

## Estudo Comparativo entre os Protocolos TCP, UDP e SCTP

Robert Mady Nunes<sup>1</sup>, Heloise Acco Tives<sup>1</sup>, Madianita Bogo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Sistemas de Informação – Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA)

Teotônio Segurado 1501 SUL – 77054-970 – Palmas – TO – Brasil

robertmady@gmail.com, heloise\_acc@hotmail.com, madia@ulbra-to.br

**Resumo.** O presente trabalho tem por objetivo fazer um estudo comparativo entre os protocolos TCP, UDP e SCTP, todos da camada de transporte da pilha TCP/IP. Serão apresentados os resultados de uma pesquisa bibliográfica que apresenta as vantagens e desvantagens da utilização de cada protocolo, bem como as principais características de cada um. Depois, será apresentado o resultado de testes práticos, para a comparação do desempenho na utilização de cada um dos protocolos.

### 1. INTRODUÇÃO

A grande maioria dos sistemas distribuídos fracamente acoplados, desde o mais trivial sistema cliente/servidor até os *clusters* Beowulf<sup>1</sup> e MOSIX<sup>2</sup>, fazem uso de TCP/IP como meio de comunicação de rede. A escolha recai sobre a pilha TCP/IP por ser universalmente suportada e, sem dúvida, por ser a pilha de protocolos em uso na *Internet* mundial (PFÜTZENREUTER, 2004).

Assim, pesquisas que estudem e comparem o funcionamento dos protocolos desta pilha são de grande utilidade para o meio científico. Este trabalho tem o objetivo de apresentar os resultados obtidos com o estudo bibliográfico comparativo entre os protocolos da camada de transporte, UDP, TCP e SCTP, apresentando as principais características de cada um deles, além do resultado de um teste prático que compara o desempenho na comunicação entre aplicações cliente/servidor com cada um dos protocolos.

### 2. ARQUITETURA TCP/IP

Por trás do funcionamento da *Internet*, e da maioria das redes comerciais existentes, está um conjunto de protocolos que formam a base para a comunicação das aplicações existentes. Essa base possibilita que os serviços oferecidos em rede funcionem, sendo que, os protocolos agrupados formam o modelo de arquitetura TCP/IP, que recebe este nome

<sup>1</sup> é o nome de um projeto para aglomerados de computadores (ou *clusters*) para computação paralela, que tem como objetivo obter maior confiabilidade ou elevado desempenho computacional. Mais informações podem ser obtidas no site [www.beowulf.org](http://www.beowulf.org).

<sup>2</sup> é um sistema de gerência que permite que um conjunto de computadores Linux executem processos de forma que pareça que estão sendo executados em um único computador. Mais informações podem ser obtidas no site [www.mosix.org](http://www.mosix.org).

como uma forma de homenagear os seus primeiros e principais protocolos, que são o *Transmission Control Protocol* (TCP) e o *Internet Protocol* (IP) (OLIVER, 2006).

O modelo TCP/IP pode ser visto como um grupo de camadas, em que cada uma resolve problemas envolvendo a transmissão de pacotes e fornece um serviço bem definido para os protocolos da camada superior, que por sua vez se baseia em usar os serviços das camadas inferiores. O modelo de camadas, a sua numeração e os principais protocolos são apresentados na Figura 1.

Camada	Protocolos
4. Aplicação	HTTP, FTP, DNS
3. Transporte	TCP, UDP, SCTP
2. Inter-rede	IP, ARP, ICMP, BOOTP, RARP
1. Rede	Ethernet, Wi-Fi, FDDI

Figura 1. Camadas e protocolos do modelo de arquitetura TCP/IP.

Cada uma das camadas apresentadas na Figura 1 tem suas próprias características, que serão colocadas a seguir:

- **Aplicação:** responsável pela interação com o usuário e por fazer a comunicação entre os aplicativos e a camada de transporte.
- **Transporte:** provém suporte à camada de aplicação, através de uma comunicação fim-a-fim, identificando as aplicações de forma que seja possível a mensagem seja entregue a aplicação correta na máquina destino, sem se preocupar com o caminho que a mensagem percorre.
- **Inter-redes:** faz a integração de toda a arquitetura, garantindo a entrega dos pacotes enviados, independentemente do destino. Nessa camada é definido o caminho que a pacotes percorre para alcançar a máquina destino.
- **Interface com a rede:** oferece suporte à camada de rede, compreendendo as funções de acesso físico e lógico ao meio físico.

