



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS – CCEA
CAMPUS VII – GOVERNADOR ANTÔNIO MARIZ
CURSO DE BACHARELADO EM COMPUTAÇÃO

ALAN DE MORAIS GOMES

**ANÁLISE DO TRÁFEGO DE STREAMING DE MÍDIA PELA REDE: UM ESTUDO
COMPARATIVO ENTRE OS PROTOCOLOS TCP, UDP USANDO O MECANISMO
TFRC**

PATOS – PB

2018

ALAN DE MORAIS GOMES

**ANÁLISE DO TRÁFEGO DE STREAMING DE MÍDIA PELA REDE: UM ESTUDO
COMPARATIVO ENTRE OS PROTOCOLOS TCP, UDP USANDO O MECANISMO
TFRC**

Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduado em Ciência da Computação.

Área de concentração: Redes de Computadores.

Orientador: Prof.º Me Jefferson Felipe Silva de Lima

PATOS – PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

G633a Gomes, Alan de Moraes.

Análise do tráfego de streaming de mídia pela rede [manuscrito] : Um estudo comparativo entre os protocolos TCP, UDP usando o mecanismo TFRC / Alan de Moraes Gomes. - 2018.

47 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas , 2018.

"Orientação : Prof. Me. Jefferson Felipe Silva de Lima , Coordenação do Curso de Computação - CCEA."

1. Tráfego de dados. 2. Protocolo de dados. 3. Streaming.

I. Título

21. ed. CDD 004.6

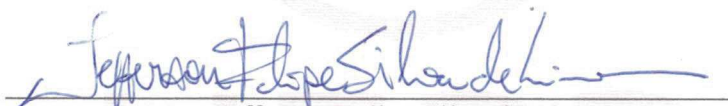
Alan de Moraes Gomes

Análise do tráfego de streaming de mídia pela rede: Um estudo comparativo entre os protocolos TCP. UDP usando o mecanismo TFRC

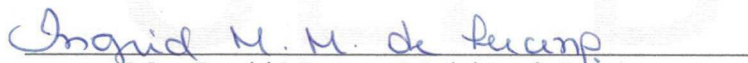
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências da Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Ciências da Computação.

Aprovado em 27/11/2018

BANCA EXAMINADORA



Msc. Jefferson Felipe Silva de Lima
(Orientador)



Msc. Ingrid Morgane Medeiros de Lucena
(Examinador)



Dr. Wellington Candeia de Araújo
(Examinador)

*Aos meus pais e familiares, que, mesmo nas dificuldades
e obstáculos diários, sempre fortaleceram
meus objetivos e metas,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida que me destes, a sabedoria para encarar os desafios cotidianos, a força de vontade para sempre seguir em frente e o discernimento para, em cada situação, coletar informações para um novo aprendizado.

Agradeço a meus pais, Maria José e Rivaldo Gomes, que sempre foram minha fonte de inspiração, sonhando para mim o desejo deles de um estudo bem estruturado, meta essa que eles não puderam alcançar, seja por circunstâncias pessoais ou financeiras. A meu irmão Cícero Morais, mesmo que indiretamente, me mostra, diariamente, o valor de cada conquista com o esforço e força de vontade.

Agradeço de forma especial, também, a meu orientador, Prof.º Me Jefferson Felipe Silva de Lima, ele que conheci na reta final de minha graduação e, que mesmo sem ter a relação aluno-professor estabelecida no início deste curso, em sua terceira semana de aula como meu professor recém apresentado, entendeu e apoiou de forma bastante incentivadora minha situação no emprego. Ele que passou por situações bastante semelhantes as minhas, entendeu melhor que ninguém a minha posição naquele momento, além de me aconselhar a como lidar com as adversidades, além de me fazer crescer profissionalmente com suas dicas. Até mesmo agora, novembro de 2018, com sua atual agenda profissional, não abriu mão de me orientar pois assumiu o compromisso e não iria desistir dele. Ao Sr. meu muito obrigado.

Agradeço a minhas avós, Maria Galdina, “Mocinha” e Delmira, que no início da graduação, me ajudaram financeiramente a arcar com os custos de transporte e material didático, sem as senhoras, minhas avós queridas, esse sonho não seria possível.

Agradeço de forma especial a minha namorada Mickaelly Lucena, minha companheira de todas as horas. Você, meu amor, foi a pessoa que mais me incentivou para que eu chegasse na posição que estou hoje, seja caráter, conhecimentos, profissionalismo, homem, pessoa. Você, depois de meus pais, é o meu maior exemplo.

Agradeço a meus professores e professoras, exemplos de profissionais dedicados, mesmo enfrentando problemas diários quanto a administração da faculdade, seja por recursos honorários, seja por melhor estrutura física da universidade, ou pura e simplesmente por melhores condições de ministrar suas aulas. Nunca, em sequer nenhum instante, deixaram de dar aulas de ótima qualidade para nós estudantes. De forma especial, representando todos os meus professores, quero agradecer a meu professor Pablo Ribeiro Suárez. Uma pessoa de um coração gigantesco, onde está disposto a ajudar, no que for preciso, a todo aquele que busca

uma aprendizagem sadia, sem levar vantagem sobre alguém ou alguma coisa. A toda sua ajuda e desempenho em suas aulas, grande mestre, meu muito obrigado.

Agradeço também, a meus colegas de turma, sem citar nomes para não cometer a injustiça de esquecer algum. Tive o prazer de nesses cinco anos de graduação conhecer pessoas excepcionais e inteligentíssimas, as quais tive a honra de conviver e aprender junto diariamente.

Agradeço de forma especial a meus primos Kesley Pablo, Kamila Morais (primos maternos) e Priscila Gomes (prima paterna) pelo exemplo de perseverança, por sempre acreditarem em mim e me mostrar que com Deus no coração e bastante humildade, é possível alcançar a vitória de forma grandiosa.

Agradeço a meus amigos Mikaelson Roque e Marcelo Santos, pela convivência e apoio no que fosse preciso na época em que morávamos no mesmo apartamento.

E a todos aqueles que deram sua parcela de contribuição para que esse meu sonho se concretize, meus mais sinceros agradecimentos.

Sempre persista, nunca desista. Será grande a caminhada, mas quando chegares a porta desejada, se alegrará, pois olhará para o seu eu e dirá: valeu a pena!

- Alan de Moraes Gomes

RESUMO

O serviço de streaming de mídia é um recurso digital onde, por meio de pacotes de dados trafegados pela camada de transporte, definida a partir do Modelo de Referência OSI (*Open System Interconnection*), disponibiliza grande quantidade de conteúdo multimídia aos usuários. Esses dados são de arquivos diversos, podendo ser dos tipos de multimídia (áudio e vídeo), geralmente disponibilizados na nuvem, onde vários computadores conectados à internet podem acessá-los. Esses serviços estão cada vez mais populares na internet, chamando a atenção e curiosidade de cada vez mais pessoas, sendo um dos serviços mais populares da rede na atualidade. Contudo, com a grande popularidade desses serviços e a quantidade de acessos diários, a estrutura da camada de transporte do precisou passar por uma série de transformações para que fosse possível dar suporte a tamanho fluxo de informações acumuladas. Atualmente, existe uma alternativa que minimiza a densidade de congestionamento causada por esse fluxo, que é um mecanismo de controle de congestionamento, chamado TFRC (*TCP Friendly Rate Control*). Este trabalho visa o comparativo entre dois dos protocolos usados na camada de transporte, que são TCP (*Transmission Control Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*) utilizando o mecanismo de controle de congestionamento o TFRC, analisando cenários onde os protocolos mencionados encontram menos dificuldades no tráfego do fluxo de informações de *streaming* de mídia percorridos pela camada de transporte. Os resultados deste trabalho demonstram uma relevante melhora no congestionamento do fluxo das informações pela rede por parte do TFRC, onde o mesmo demonstrou desempenho, agilidade e segurança no envio das informações.

Palavras-chave: Protocolo, streaming, tráfego de dados.

ABSTRACT

The streaming media service is a digital resource where, through transport packets trafficked by the transport layer, the OSI (*Open System Interconnection*) Reference Model provides a large amount of multimedia content to users. This data is from files of audio and video types, usually made available in the cloud, where multiple computers connected to the internet can access them. These services are increasingly popular on the internet, drawing the attention and curiosity of more and more people, being one of the most popular services on the network today. However, with the great popularity of these services and the number of daily accesses, the structure of the OSI Model transport layer has been having problems supporting such a large amount of daily flow of information. Currently, there is an alternative that minimizes the congestion density caused by this flow, which is a congestion control mechanism, called TCP Friendly Rate Control (TFRC). This work aims to compare two of the protocols used in the transport layer of the OSI Model, which are TCP (*Transmission Control Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*) using the TFRC congestion control mechanism, analyzing scenarios where the mentioned protocols find less difficulties in the flow of media streaming information flow traveled by the transport layer. The results of this work demonstrate a significant improvement in the congestion of the flow of information through the network by the TFRC, where it demonstrated performance, agility and security in sending the information.

