

Universidade Federal de Minas Gerais
Departamento de Ciência da Computação
Redes de Computadores
Última alteração: 9 de dezembro de 2009

- **Professor:** Dorgival Olavo Guedes Neto¹ (Sala 4022)
- Local: ICEx, sala 2013
- Horário: segundas e quartas, 9:25 às 11:05
- **Estagiário em docência:** Eduardo Mucelli
atendimento sextas, das 14:00 às 15:00, sala 3027
Correio eletrônico: `eduardom` (no `dcc.ufmg.br`)
- **Dúvidas:** Utilize o Moodle.
Não envie mail diretamente para o professor ou monitor, exceto para o caso de querer discutir código!

Informações gerais

Objetivo

Abordar os princípios básicos da área de redes de computadores com uma ênfase na noção de sistemas de computação, 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
- Aspectos de conexão direta de computadores: codificação, detecção de erros, enquadramento
- Tecnologias de rede local: Ethernet, redes em anel, redes sem fio
- Chaveamento de pacotes: encaminhamento
- Interconexão de redes: endereçamento e roteamento
- Protocolos fim-a-fim: entrega confiável, abstrações possíveis

¹<http://www.dcc.ufmg.br/~dorgival/>

- Controle de congestionamento e alocação de recursos (QoS)
- Representação de dados
- Princípios gerais de segurança em redes
- Algumas aplicações relevantes: DNS, Web, Correio eletrônico

Calendário

Aula	Data	Assunto	Obs.
1	17/08	Introdução. Conceitos gerais.	
2	19/08	Conceitos gerais. Arquiteturas de rede	TP1 -i
3	24/08	Arquitetura e programação de sistemas em rede.	
4	26/08	Programação e desempenho de protocolos.	
5	31/08	Desempenho de protocolos (exemplos).	
6	02/09	Codificação e enquadramento	
—	07/09	Feriado: Independência	
7	09/09	Enquadramento. Erros.	
8	14/09	Erros. Transmissão confiável.	j- TP1
9	16/09	Transmissão por janela deslizante	
10	21/09	Meio compartilhado: Ethernet	TP2 -i
11	23/09	Prova 1 (até seção 2.5, inclusive)	
12	28/09	Redes em anel. Redes sem fio	
13	30/09	Redes sem fio. Chaveamento de pacotes.	
14	05/10	Chaves com aprendizado. Árvore geradora.	
15	07/10	Chaveamento de células (ATM). Interconexão de redes.	
—	12/10	Feriado: N. Sra. Aparecida	
16	14/10	Prova 2 (até cap. 3)	
17	19/10	IP. Endereçamento.	
18	21/10	Encaminhamento: fragmentação, ARP.	TP3 -i
—	26/10	Feriado: Funcionário Público (antecipado)	
19	28/10	DHCP, ICMP, VPNs.	j- TP2
—	02/11	Feriado: Finados	
20	04/11	Roteamento: <i>distance vector</i> .	Sala 2029
21	09/11	Roteamento: <i>link state</i> .	
22	11/11	Roteamento: BGP. CIDR. Escalabilidade do roteamento.	
23	16/11	Escalabilidade do roteamento. IPv6.	
24	18/11	Prova 3 (até cap. 4)	
25	23/11	Transmissão fim-a-fim. UDP. RPC	
26	25/11	RPC. Representação de dados (cap. 7). TCP	
27	30/11	TCP: conexões, máquina de estados	
28	02/12	TCP: controle de fluxo	
—	07/12	Feriado: N. Sra. da Conceição (recesso)	
29	09/12	Aplicações: DNS, gerência de rede, Web	j- TP3
30	14/12	Aplicações: Web, correio eletrônico	
31	16/12	Prova 4 (matéria restante)	

Avaliação

Os pontos serão divididos entre provas e trabalhos. Há algumas listas de exercícios disponíveis para ajudar na preparação para as provas, mas elas não valem pontos.

Provas

Serão quatro, cada uma valendo quinze pontos, com datas e matéria a serem definidas ao longo do curso. Serão consideradas as três melhores notas, perfazendo um total de 45 pontos. As datas serão **sempre** as definidas no calendário do curso.

- Primeira prova: capítulos 1 e 2, até a seção 2.5
- Segunda prova: capítulos 2 e 3
- Terceira prova: a definir.
- Quarta prova: a definir.

Não há prova suplementar. O critério de avaliação já considera que qualquer uma das provas já vale como suplementar.

Participação

Cinco pontos serão distribuídos como “participação”, onde serão considerados a presença em sala de aula e outras métricas para avaliar o interesse dos alunos na matéria, como fazer perguntas (coerentes), ajudar a responder as perguntas dos colegas em sala e no moodle, etc.

Trabalhos práticos

Serão três, valendo 50 % da nota final.

- **TP1:** Sistema de troca de mensagens simples **Trabalho individual ou em dupla.** (15 pontos).
- **TP2:** Protocolo de janela deslizante **Trabalho individual ou em dupla.** (20 pontos). Arquivos a serem usados estão disponíveis na página do curso.
- **TP3:** Aplicação *peer-to-peer* para troca de arquivos **Trabalho individual ou em dupla.** (15 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, o TP4 poderá ser desenvolvido em Java (a ser confirmado).

Sobre prazos e formato de entrega:

Todos os trabalhos devem ser entregues eletronicamente, como um arquivo .zip ou .tar.gz, contendo todo o material 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 ainda no dia marcado, em 25 % se entregues até as 23:59:59 do dia seguinte, 50 % nas 24 horas seguintes não serão mais aceitos a partir de então.

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

Exercícios

Ao longo do curso serão disponibilizadas lista de exercícios sobre o assunto do curso, que não valerão pontos. Elas visam exercitar os principais conceitos associados e servem também como preparação para as provas.

Soluções para muitos dos exercícios se encontram no livro e as soluções dos demais estão no Moodle.

- **Primeira lista:** Capítulos 1 e 2
- **Segunda lista:** Capítulos 3 e 4.
- **Terceira lista:** Capítulos 5, 7 e 9

Atenção: obviamente, já que são quatro provas e três listas, a divisão dos assuntos nas listas não é exatamente a das provas.

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:

- Kurose, J, Ross, K., Redes de Computadores e a Internet: uma nova abordagem, Addison Wesley (ou *Computer Networking — a top-down approach*)
Um bom livro, apresenta uma abordagem *top-down*, oposta à que se tornou padrão na área, com bons resultados.
- 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.

Links úteis

- Como instalar o linux no HD ou usando VMWare

Sockets

Há várias referências na Web sob como desenvolver programas utilizando sockets. 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.
- **Ethernet:** detalhes de enquadramento, codificação, etc. e página da CISCO sobre Ethernet
- **Redes Chaveadas:** tutorial da Lantronix

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)