#### 2.1 Camada de Transporte

A camada de transporte é responsável por receber os dados vindos da camada de aplicação e transformá-los em pacotes que, posteriormente, serão entregues à camada de Inter-rede. Seu principal objetivo é oferecer um serviço confiável, eficiente e econômico, independente da rede física utilizada (QUEIROZ, 2002).

Segundo Tanenbaum (1997) e Queiroz (2002) os principais serviços oferecidos por esta camada são:

- **Melhorar a qualidade de serviço:** os usuários dos serviços têm a opção de determinar a sua preferência em relação à qualidade desejada de transmissão. Podem fazer isso através da especificação de parâmetros no momento em que a conexão é estabelecida, determinando os valores preferenciais. A camada de transporte é responsável por verificar esses parâmetros e determinar se é possível realizar o serviço solicitado.

- Primitivas do Serviço de Transporte: garantem que o serviço oferecido pela camada é confiável e fácil de usar;
- Checagem de erros fim-a-fim: oferece um mecanismo de verificação da integridade dos dados, que é executado quando o pacote chega ao seu destino.
- Estabelecimento/Encerramento de conexões: antes da troca de informações entre as aplicações, é estabelecida uma conexão entre o transmissor e receptor, através da qual devem ser transmitidos os pacotes da mensagem.

Para oferecer esses serviços, a camada de transporte é formada por protocolos que são: UDP (User Datagram Protocol); TCP (Transmission Control Protocol); SCTP (Stream Control Transmission Protocol); e DCCP (Datagram Congestion Control Protocol). Cada um desses protocolos será detalhado nas próximas seções, com exceção do DCCP, que ainda está em desenvolvimento pela IETF.

#### 2.1.1 UDP

De acordo com Comer (2003), o protocolo UDP fornece um serviço de transmissão sem conexão, não confiável, usando o IP para transportar mensagens entre máquinas. Usa o IP para transportar mensagens, porém, acrescenta a habilidade de distinguir entre múltiplos destinos em um certo *host*, o que é denominado multiplexação. Trabalha com o conceito de portas para possibilitar a multiplexação. Cada mensagem UDP contém uma porta destino e uma porta origem, tornando possível ao UDP, no destino, entregar a mensagem ao processo correto e ao processo receptor encaminhar uma resposta ao processo emissor da mensagem.

Assim, o UDP oferece uma forma das aplicações enviarem datagramas brutos encapsulados sem que seja necessário estabelecer uma conexão. Muitas aplicações cliente-servidor que têm uma solicitação e uma resposta utilizam o UDP em vez de ter o trabalho de estabelecer e depois encerrar uma conexão (TANENBAUM, 1997), o que é interessante quando é importante obter maior rapidez na comunicação.

#### 2.1.2 TCP

O TCP foi projetado especificamente para oferecer um fluxo de *bytes* fim a fim confiável em uma inter-rede não-confiável. Essa inter-rede pode ser formada por redes com topologias, largura de banda, retardos, tamanhos de pacotes e outros parâmetros completamente diferentes (TANENBAUM, 1997). Além disso, o TCP é um protocolo baseado em conexão, que utiliza os seguintes mecanismos para assegurar confiabilidade (SILVA, 2001):

- Conexão TCP exclusiva: quando uma sessão TCP é estabelecida, a conexão é exclusiva e única entre dois processos;
- Números de seqüência TCP: estes números fornecem um senso de cronologia aos dados TCP enviados e recebidos, permitindo, entre outras coisas, a reordenação da mensagem no destino.
- *Acknowledgements*: são avisos de recebimento que são usados para informar ao emissor que os dados foram recebidos. Eles são feitos para que os números de seqüência identifiquem os dados recebidos com exatidão. Se o emissor não receber um ACK para

dados específicos em um determinado período de tempo, ele considerará que os dados foram perdidos e retransmite o que acredita ter sido perdido.

### 2.1.3 SCTP

O SCTP é um protocolo de transporte relativamente novo, que facilita a integração de diversas tecnologias com TCP/IP e *Internet*, sendo que sua principal característica é a transmissão de mensagens indivisíveis e confirmadas. A principal utilização do SCTP encontra-se na troca de mensagens de sinalização telefônica, esse tipo de mensagem consiste no fluxo de informações administrativas, como mensagens SMS, tarifação, serviços ao usuário, sinal de ocupado, entre outros, transmitido por uma rede de comutação de pacotes. A transmissão do conteúdo faz uso de uma rede de comutação de circuitos separada (PFÜTZENREUTER, 2004).