Keywords: Protocol, streaming, data traffic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Referência OSI	16
Figura 2: Modelo TCP/IP em comparação ao Modelo de Referência OSI.	18
Figura 3: Distribuição dos protocolos entre os Modelos TCP/IP e OSI	18
Figura 4: Comunicação Estabelecida via TCP	20
Figura 5: Estrutura do Segmento TCP	22
Figura 6: Protocolos e redes no modelo TCP/IP Inicial	22
Figura 7: Interface do FileZilla.....	24
Figura 8: Estrutura do segmento UDP	26
Figura 9: Interface do Skype	27
Figura 10: Interface do Wireshark.....	30
Figura 11: Cisco Packet Tracer	31
Figura 12: Interface do TCPView	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comprimento de Pacotes - TCP	37
Tabela 2: Comprimento de Pacotes - UDP.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 MODELOS DE ARQUITETURA DE REDE.....	15
3.1.1 MODELO TCP/IP	17
3.2 CAMADA DE TRANSPORTE.....	19
3.2.1 TCP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL).....	19
3.2.2 UDP (USER DATAGRAM PROTOCOL).....	24
3.3 TFRC (TCP FRIENDLY RATE CONTROL)	28
3.4 MECANISMOS DE TESTE	29
3.4.1 WIRESHARK	29
3.4.2 CISCO PACKET TRACER.....	30
3.4.3 TCPVIEW	31
3.5 TRABALHOS RELACIONADOS	32
4. METODOLOGIA	33
4.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	34
4.2 BUSCA DE PROTOCOLOS.....	34
4.3 DEFINIÇÃO DE MECANISMOS DE CONTROLE PARA ANÁLISE	34
4.4 MONITORAMENTO DO TRÁFEGO	34
4.5 UTILIZAÇÃO DO MECANISMO TFRC.....	35
5. RESULTADOS.....	35
5.1 ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DOS PROTOCOLOS.....	35
5.1.1 TCP	36
5.1.2 UDP	38
5.1.3 UTILIZAÇÃO DO TFRC	40
5.1.4 COMPARATIVO DOS DADOS OBTIDOS.....	43
6. CONCLUSÕES.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

É explícito o grande desenvolvimento das tecnologias da informação durante os últimos anos e, para tal, surge a necessidade de que se haja a interatividade entre os sistemas que usam de tal tecnologia. Com isso, vários sistemas de entretenimento utilizam de tais inovações para oferecer produtos cada vez mais atrativos a seus públicos alvo.

Inúmeros serviços de *streaming* surgiram nas últimas décadas, o que com o avanço da velocidade da conexão com a internet, levam aos consumidores várias opções de entretenimento à suas casas. Grandes empresas como Netflix, Spotify, Apple Music dentre outras são um pequeno exemplo do quão disseminado esse serviço de streaming de entretenimento está atualmente.

Segundo dados do site da Netflix (2018), a empresa fundada em 1997 conta com mais de 117 milhões de assinantes ao redor de 190 países, atualmente considerado o principal serviço de entretenimento por internet no mundo. Com uma estimativa de 140 milhões de horas de filmes e séries por dia, o assinante da Netflix conta com várias opções de conteúdo multimídia disponível no serviço online.

Atualmente a empresa Spotify consolidou-se como sendo o maior serviço de streaming de música da internet. Segundo Ciriaco (2018), com 70 milhões de assinantes pagos e cerca de 140 milhões de assinantes gratuitos, a empresa fundada em 2006 ultrapassou em mais da metade dos usuários da Apple Music, que conta com cerca de 30 milhões de usuários pagantes - a plataforma não conta com um serviço gratuito - de usuários ao redor do mundo.

O advento das novas tecnologias, marcado pelo crescimento da rede de computadores e da evolução dos dispositivos computacionais, dá origem a diversos recursos e ferramentas digitais como o *streaming* (do inglês, fluxo, em tradução livre), que são serviços que transmitem conteúdos de áudio e vídeo online sem a necessidade de fazer download de arquivos. (BERTELLA, 2016).

Contudo, a camada de transporte do Modelo de Referência OSI¹ de redes computadores, por onde todo esse fluxo de informações trafega, está com dificuldades em lidar com tamanha densidade de informações que são diariamente transportadas. Esse estudo mais geral do controle do congestionamento é apropriado, já que, como acontece com a transferência

¹ Modelo de Referência OSI (Open System Interconnection), criado em 1971 e formalizado em 1983 (Day e Zimmermann, 1983), pela ISO. “Ele foi revisto em 1995 (Day, 1995). O modelo é chamado Modelo de Referência ISO OSI (Open Systems Interconnection), pois ele trata da interconexão de sistemas abertos - ou seja, sistemas que estão abertos à comunicação com outros sistemas.” (TANENBAUM, 2003).

confiável de dados, o congestionamento é um dos “dez mais” da lista de problemas fundamentalmente importantes no trabalho de redes. (KUROSE, 2010).

Para isso, existem diversos protocolos que operam nesta camada, com fins específicos para cada situação. TCP (*Transmission Control Protocol*) é um protocolo orientado à conexão, que garante a comunicação entre máquinas cliente e servidor, a fim de uma maior seguridade na entrega de dados. O TCP é um protocolo confiável de ponta a ponta orientado a conexão, projetado para caber em uma hierarquia em camadas de protocolos que suportam aplicações multi-rede. (POSTEL, 1981). UDP (*User Datagram Protocol*) é um protocolo não orientado à conexão, permitindo que se envie um datagrama encapsulado em um pacote, contudo sem qualquer garantia de que este chegue a seu destino. O protocolo de datagrama do usuário (UDP) fornece um mínimo, transporte de passagem de mensagens não confiável e de melhor esforço para aplicativos e outros protocolos (como túneis) que desejam operar sobre IP. (POSTEL, 1980).

Uma das alternativas existentes foi criada para que essa dificuldade seja minimizada, utilizando um mecanismo de controle, chamado TFRC (*TCP Friendly Rate Control*), minimizando, assim, o congestionamento do fluxo de informações percorridas pela camada de transporte.

O TFRC foi projetado para ser razoavelmente justo ao competir pela largura de banda com fluxos TCP, onde chamamos um fluxo “razoavelmente justo” se o seu envio de taxa é geralmente dentro de um fator de dois da taxa de envio de um fluxo de TCP sob as mesmas condições. (FLOYD, et al., 2003).

Este mecanismo visa um maior controle das informações que são trafegadas pela rede, visando uma redução de congestionamento de pacotes trafegados pela camada de transporte. O TFRC visa diminuir o tráfego de informações multimídia pela rede, reduzindo consideravelmente os problemas gerados no envio de pacotes.

Dessa forma, o presente trabalho irá apresentar os resultados obtidos utilizando o TFRC, para comparar o desempenho dos protocolos da camada de transporte TCP e do UDP nos cenários onde se trafegam informações de streaming de mídia pela rede.

Este estudo tem como base a proposta da relevante diminuição do tráfego de informações de mídia pela rede, o que causa um congestionamento bastante significativo no que diz respeito a entrega de pacotes de dados aos usuários.

Com o tema deste estudo, tais problemas serão disseminados significativamente, tornando-se mais objetivo o fluxo de entrega das informações pela internet, o que atualmente

encontra-se bastante dificuldade, pois o tráfego desses dados é muito intenso, congestionando a rede, dificultando a entrega dessas informações, acarretando falhas na recepção por parte dos usuários.

Com o mecanismo TFRC, este problema é relativamente resolvido, pois o mesmo foi projetado para que o fluxo de informações de *streaming* pela rede seja feito de forma mais controlado, objetivando um melhor tráfego de dados, maior garantia de entrega dos pacotes e a relevante diminuição do tempo de entrega dos mesmos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o comportamento do mecanismo de controle de congestionamento TFRC nos cenários de transmissão de pacotes de streaming de mídia pela rede.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o comportamento dos protocolos em situações distintas;
- Evidenciar potenciais falhas no comportamento desses protocolos a ante as situações de pior, médio e melhor caso;
- Apontar pontos críticos na utilização desses protocolos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MODELOS DE ARQUITETURA DE REDE

O Modelo de Referência OSI é um modelo de redes de computadores baseado no padrão ISO² a qual tem a finalidade de padronizar a comunicação entre sistemas heterogêneos, ou seja,

² Modelo de Referência ISO (Organização Internacional para Padronização).

