte do material tem mais interesse para profissionais de telefonia e transmissão de dados, por focar muitos detalhes da rede telefônica e da rede ATM.
- Kurose, J, Ross, K., **Redes de Computadores e a Internet: uma nova abordagem**, Addison Wesley (ou *Computer Networking — a top-down approach*) — qualquer edição.
O livro apresenta uma abordagem *top-down*, oposta à que se tornou padrão na área, com resultados interessantes em alguns casos, especialmente para quem não tem maior experiência com programação.

Links úteis

- Como instalar o linux no HD ou usando VMWare

Sockets

Há várias referências na Web sob como desenvolver programas utilizando soquetes. Em particular, podemos destacar:

- BSD Sockets: A Quick and Dirty Primer Um tutorial curto com analogias ao sistema telefônico. Não cobre coisas avançadas como o `select()`, mas é um ótimo lugar para começar.
- Beej's Guide to Network Programming Um guia bastante interessante, discutindo todas as funções, uma por vez, com código de exemplo que normalmente está no nível certo de complexidade. Um bom lugar para entender o uso do `select`, por exemplo. Aliás, lá você encontra o esqueleto de um "servidor de *chat*". Tente organizar o código melhor, pelo menos, se você for usá-lo!
- Unix socket FAQ Coleção das perguntas mais frequentes sobre o uso de soquetes e de `select()` em particular. Normalmente contém muito mais detalhes do que é necessário neste caso, mas nunca se sabe...
- Vários outros links, tutoriais e outros recursos sobre programação em Unix em geral e em sockets em particular podem ser encontrados na página <http://www.cs.buffalo.edu/~milun/unix.programming.html>.

Assuntos variados

Alguns links úteis que trazem mais detalhes sobre tópicos específicos discutidos durante o curso.

- **C:** o tutorial “Programming in C” tem muitas informações importantes, como o uso de sinais, etc.
- **Codificação:** detalhes de diferentes técnicas de codificação.

Artigos

A lista a seguir apresenta um conjunto de artigos de extrema relevância para a área de redes. Muitos deles apresentam conceitos básicos de aplicação ampla, outros possuem um interesse histórico, alguns discutem pesquisas recentes ou caminhos futuros para a área. Praticamente todos eles servem bem como exemplos de trabalhos com uma visão abrangente de sistemas, onde os problemas são analisados e as soluções definidas com uma preocupação constante com o sistema como um todo.

Conceitos gerais de projeto de sistemas

A Note on Distributed Computing (RT Sun Microsystems Labs 1994)

End-To-End Arguments In System Design - Saltzer, Reed, Clark (ACM TCS 1984)

Hints for Computer System Design (ACM SOSP 1983)

Arquiteturas de rede

OSI Reference Model – The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection
(IEEE TComm 1980)

The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols (SIGCOMM’88)

The α -kernel: an architecture for implementing network protocols (IEEE TSE 1991)

Perspective on the ARPANET reference model (RFC871, 1982)

Enlace e meio físico

When the CRC and TCP checksum disagree (SIGCOMM’2000)

TCP/IP

Congestion Avoidance and Control (SIGCOMM’88)

TCP Performance (Cisco IP Journal, 3(2) 2000)

The Future of TCP (Cisco IP Journal 3(3), 2000)

Roteamento

End-to-End Routing Behavior in the Internet (SIGCOMM’96)

Internet Routing Instability (SIGCOMM’97)

The End-to-End Effects of Internet Path Selection (SIGCOMM’99)

Tendências

Rethinking the design of the Internet: the end-to-end arguments vs. the brave new world - Blumenthal
(esse link só deve ser acessível a partir de máquinas na UFMG);

— Uma discussão sobre a validade do princípio na Internet do futuro, com QoS, CDNs, etc.

Tussle in Cyberspace: Defining Tomorrow's Internet

Looking Over the Fence at Networks: A Neighbor's View of Networking Research

Creating the New Public Network (Institute for the Promotion of the IP Utility)