Além disso, o SCTP pode ser utilizado para substituir com vantagens os protocolos clássicos de transporte, TCP e UDP, em boa parte dos protocolos de aplicação da *Internet*. Um estímulo adicional ao uso do SCTP é a presença de características modernas de segurança.

### 3. PARALELO ENTRE TCP, UDP E SCTP

Após o processo de pesquisa sobre os protocolos da camada de transporte da arquitetura TCP/IP é possível traçar um paralelo entre cada protocolo, conforme é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Paralelo entre os protocolos TCP, UDP e SCTP

Descrição	TCP	UDP	SCTP
Orientado a conexão	sim	não	não
Confiabilidade (garantia de entrega)	total	nenhuma	total
RFC*	793	768	2960
Desempenho	médio	Alto	médio
Comunicação	ponto a ponto	ponto a ponto e ponto a vários pontos	ponto a ponto e ponto a vários pontos
Transporte	confirmado de uma seqüência de octetos	não confirmado de mensagens indivisíveis	transmissão de mensagens indivisíveis confirmadas
Desvantagem	cada protocolo de aplicação tem de implementar seu próprio método de separação de mensagens sobre TCP	cada protocolo de aplicação tem de implementar controle de erros sobre UDP	leva mais tempo que TCP para fechar a associação
Segurança	baixa	inexistente	alta
Exemplo de utilização	Envio de e-mails	aplicações que necessitam de <i>broadcast</i> ou <i>multicast</i>	mensagens de sinalização telefônica

\*documento que descreve os padrões de cada protocolo da *Internet*.

O Protocolo TCP é orientado à conexão e garante aos seus utilizadores garantia total na entrega dos pacotes, pois, quando exige do destinatário uma confirmação de recebimento, caso isso não ocorra, a mensagem é enviada novamente. Devido esse alto fluxo de troca de mensagens entre remetente e receptor, o desempenho do protocolo cai um pouco. A utilização de técnicas de segurança neste protocolo é mínima, já que não utiliza formas de autenticar as partes durante a criação da conexão e nem aloca recursos do servidor antes de a conexão estar completamente aberta.

O Protocolo UDP não é orientado a conexão e não garante aos seus utilizadores garantia na entrega dos pacotes. Devido esse baixo fluxo de troca de mensagens entre remetente e receptor, o desempenho do protocolo aumenta bastante em relação ao protocolo TCP. Não oferece técnicas de segurança, o que o torna muito vulnerável a ataques.

O Protocolo SCTP não é orientado a conexão, mas garante aos seus utilizadores garantia na entrega dos pacotes. Para isso, utiliza dois tipos de fluxos distintos, os fluxos de transmissão, que possuem a requisição de arquivo feita pelo cliente ao servidor e os fluxos de retorno, que contêm o arquivo para ser entregue ao cliente. Devido ao intenso movimento gerado por esses fluxos na rede, o desempenho do protocolo fica abaixo do desempenho do protocolo TCP. O SCTP implementa várias técnicas de segurança, o que pode ser considerado uma vantagem em relação aos demais protocolos.

#### 4. TESTES DE DESEMPENHO

Para verificar o desempenho dos protocolos UDP, TCP e SCTP, e fazer um paralelo entre os mesmos, foram realizadas implementações de aplicações Cliente/Servidor (C/S) e testes de execução das mesmas, utilizando os três protocolos. As aplicações utilizadas nos testes oferecem as mesmas funcionalidades e os dados usados nas transferências foram os mesmos, para todos os protocolos.

As aplicações C/S consistem, basicamente, na transferência de arquivos entre Cliente e Servidor:

- Cliente: solicita ao usuário o nome de um arquivo e envia ao servidor. Após o envio da solicitação, aguarda o conteúdo do arquivo e imprime na tela esse conteúdo e o tempo gasto na realização da transação.
- Servidor: recebe o nome do arquivo e envia ao cliente o conteúdo do arquivo desejado.

Para a implementação das aplicações foi utilizada a biblioteca de sockets do Linux, sendo que para o SCTP foi necessária a instalação de pacotes *ksctp*, que estão disponíveis para *download* no site do Fedora, em (FEDORA, 2006).

Para a análise de desempenho foi calculado o tempo gasto na comunicação, desde a solicitação do cliente até a transferência completa dos arquivos. A seguir, são apresentados resultados de testes de desempenho, em 3 situações distintas.

**Situação 1:** No primeiro teste foi realizada a transferência de arquivos, de tamanhos distintos, com o cliente e o servidor executando em uma mesma máquina, que não estava ligada em rede. A tabela 2 apresenta o tempo gasto nas transferências, utilizando cada um dos três protocolos.