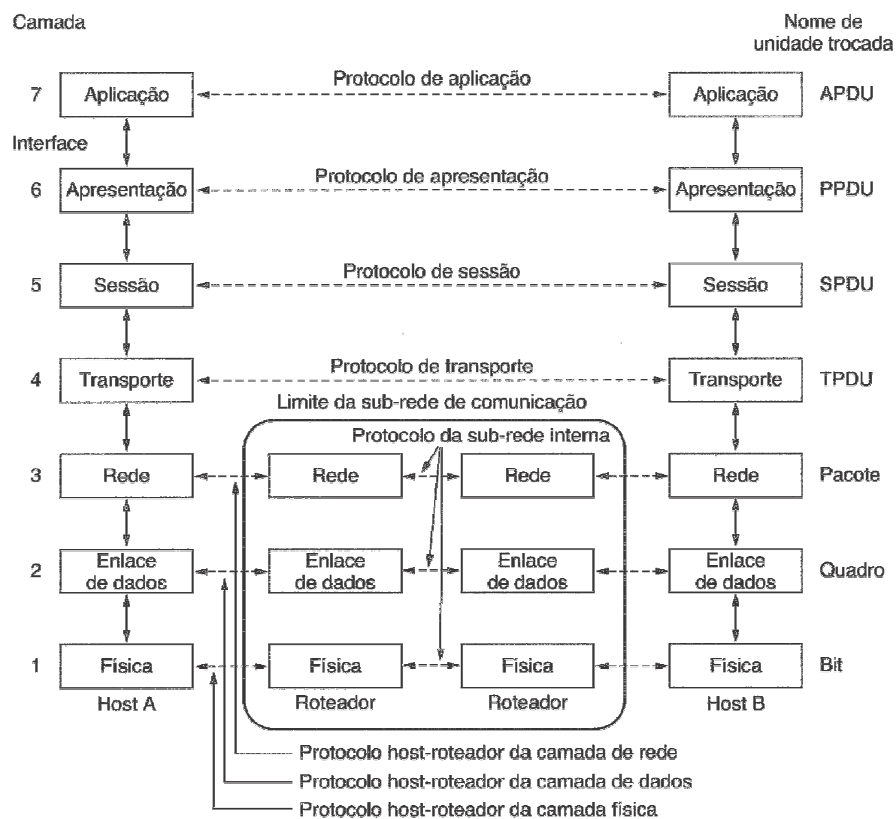
sistemas que foram desenvolvidos por fabricantes distintos, mas que possam interoperar por meio de padrões que garantam suas funcionalidades.

O modelo OSI tomou forma quando os protocolos que deveriam tornar-se os protocolos da Internet estavam em sua infância, e eram apenas um dos muitos diferentes pacotes de protocolos em desenvolvimento; na verdade, os inventores do modelo OSI original provavelmente não tinha a Internet em mente ao criá-lo. (KUROSE, 2013).

Observe que o modelo OSI propriamente dito não é uma arquitetura de rede, pois não especifica os serviços e os protocolos exatos que devem ser usados em cada camada. Ele apenas informa o que cada camada deve fazer. (TANENBAUM, 2003).

A figura 1 ilustra as diversas camadas que compõe o Modelo de Referência OSI.

Figura 1: Modelo de Referência OSI



Fonte: TANENBAUM, 2003.

Para maior clareza das camadas presentes na arquitetura de redes do Modelo de Referência OSI cito, a seguir, uma leve explanação de suas principais características.

Para Tanenbaum (2003), a camada física é a responsável pela transmissão dos bits brutos através do canal de comunicação. Esta camada deve garantir quando uma máquina enviar o bit 1 a outra máquina receba esse mesmo bit 1, e não um bit 0. Já a principal tarefa da camada de enlace de dados é modificar o uso de um meio de transmissão de dados bruto, ou seja, bytes de informação, em uma linha livre de erros na transmissão não detectadas para a camada de rede. Se o serviço de entrega for confiável, a máquina receptora confirma a entrega das informações enviando a resposta de confirmação.

Para Tanenbaum (2003), a camada de rede é a responsável pelo controle da operação de sub-rede, ou seja, ela quem controla a maneira como os pacotes serão roteados até seu destino. Já a camada de sessão permite que os usuários de máquinas diferentes estabeleçam uma sessão entre si, ou seja, uma máquina manda uma solicitação cliente à máquina servidor que, conseqüentemente, responde à máquina cliente.

Para Tanenbaum (2003), a camada de apresentação difere das demais, sendo ela responsável pela movimentação de bits, se preocupando com a sintaxe dos pacotes que serão enviados, gerenciando as estruturas de dados abstratas, permitindo a definição e o intercâmbio de dados de mais alto nível. Já a camada de aplicação contém uma série de protocolos, sendo um deles o HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) que é a base de dados para a WWW (*World Wide Web*), que nada mais é que a internet que conhecemos. Quando navegamos na internet que solicitamos uma página, esta solicitação será enviada para uma máquina servidor com o nome da página e este transmite de volta à página Web solicitada.

3.1.1 MODELO TCP/IP

O Modelo TCP/IP trata-se de um conjunto de protocolos que auxiliam na comunicação de computadores interligados em rede. Baseia-se, basicamente, no uso dos dois protocolos de comunicação que dão nome a este modelo: TCP (*Transmission Control Protocol* – Protocolo de Controle de Transmissão) e o IP (*Internet Protocol* – Protocolo de Internet). Neste modelo pode ser visto um conjunto de protocolos semelhante ao Modelo de Referência OSI, onde suas camadas têm suas respectivas funções.

O Protocolo IP especifica o formato como os pacotes serão enviados e recebidos entre os roteadores e sistemas finais. Na internet os principais protocolos são conhecidos coletivamente como TCP/IP. (KUROSE, 2013).

A figura 2 ilustra o modelo TCP/IP em comparação ao Modelo de Referência OSI.

Figura 2: Modelo TCP/IP em comparação ao Modelo de Referência OSI.

APLICAÇÃO	APLICAÇÃO	
APRESENTAÇÃO		
SESSÃO		
TRANSPORTE		TRANSPORTE
REDE		INTERNET
ENLACE		LINK DE DADOS
FÍSICA		

Fonte: Autoria Própria

Assim como há semelhanças entre os modelos TCP/IP e OSI na arquitetura de camadas distribuídas, existem, também, semelhanças quanto as funções exercidas por cada camada presente nos dois modelos. A figura 3 ilustra este caso.

Figura 3: Distribuição dos protocolos entre os Modelos TCP/IP e OSI

MODELO TCP/IP	MODELO OSI	PROTOCOLOS
APLICAÇÃO	APLICAÇÃO	DNS, DHCP, FTP, HTTPS, IMAP, LDAP, NTP, POP3, RTP, RTSP, SSH, SIP, SMTP, SNMP, Telnet, TFTP
	APRESENTAÇÃO	JPEG, MIDI, MPEG, PICT, TIFF
	SESSÃO	NetBIOS, NFS, PAP, SCP, SQL, ZIP
TRANSPORTE	TRANSPORTE	TCP, UDP
INTERNET	REDE	ICMP, IGMP, IPsec, IPv4, IPv6, IPX, RIP
LINK DE DADOS	ENLACE	ARP, ATM, CDP, FDDI, Frame Relay, HDLC, MPLS, PPP, STP, Token Ring
	FÍSICA	Bluetooth, Ethernet, DSL, ISDN, 802.11 Wi-fi

Fonte: Autoria Própria

3.2 CAMADA DE TRANSPORTE

Com os problemas de congestionamento, perdas e/ou reordenação de pacotes de informações oferecidos pelo protocolo IP, surgiu a necessidade da criação de um serviço de entregas de dados confiáveis, para isso a camada de transporte do Modelo de Referência OSI, tem por objetivo ser ela a responsável pela transferência desses dados de forma contínua e objetiva.

Posicionada entre as camadas de aplicação e de rede, a camada de transporte é uma peça central da arquitetura de rede em camadas. Ela desempenha o papel fundamental de fornecer serviços de comunicação diretamente aos processos de aplicação que rodam em hospedeiros diferentes. (KUROSE, 2010).

Para que houvesse a garantia da entrega de tais informações, esta camada reúne diversos protocolos de transporte de dados, com o objetivo de interligar duas máquinas para o envio/recebimento desses pacotes. Contudo, para que exista a real comunicação entre elas, há a necessidade de que as mesmas utilizem dos protocolos existentes na camada de transporte.

Para Kurose (2010), os protocolos TCP e UDP tem a responsabilidade de garantir uma maior probabilidade de entrega dos pacotes IP aos destinatários sem uma demasiada perda de informações entre dois processos.

Nas camadas inferiores, os protocolos são trocados entre cada uma das máquinas e seus vizinhos imediatos, e não entre as máquinas de origem e destino, que podem estar separadas por muitos roteadores. (TANENBAUM, 2003).

3.2.1 TCP (TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL)

Sendo um dos protocolos da camada de transporte e um dos principais, o TCP é caracterizado por ser um serviço de entrega confiável, devido a sua garantia de entrega dos pacotes sem erros, confirmando, assim, confiabilidade a este protocolo. Através dele existe a comunicação entre duas máquinas, onde uma delas é a chamada cliente e a outra servidor. A máquina cliente é a responsável por estabelecer uma conexão, onde ela irá solicitar uma informação ou dado a máquina servidor, onde a mesma devolve a referida solicitação.

Posicionada entre as camadas de aplicação e de rede, a camada de transporte é uma peça central da arquitetura de rede em camadas. Ela desempenha o papel fundamental

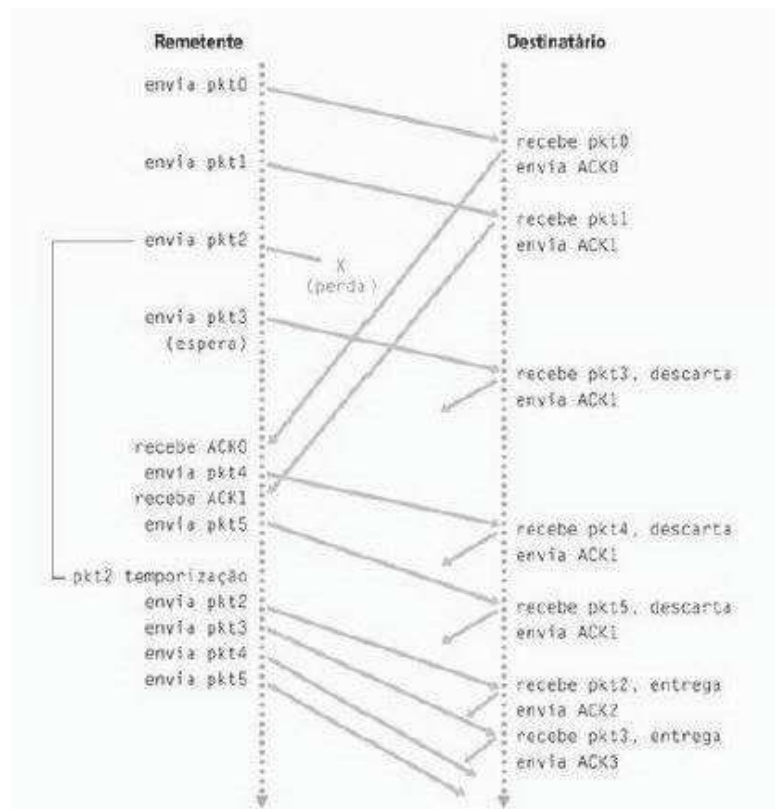
de fornecer serviços de comunicação diretamente aos processos de aplicação que rodam em hospedeiros diferentes. (KUROSE, 2010).

A interface TCP/usuário fornece as chamadas feitas pelo usuário no TCP para ABRIR ou FECHAR uma conexão, para ENVIAR ou RECEBER dados, ou para obter STATUS sobre uma conexão (POSTEL, 1981).

De forma geral, a maior característica do protocolo TCP é fazer a entrega dos pacotes em rede de forma ordenada, verificar a consistência dos dados, formatá-los em tamanhos prefixados para entregá-los ao protocolo IP, circular pela camada de transporte com tais dados e permitir, de forma concisa, o estabelecimento do início e fim da comunicação entre as máquinas. . O TCP deve recuperar dados danificados, perdidos, duplicados ou entregue fora da ordem pelo sistema de comunicação da internet. (POSTEL, 1981).

A figura 4 ilustra, de forma interativa, esta comunicação.

Figura 4: Comunicação Estabelecida via TCP



Fonte: KUROSE, 2010.

A figura 4 representa o processo de confirmação de entrega de informações do protocolo TCP. A máquina cliente envia uma mensagem para a máquina servidor que, por sua vez, aguarda a confirmação de entrega pela máquina servidor, confirmando que a informação foi entregue com sucesso. Quando ocorre um atraso ou uma falha na entrega desta informação, a

máquina cliente reenvia uma nova mensagem para a máquina servidor na espera da confirmação que esta realmente foi entregue com sucesso.

De acordo com Postel (1981), na descrição feita pelo mesmo na RFC 793 todas essas requisições têm por passagem de parâmetros requisitos como o endereço, o tipo de serviço, precedência, segurança e demais informações para controle de dados.

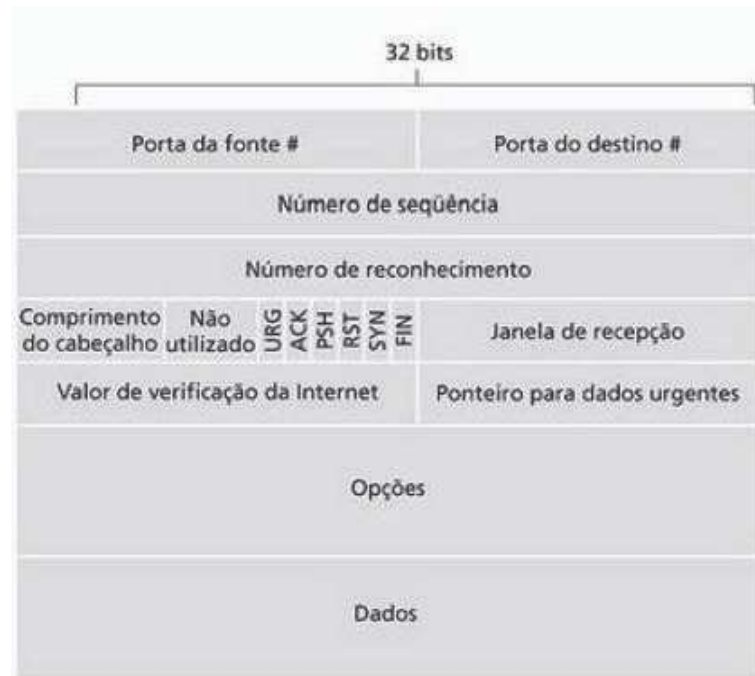
De acordo com Kurose (2010), a estrutura do segmento TCP é constituída de campos de cabeçalho e um campo de dados, ou seja, quando o TCP envia um arquivo demasiado grande, como uma imagem de uma página web, ele particiona esse arquivo em fragmentos menores, especificando a maior quantidade de dados no cabeçalho.

A estrutura do segmento TCP é composta pelos seguintes campos:

- Porta Fonte: número da porta fonte de origem;
- Porta de Destino: número da porta de destino;
- Número de Sequência: número de sequência do primeiro octeto de dados do segmento;
- Número de Reconhecimento: contém o valor do próximo número de sequência que o destinatário do segmento está esperando receber;
- Comprimento de cabeçalho: especifica o tamanho do comprimento do cabeçalho da informação;
- Não Utilizado: contém 6 bits reservados para uso futuro, pode ser zero;
- URG: informa à aplicação a chegada de dados urgentes, que devem ser processados antes do buffer;
- ACK: indica que o campo *Acknowledgment* (confirmação) é significante;
- PSH: Função *Push* (mover);
- RST: reinicializa a conexão;
- SYN: sincroniza os números de sequência;
- FIN: indica o fim da transmissão de dados;
- Janela de Recepção: contém os dados que o destinatário está aguardando receber;
- Valor de Verificação da Internet: controle de erros;
- Ponteiros para Dados Urgentes: localização do último byte dos dados urgentes;
- Opções: contém informações do tamanho cabeçalho da mensagem, por onde destinatário e remetente trocam essas informações;
- Dados: contém os dados da mensagem.

A figura 5 ilustra a estrutura de um segmento TCP.

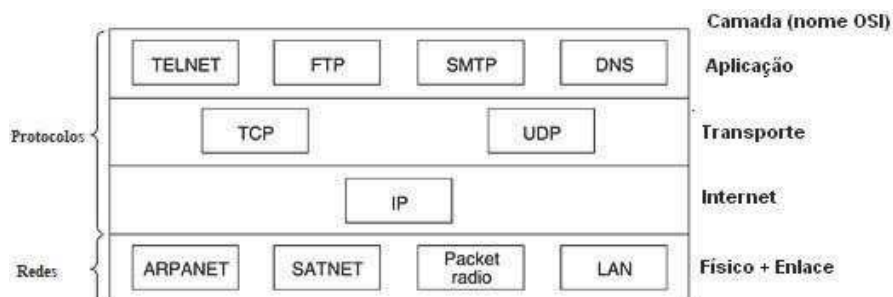
Figura 5: Estrutura do Segmento TCP



Fonte: KUROSE, 2010.