Tabela 2: Resultado da situação 1.

Protocolo	Tempo gasto na transferência (milissegundos)
<b>Arquivo de 56 bytes</b>	
UDP	0.0017740000
TCP	0.0023950001
SCTP	0.0030690001
<b>Arquivo de 5613 bytes</b>	
UDP	0.0035669999
TCP	0.0062050000
SCTP	0.0066080000
<b>Arquivo de 11332 bytes</b>	
UDP	0.0354019995
TCP	0.0362950000
SCTP	0.0443730015

Analisando a tabela 2, pode-se notar que houve uma diferença muito pequena de tempo entre os protocolos na transferência de arquivos da aplicação Cliente/Servidor, mas em situações em que o desempenho é relevante e em casos em que são feitas muitas transferências esse tempo pode influenciar no funcionamento da aplicação. Mas, pode-se perceber, também, que a aplicação utilizando o UDP, como era de se esperar ao analisar a tabela 1, leva menos tempo na transferência que as aplicações utilizando os demais protocolos, em qualquer tamanho de arquivo testado, e a aplicação utilizando o SCTP é a que leva maior tempo na transferência dos mesmos arquivos.

**Situação 2:** O segundo teste foi a transferência de arquivos, de tamanhos distintos, com o cliente e o servidor executando em duas máquinas distintas que se estavam ligadas em uma rede com apenas dois computadores ligados por um hub, para não ter o problema de interferência do tráfego na comunicação entre computadores externos aos da aplicação, o que ocorre em máquinas que estão conectadas a uma rede maior. A tabela 3 apresenta o tempo gasto nas transferências, utilizando cada um dos três protocolos.



Tabela 3: Resultado da situação 2

Protocolo	Tempo gasto na transferência (milissegundos)
<b>Arquivo de 56 bytes</b>	
UDP	0.0018340000
TCP	0.0021670000
SCTP	0.0026300000
<b>Arquivo de 5613 bytes</b>	
UDP	0.0035669999
TCP	0.0038739999
SCTP	0.0045269998
<b>Arquivo de 11332 bytes</b>	
UDP	0.0060709999
TCP	0.0081010005
SCTP	0.0083049998

Analisando a tabela 3, pode-se notar que houve um aumento nos tempos de transferência de arquivos de 56 bytes quando foram utilizados os protocolos UDP e TCP, comparado com a situação 1 utilizando SCTP. Já nos arquivos com 5613 e 11332 bytes e no arquivo de 56 bytes utilizando SCTP houve decréscimo no tempo, principalmente no arquivo de 11332 bytes, o que será analisado com mais detalhes futuramente, pois esperava-se que o tempo gasto fosse maior, já que nesse teste as aplicações cliente e servidor estão em máquinas distintas. Mesmo assim, a transferência dos arquivos na aplicação utilizando UDP leva menos tempo que nas demais, e a aplicação Utilizando SCTP continuou sendo a que gastou mais tempo.

**Situação 3:** O terceiro teste foi a transferência de arquivos com o cliente e o servidor executando em duas máquinas distintas, as quais estavam ligadas na rede dos laboratórios de Informática do CEULP/ULBRA, que é uma rede com vários computadores e onde há um alto nível de tráfego, o que pode gerar atrasos na transferência de arquivos. A tabela 4 apresenta o resultado deste teste.

Tabela 4: Resultado da situação 3.

Protocolo	Tempo gasto na transferência (milissegundos)
<b>Arquivo de 56 bytes</b>	
UDP	0.0018960000
TCP	0.0021879999
SCTP	0.0032550001
<b>Arquivo de 5613 bytes</b>	
UDP	0.0035910001
TCP	0.0046420000
SCTP	0.0048900000
<b>Arquivo de 11332 bytes</b>	
UDP	0.0074979998
TCP	0.0081040002
SCTP	0.0084499996

Analisando a tabela 4, pode-se notar que com os computadores ligados à rede do CEULP/ULBRA houve uma elevação nos tempos da transferência de arquivos comparados à situação 2, que já era esperada devido ao tráfego que há nessa rede. Nota-se, também, que a aplicação utilizando UDP continuou sendo a que menos tempo leva para fazer a transferência de arquivos e a aplicação utilizando SCTP a que leva mais tempo, tanto em arquivos maiores, quanto em arquivos menores.