Para Tanenbaum (2003), no Modelo TCP/IP inicial, a camada de transporte está localizada acima da camada de inter-redes, tendo a finalidade de permitir que máquinas conectadas mantenham uma comunicação entre si, ou seja, que os pacotes de dados enviados e recebidos pelas máquinas de conversação sejam entregues a seus destinos. O TCP também cuida do controle de fluxo, impedindo que um transmissor rápido sobrecarregue um receptor lento com um volume de mensagens maior do que ele pode manipular. (TANENBAUM, 2003). A figura 6 ilustra o modelo TCP/IP inicial.

Figura 6: Protocolos e redes no modelo TCP/IP Inicial



Fonte: TANENBAUM, 2003.

A figura 6 retrata todos os serviços que são usados no Modelo TCP/IP, separando por camadas cada um deles. A camada de Aplicação utiliza os protocolos Telnet, FTP, SMTP e DNS, já a Camada de Transporte utiliza os protocolos TCP e UDP, e a Camada de Internet usa o Protocolo IP. A Camada Física já utiliza de serviços de rede, como a ARPANET, SATNET, a Packet radio e LAN, ou seja, as tecnologias de comunicação usadas para a comunicação com a internet.

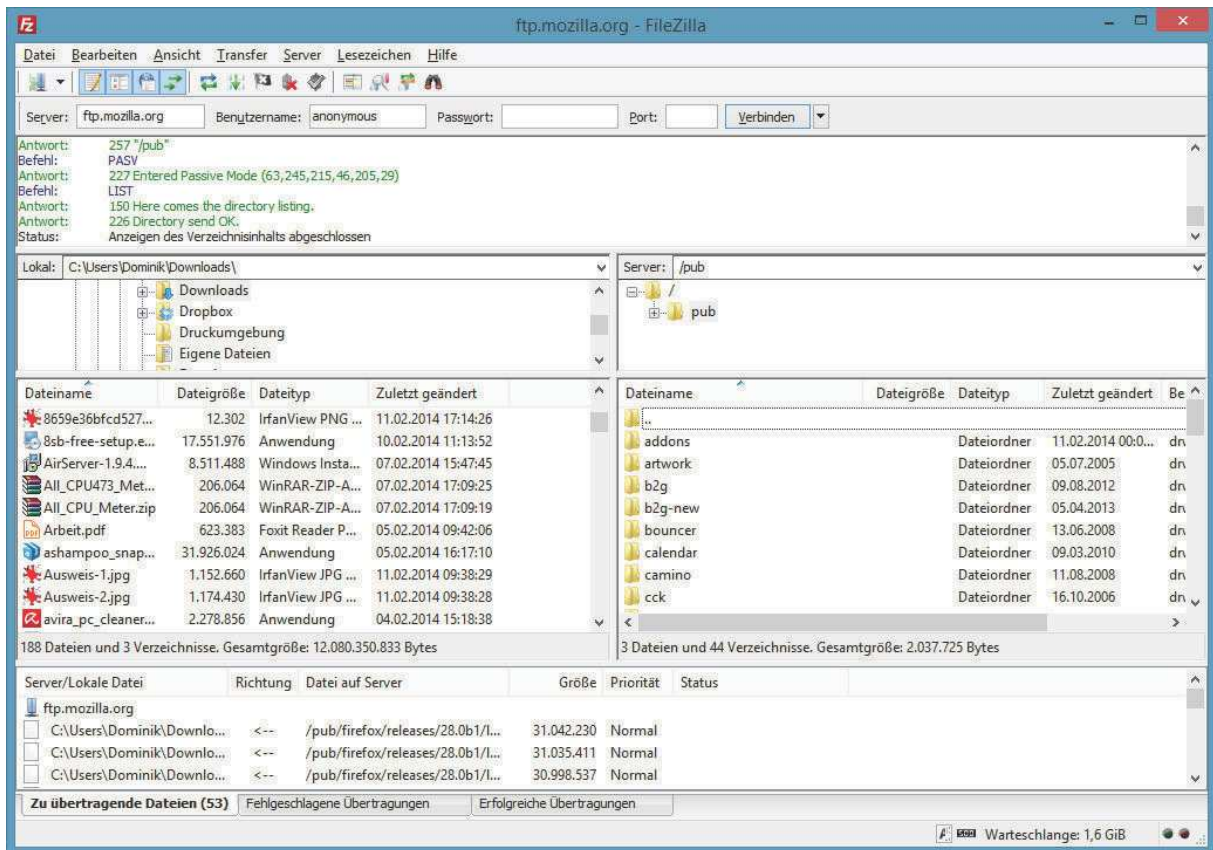
Devido sua confiabilidade, o protocolo TCP é um dos protocolos mais usados na transmissão de dados que exija mais segurança. Para tal, vários serviços utilizam deste protocolo como meio de comunicação entre máquinas cliente e servidor. Por ser um protocolo que exija confirmação na conexão, serviços como cliente de e-mail – que necessitam da confirmação de entrega por parte do remetente e a leitura por parte do destinatário – são o exemplo mais comum de meios que utilizam do protocolo TCP.

Os primeiros sistemas de correio eletrônico consistiam simplesmente em protocolos de transferência de arquivos, com a convenção de que a primeira linha de cada mensagem (isto é, o arquivo) deveria conter o endereço do destinatário. (TANENBAUM, 2003).

Além de clientes e-mail, alguns outros serviços que exijam conexão e confiabilidade também usam o protocolo TCP, como o serviço FTP (*File Transfer Protocol* – Protocolo de Transferência de Arquivos). Como o nome já diz, este protocolo tem a função de troca de arquivos entre máquinas conectadas a internet. Basicamente um computador envia um arquivo para um outro computador, onde a máquina servidor envia a mensagem e a máquina cliente recebe. Segundo Tanenbaum (2003), uma comunicação assim deve ser estabelecida conectando-se as máquinas através de portas de conexão.

Uma aplicação bastante conhecida na internet que usa os serviços FTP é o programa *FileZilla*. Trata-se de um aplicativo para quem precisa enviar arquivos FTP de um servidor remoto. Possui uma interface bastante simples e de uso descomplicado. A figura 7 ilustra o programa.

Figura 7: Interface do FileZilla



Fonte: Google Imagens

A figura 7 ilustra a interface do programa FileZilla, sendo o lado esquerdo da imagem o campo responsável pelo servidor de arquivos, ou seja, o local remoto onde cada arquivo está salvo. O lado direito da imagem representa o local em nossa máquina, onde iremos identificar o caminho onde será salvo os arquivos que estão no servidor.

3.2.2 UDP (USER DATAGRAM PROTOCOL)

O UDP é um do protocolo contido na Camada de Transporte do Modelo de Referência OSI. Este envia um datagrama encapsulado num pacote, ou seja, são dados com informações suficientes para que seja entregue dá origem ao destino sem precisar de troca de informações entre a máquina destino e a rede de transporte.

O UDP requisita as mensagens do processo de aplicação, anexa os campos de número de porta da fonte e do destino para o serviço resultante à camada de rede, que encapsula o segmento dentro de um datagrama IP e, em seguida, faz uma tentativa de melhor esforço para entregar o segmento ao hospedeiro receptor. Se o segmento chegar ao hospedeiro receptor, o UDP usará o número de porta de destino para entregar os dados do segmento ao processo de aplicação correto. (KUROSE, 2010).

O UDP é tido como um protocolo não confiável, pelo fato de que não seja necessário a garantia de que os dados foram realmente entregues ao destinatário. Logo, não é necessária uma conexão entre as máquinas cliente e servidor.

Vale a pena mencionar explicitamente algumas ações que o UDP não realiza. Ele não realiza controle de fluxo, controle de erros ou retransmissão após a recepção de um segmento incorreto. (TANENBAUM, 2003). Para ter maior garantia de que isso não ocorra, todas essas estruturas devem ser implementadas via outras camadas, a exemplo a camada de aplicação utilizando-se de mecanismos como o RDT (*Reliable Data Transfer*).

O RDT possui 3 versões sendo elas as 1.0, 2.0 e 3.0 onde a versão 1.0 irá funcionar para a transferência confiável de dados em um canal perfeitamente confiável, a versão 2.0 funcionará em uma transferência de dados confiável em um canal com erros de bits e a versão 3.0 irá operar em uma transferência confiável de dados através de um canal com perdas com perdas e erros de bits. (KUROSE, 2010).

Segundo Tanenbaum (2003), uma das áreas que o UDP se mostra realmente útil é nas situações cliente/servidor, pois numa solicitação curta não há a necessidade da espera para uma pequena resposta de retorno.

Os dados da aplicação ocupam o campo de dados do segmento UDP. Por exemplo, para o DNS (*Domain Name System* – Sistema de Nomes de Domínios), que atribui nomes de sistemas de domínio, o campo de dados contém uma mensagem de consulta ou uma mensagem de resposta. Para uma aplicação de recepção de áudio, parcelas de áudio preenchem o campo de dados. (KUROSE, 2010).

A figura 8 ilustra a estrutura de um segmento UDP.

Figura 8: Estrutura do segmento UDP

Fonte: KUROSE, 2010.

A figura 8 ilustra a forma da estrutura de um segmento UDP, contendo os seguintes campos:

- Porta da Fonte: número da porta fonte de origem;
- Porta do Destino: número da porta de destino;
- Comprimento: especifica o tamanho do comprimento do cabeçalho da informação;
- Soma de Verificação: usado na verificação dos erros do cabeçalho e dos dados transmitidos;
- Dados da aplicação: contém os dados da mensagem.

Na descrição encontrada na RFC 768, o protocolo UDP deve ser capaz de determinar a origem e o destino endereçados da internet e o campo de protocolo do cabeçalho da internet. (POSTEL, 1980).

A diferença básica entre o TCP e o UDP se dá ao fato de que o TCP é um protocolo orientado a conexão, contendo os mecanismos de início, manutenção e encerramento da comunicação, gerenciar os diversos tamanhos dos pacotes trafegados, encontrar e corrigir os erros, minimizar o congestionamento do fluxo de tráfego de dados e possibilitar o reenvio dos

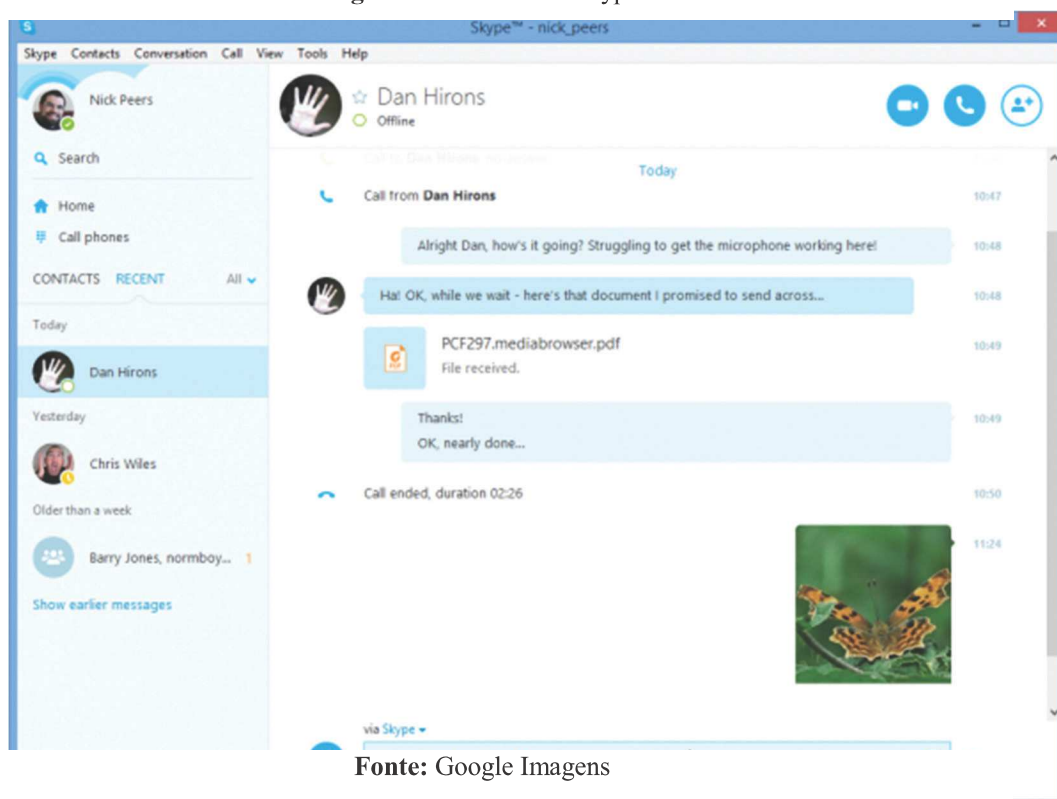
pacotes que não chegaram a seu destino. Por outro lado, o UDP é propício para aqueles fluxos menos congestionados, como por exemplo a transmissão de mídia.

Um dos serviços que utilizam do protocolo UDP é o DNS (*Domain Name System* – Sistema de Nomes de Domínio), trata-se da atribuição de nomes a sistemas de domínio de um banco de dados, ou seja, ele requisita determinado site pelo nome que você digita na página do navegador de internet.

O resolvedor³ envia um pacote UDP a um servidor DNS local, que procura o nome e retorna o IP ao resolvedor. Em seguida, o resolvedor retorna o endereço IP ao programa aplicativo que fez a chamada. (TANENBAUM, 2003).

Outro exemplo simples de serviços que não exijam confirmação de entrega de pacotes UDP são as chamadas de voz Voip (*Voice Over Internet Protocol* – Voz sobre IP) ou chamadas de vídeo via *Skype*, já que é bastante comum em conexões com velocidades reduzidas a perda de pacotes, o que causa a interrupção das chamadas, tendo como consequência a perda da comunicação entre as máquinas. A figura 9 ilustra a interface do programa de chamadas de vídeo *Skype*.

Figura 9: Interface do Skype



Fonte: Google Imagens

³ Resolvedor – Procedimento de biblioteca.

3.3 TFRC (TCP FRIENDLY RATE CONTROL)

Com o explícito problema de congestionamento no envio de pacotes, ocasionando por várias vezes a entrega de dados corrompidos, e a lentidão causada pelo tamanho fluxo de informações diariamente trafegadas pela camada de transporte, adotou-se uma solução para que os protocolos possam operar com maior eficiência e robustez.

A ideia foi pensar em uma solução que minimiza tais ocorrências, já que com o avanço dos serviços de streaming de mídia pela rede acarreta, também, problemas com o congestionamento no fluxo de informações, pois o conteúdo multimídia é tido como “pesado” no que diz respeito ao percurso destes pela camada de transporte.

Surgiu então um mecanismo capaz de sanar essa dificuldade. Intitulado TFRC (*TCP Friendly Rate Control*), este mecanismo visa o controle do congestionamento dos fluxos unicast, ou seja, uma informação que é enviada diretamente à apenas um destinatário. (BOURAS, et al., 2012)

O objetivo é ser razoavelmente justo ao competir por largura de banda com fluxos TCP, mas ao mesmo tempo atingir uma variação muito menor de taxa de transferência ao longo do tempo comparado ao TCP, tornando-o mais adequado para aplicativos como telefonia ou streaming de mídia onde uma relativa taxa de envio suave é importante. (BOURAS, et al., 2012).

Com base nas informações que recebe do receptor, o mecanismo TFRC ajusta sua taxa de transmissão para que não haja sobrecarga de informações trafegadas pelo fluxo. Para que isso ocorra, a máquina receptora opera em *feedback*, ou seja, recebe as informações de status da conexão, taxa de dados recebidos, os intervalos onde há perda de pacotes e o tempo em que eles ficam na fila de entrega (*buffers*) até que seja confirmada a entrega pela máquina transmissora.

O TFRC deve ser usado apenas por aplicações que se beneficiem da lenta alteração da largura de banda, evitando o comportamento do TCP e do CCID 2 que dividem a taxa de transferência ao meio após a perda de um único segmento. (RIBEIRO, 2009).

Segundo Ribeiro (2009), a divisão na taxa de transmissão dos pacotes deve ocorrer apenas quando a máquina transmissora não receber as informações de *feedback* da máquina receptor, sendo essa a característica mais propícia para que esse mecanismo seja utilizado em serviços de streaming de mídia, já que as informações não serão armazenadas em *buffers*.

Contudo, essa é uma das desvantagens desse mecanismo, pois o TFRC responde mais lentamente em relação ao TCP, pois em casos onde a banda é menor, as informações são enviadas de forma mais lenta, sem a banda disponível.

Uma comparação feita em tempo real mostra uma certa vantagem do TFRC sobre os protocolos TCP e UDP. Segundo Rajaboina, Reddy e Kumar (2015), os resultados mostraram que o TCP não tem o comportamento ideal, pois não consegue manter o fluxo consistente, ou seja, estável para uma transmissão em tempo real. Já o protocolo UDP não possui mecanismos de controle de congestionamento, já que não é um protocolo orientado a conexão, sem mencionar o fato de que este usa de toda a banda disponível.

3.4 MECANISMOS/FERRAMENTAS DE TESTE

3.4.1 WIRESHARK

Anteriormente chamado por *Ethereal*, o *Wireshark* é um programa utilizado para fazer o monitoramento do tráfego de informações na rede, listando cada um de seus segmentos por protocolos. O programa faz o monitoramento dos pacotes transmitidos pelas interfaces de rede da máquina (placa de rede LAN, placa de rede WLAN, etc.).