Nos testes realizados foi possível notar que quanto maior o arquivo transferido, menor é a diferença entre os tempos das aplicações utilizando os protocolos UDP e TCP. Isso se deve, principalmente, ao fato de que é feita apenas uma conexão TCP para transferir todo o arquivo, sendo que, quanto maior o arquivo, menor será a influência do processo de conexão no desempenho da comunicação.

Comparando os resultados dos testes práticos, apresentados nas tabelas 2, 3 e 4, com as informações do estudo bibliográfico apresentadas na Tabela 1, no que diz respeito ao desempenho, é possível notar que o UDP realmente tem um desempenho maior que os protocolos TCP e SCTP, por não oferecer nem confiabilidade e nem segurança. Já o TCP tem um desempenho intermediário, pois oferece confiabilidade, mas oferece um nível de segurança baixo. Por fim, o SCTP é o mais lento, pois além de confiabilidade oferece um grau de segurança alto, se comparado aos demais. Para aumentar a confiabilidade dos protocolos são trocados mais dados (mensagens de confirmação) e as ações para garantir a segurança, como criptografia das mensagens, demandam tempo, o que diminui o desempenho.

## 5. CONCLUSÕES

Com o estudo realizado, verificaram-se as principais características dos protocolos da camada de transporte da arquitetura TCP/IP, no que diz respeito ao tipo de serviço que são



oferecidos por cada um deles, como necessidade de conexão e a garantia ou não de confiabilidade e segurança.

O protocolo SCTP se mostrou o mais completo em relação aos demais, oferecendo novas funcionalidades e unindo vantagens do TCP e do UDP. Com isso, percebe-se, que o SCTP pode vir, num futuro próximo, substituir algumas das funcionalidades do TCP e do UDP. Porém, quando o desempenho é fundamental em uma aplicação a utilização desse protocolo é a menos indicada.

Nos testes realizados foi possível observar que a comunicação entre as aplicações cliente/servidor utilizando UDP foi sempre mais rápida do que a comunicação utilizando os demais protocolos e que a comunicação entre as aplicações cliente/servidor utilizando SCTP sempre foi a que levou maior tempo. Assim, os testes mostraram que características como segurança e confiabilidade influenciam no desempenho dos protocolos, pois quanto maior os níveis de confiabilidade e segurança oferecidos, mais tempo é gasto nas transferências de informações.

Cada um dos protocolos estudados, quando comparados, apresentaram vantagens e desvantagens na sua utilização. Cabe ao desenvolvedor analisar as necessidades da comunicação para aplicar o protocolo que mais se adegue ao que se espera do funcionamento da aplicação que vai ser implementada. Por exemplo, como foi mostrado na análise apresentada, quanto maior o grau de confiabilidade e segurança necessário, menor será o desempenho na comunicação.

Os testes apresentados nesse documento fazem parte de um projeto de análise comparativa dos protocolos, que ainda está em andamento. Muito do que foi descrito na pesquisa bibliográfica ainda deve ser analisado na prática e os resultados obtidos nos resultados apresentados nesse artigo ainda serão analisados mais profundamente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMER, Douglas E. **Interligação em rede com TCP/IP**. Rio De Janeiro – RJ: Campus, 2003, v. II.

FEDORA. **RPMS Fedora**: Download Server. Disponível em: <<http://download.fedora.redhat.com/pub/fedora/linux/core/5/i386/os/Fedora/RPMS/>> Acesso em: 20/09/2006.

OLIVER, Mike. **TCP/IP Frequently Asked Questions**. Disponível em: <<http://www.itprc.com/tcpipfaq/>> Acesso em: 30/06/2006.

PFÜTZENREÜTER, Elvis. **Aplicabilidade e desempenho do protocolo de transporte SCTP**. Florianópolis, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.ufsc.br/>>. Acesso em: 20/06/2006.

QUEIROZ, Daniel Cruz de. **Voz sobre IP em redes corporativas**. Monografia. Fortaleza-CE, 2002. Disponível em: <[http://www.icmc.usp.br/~daniel/Voz%20sobre%20IP%20em%20Redes%20Corporativas%20\(Daniel%20Cruz%20de%20Queiroz\).pdf](http://www.icmc.usp.br/~daniel/Voz%20sobre%20IP%20em%20Redes%20Corporativas%20(Daniel%20Cruz%20de%20Queiroz).pdf)>. Acesso em: 30/06/2006.

SILVA, Jamil de Almeida. **Uma proposta de metodologia para segurança em sistemas de tecnologia da informação**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.ufsc.br/>>. Acesso em: 20/06/2006.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro – RJ: Campus, 1997.