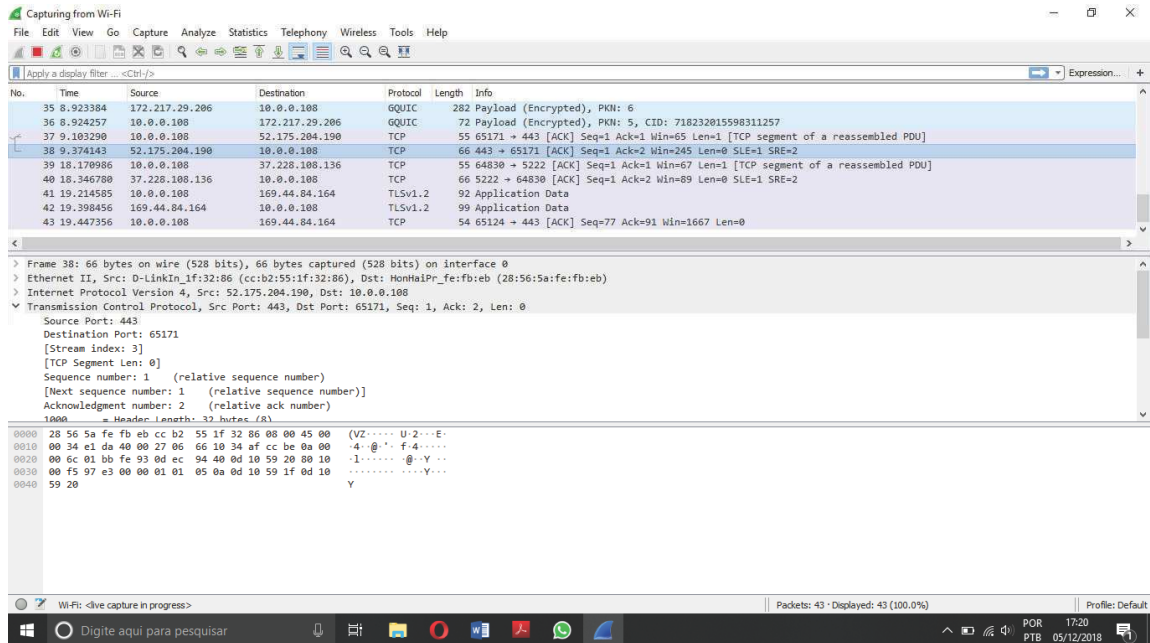
O Wireshark é um analisador de protocolos de rede mais popular do mundo. Tem um conjunto de recursos, rico e poderoso e é executado na maioria das plataformas de computação, incluindo Windows, OS X, Linux e UNIX. (BANERJJE; VASHISHTHA; SAXENA, 2010).

Este programa é altamente recomendado para os profissionais de redes para detectar problemas, conexões suspeitas, auxiliar os programadores no desenvolvimento de suas aplicações para desktop ou web, dentre várias outras funcionalidades contidas nele.

O Wireshark possui ferramentas para captura, visualização e análise de pacote de dados. O Wireshark possui um sofisticado protocolo sem fio e suporte de análise para ajudar os administradores a solucionar problemas de rede. (BANERJJE; VASHISHTHA; SAXENA, 2010).

Sua forma de execução se dá pela captura de pacotes organizadas por meio de protocolos, onde ele verifica todo o movimento de entrada e saída de informações. A figura 10 mostra a interface do Wireshark.

Figura 10: Interface do Wireshark



Fonte: Autoria Própria

A figura 10 ilustra a janela a interface da ferramenta Wireshark. No campo superior temos leitura feita pela captura dos pacotes, no centro é exibida informações como porta fonte, porta de destino, entre outras informações do pacote selecionado. Logo abaixo é exibida as informações físicas (endereços locais) deste pacote.

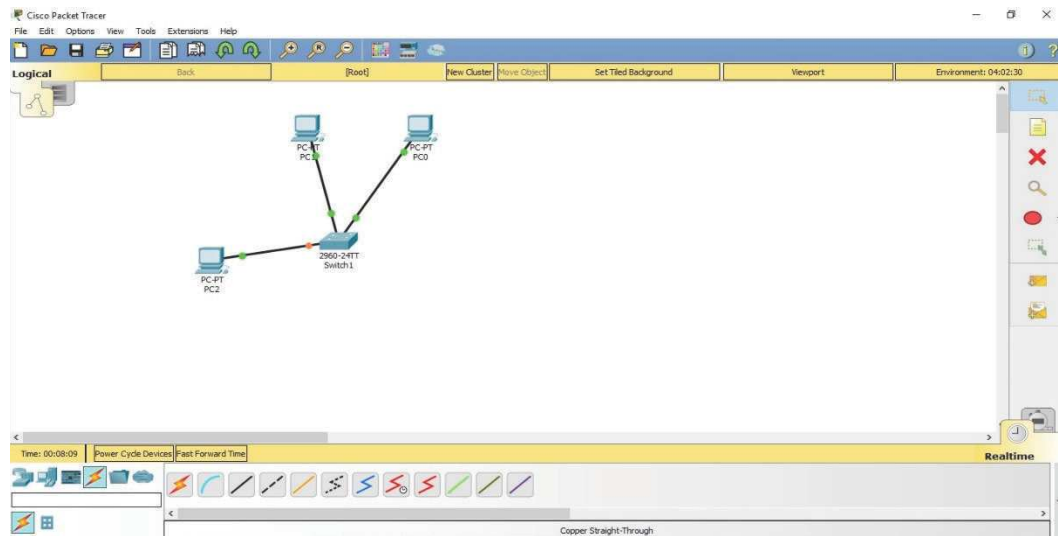
3.4.2 CISCO PACKET TRACER

Semelhante ao Wireshark, o Cisco Packet Tracer também é um programa desenvolvido para se fazer a simulação de uma rede. Desenvolvido pela *Cisco Networking Academy*, esta ferramenta possibilita monitorar o comportamento de uma rede, através das ferramentas incluídas no programa, possibilitando que seja montado uma rede em seus diversos níveis de abstração.

É parte integrante da experiência de aprendizagem abrangente da Network Academy. Fornece recursos de simulação, visualização, criação, avaliação e colaboração, além de facilitar o ensino e aprendizagem de conceitos complexos de tecnologia. (ARCHANA, 2015).

A figura 11 ilustra a interface do Cisco Packet Tracer.

Figura 11: Cisco Packet Tracer



Fonte: Autoria Própria

A figura 11 demonstra a interface da ferramenta Cisco Packet Tracer. No centro da imagem é exibida a representação em formato de esquema de uma topologia, sendo abaixo os itens como computadores, roteadores, dentre outros, para montar o esquema, bem como as conexões usadas para fazer a comunicação de cada um dos periféricos usados no esquema.

3.4.3 TCPVIEW

O TCPView é um programa do Windows que demonstra de forma detalhada todos os processos TCP e UDP em execução no sistema, exibindo em uma janela simples e interativa os endereços locais, remotos e o estado das conexões TCP e UDP.

Assim que iniciado, o programa enumera todos os processos que utilizam dos protocolos, resolvendo todos os endereços IP com versões de nome e domínio. Por padrão, cada serviço mostrado na janela aberta do programa é atualiza por segundo, podendo ser alterado na janela de opções. Os destaques em amarelo mostram atualizações que mudam de estado, ou seja, uma atualização que inicia uma outra. Os pontos em vermelho são atualizações excluídas e os pontos verdes são os pontos finais.

A figura 12 ilustra a interface o TCPView

Figura 12: Interface do TCPView

Process	PID	Protocol	Local Address	Local Port	Remote Address	Remote Port	State	Sent Packets	Sent Bytes	Rcvd Packets	Rcvd Bytes
360webshie...	7964	UDP	Alan	53024	10.0.0.1	*	TIME_WAIT	2	1.308	1	526
[System Proc...	0	TCP	alan	50686	52.109.6.6	49595	TIME_WAIT	8	22.131	10	16.357
[System Proc...	0	TCP	alan	50688	40.69.216.251	https	TIME_WAIT	6	1.338	7	7.135
[System Proc...	0	TCP	alan	50697	af.e0.659e.ip4.stat...	https	TIME_WAIT	18	1.746	23	1.317
dashHost.exe	4356	UDP	Alan	3702	*	*	*	*	*	*	*
dashHost.exe	4356	UDP	Alan	49676	*	*	*	*	*	*	*
dashHost.exe	4356	UDPV6	alan	3702	*	*	*	*	*	*	*
dashHost.exe	4356	UDPV6	alan	49677	*	*	*	*	*	*	*
dashHost.exe	4356	UDPV6	Alan	3702	*	*	*	*	*	*	*
dashHost.exe	4356	UDPV6	Alan	49676	*	*	*	*	*	*	*
dashHost.exe	4356	UDPV6	alan	3702	*	*	*	*	*	*	*
dashHost.exe	4356	UDPV6	Alan	49676	*	*	*	*	*	*	*
DSAPI.exe	9756	TCP	Alan	49743	localhost	49741	ESTABLISHED				
DSAPI.exe	9756	TCP	Alan	49744	Alan	0	LISTENING				
ji_service.exe	8076	TCPV6	[0.0.0.0.0.0.1]	49773	alan	0	LISTENING				
lsass.exe	824	TCP	Alan	49668	Alan	0	LISTENING				
lsass.exe	824	TCPV6	alan	49668	alan	0	LISTENING				
MSAMService...	2932	TCP	Alan	43227	Alan	0	LISTENING				
nvcontainer.exe	3740	TCP	Alan	65000	Alan	0	LISTENING				
nvcontainer.exe	3740	UDP	Alan	49665	*	*	*	*	*	*	*
nvcontainer.exe	3740	UDP	Alan	49666	*	*	*	*	*	*	*
nvcontainer.exe	3740	UDP	Alan	49667	*	*	*	*	*	*	*
nvcontainer.exe	6816	UDP	Alan	49678	*	*	*	*	*	*	*
nvcontainer.exe	6816	UDP	Alan	49679	*	*	*	*	*	*	*
nvcontainer.exe	3740	UDP	Alan	65000	*	*	*	*	*	*	*
NVIDIA Web ...	2372	TCP	Alan	49607	Alan	0	LISTENING				
NVIDIA Web ...	2372	UDP	Alan	49201	*	*	*	*	*	*	*
NVIDIA Web ...	2372	UDP	Alan	59826	*	*	*	*	*	*	*
NVIDIA Web ...	2372	UDP	Alan	59827	*	*	*	*	*	*	*
NVIDIA Web ...	2372	UDP	Alan	59828	*	*	*	*	*	*	*
NVIDIA Web ...	2372	UDP	Alan	63033	*	*	*	*	*	*	*
opera.exe	9284	TCP	alan	49940	qm-in188.1e100.	5228	ESTABLISHED			7	518
opera.exe	9284	TCP	alan	49953	pal-ash2.opera.com	5222	ESTABLISHED			7	7
opera.exe	9284	TCP	alan	49955	pal-ash2.opera.com	5222	ESTABLISHED				
opera.exe	9284	TCP	alan	50634	e11-ha.ycp.bra.yah...	https	ESTABLISHED				
opera.exe	9284	UDP	Alan	52783	*	*	*	56	2.803	58	3.015
opera.exe	9284	UDP	Alan	52783	*	*	*	47	22.878	42	10.647
opera.exe	9284	TCP	alan	50691	grui0s11-inv5.1e1...	https	ESTABLISHED	6	1.307	287	981.869
opera.exe	9284	UDP	Alan	65173	*	*	*	12	1.221	14	1.445
opera.exe	9284	UDP	Alan	69452	*	*	*	46	4.236	86	100.156
opera.exe	9284	UDP	Alan	65004	*	*	*	6	1.476	6	3.300

Endpoints: 137 Established: 34 Listening: 37 Time Wait: 4 Close Wait: 0

Fonte: Autoria Própria

3.5 TRABALHOS RELACIONADOS

Partindo da ideia base deste trabalho, que consiste na análise de comportamento dos protocolos TCP e UDP na questão da entrega de pacotes e controle de congestionamento, tomo por base alguns trabalhos que darão ênfase a problemática exposta a este estudo, bem como os resultados obtidos que trarão ainda mais clareza a este trabalho, enriquecendo-o com literaturas de autores diferentes.

Tomando por base um trabalho dos autores Shih et al. (2008) intitulado “*An Integrated Rate Control Scheme for TCP-friendly MPEG-4 Video Transmission*” (Um Esquema de Controle de Taxa Integrado para Transmissão de Vídeo MPEG-4 para TCP amigável), onde os autores abordam um esquema de controle de taxa na transmissão de vídeos no formato MPEG-4, sendo este tipo de arquivo transportado pela rede usando o protocolo TCP e o mecanismo de controle de congestionamento TFRC.

Segundo Shih et al. (2008), o objetivo do trabalho dos autores consistia na melhoria de qualidade de tempo na entrega da taxa de transferência dos pacotes aos destinos. A problemática do trabalho deles eram propor uma maior fluidez de arquivos MPEG-4 usando o mecanismo TFRC como meio para alcançar os resultados. Dentre os protocolos utilizados para o estudo de caso estão o TCP e DCCP (*Datagram Congestion Control Protocol* – Protocolo de Controle de

Congestionamento de Datagramas Para fazer a transmissão de arquivos com extensão MPEG-4 se fazia necessário a integração de compressão e um controle de taxa de transmissão.

Seus resultados obtidos foram positivos quanto a problemática inicial proposta, resultando em uma melhora significativa na taxa de transmissão.

Seguindo a mesma linha de pesquisa do trabalho anterior, uma pesquisa dos autores Luo et al. (2008) intitulada “*Quality-Driven TCP Friendly Rate Control for Real-Time Video Streaming*” parte da mesma linha de raciocínio, analisando o comportamento de streaming usando o mecanismo TFRC. Este estudo trata da análise, em tempo real, do comportamento do TFRC em transmissões de vídeo por streaming.

Monitorando o comportamento desde a camada de transporte e de aplicação, os autores examinam o TFRC desde os pacotes enviados até o comportamento da transmissão do vídeo em si, tudo em tempo real. Todo o objetivo de estudo parte da análise minuciosa de todo o fluxo de informações de streaming, desde sua solicitação até a origem, as perdas de dados, o congestionamento causado e o tempo decorrido de toda essa informação.

Segundo Luo et al. (2008), esse monitoramento pelo codificador do vídeo, fazendo com que diminua a perda de informações, melhorando a qualidade de recebimento por parte da máquina cliente. Os autores montaram uma estrutura composta de controladores, onde cada um deles monitora o fluxo de informações que cada um recebe, dando um *feedback* das informações coletadas. Se um controlador recebesse um fluxo menor de informações, causaria um atraso na entrega para o próximo controlador, mas caso um recebesse um fluxo maior de informações, o mesmo criaria uma taxa de retransmissão, garantindo a segurança na entrega dos dados.

Seus resultados foram bastante positivos, levando em consideração que a estrutura proposta melhorou significativamente tanto a qualidade do vídeo quanto as falhas na transmissão do mesmo.

4. METODOLOGIA

A partir do material bibliográfico levantado e considerando os objetivos do presente trabalho, esta seção descreve as seguintes etapas para o desenvolvimento da problemática exposta neste documento. Primeiramente será definido a metodologia de monitoramento de

informações de streaming de mídia pela rede, utilizando os mecanismos de teste mencionados acima, comparando os protocolos estudados, TCP e UDP, a fim de utilizar o mecanismo de controle de congestionamento TFRC.

Foi feita a análise das informações coletadas pelos mecanismos de teste para comparar em qual cenário os protocolos TCP e UDP destacam-se no tráfego de informações streaming pela rede, qual cenário os protocolos encontram dificuldades na transmissão desses dados e, usando o mecanismo de controle de congestionamento TFRC, qual cenário os protocolos apresentam melhores condições de tráfego de streaming de mídia.

4.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

Para esta etapa, foi levantado uma série de materiais que darão embasamento para este trabalho, tais como livros, artigos científicos e trabalho de conclusão de curso, com o intuito de se obter uma maior clareza no que será levantado.

4.2 BUSCA DE PROTOCOLOS

Esta etapa foi levantada os seguintes protocolos, TCP e UDP, que serão alvos de estudo, com o propósito de monitoramento dos mesmos nos cenários onde existe a transmissão de dados de streaming de mídia pela rede.

4.3 DEFINIÇÃO DE MECANISMOS DE CONTROLE PARA ANÁLISE

Para esta etapa foram elencados alguns mecanismos de teste que darão o embasamento do material bibliográfico pesquisado.

4.4 MONITORAMENTO DO TRÁFEGO

Nesta etapa será feita a análise do tráfego de informações de streaming de mídia utilizando os mecanismos de teste mencionados acima.

4.5 UTILIZAÇÃO DO MECANISMO TFRC

Nesta etapa será utilizada o mecanismo de controle de congestionamento TFRC aos protocolos alvos de estudo, como também a análise dos cenários obtidos através deste mecanismo.

5. RESULTADOS

Explanada toda a metodologia exposta, foi feita a análise dos dados seguindo o objetivo proposto deste estudo. Para este teste foi utilizado o recurso de *Screen Mirror*, um recurso que permite aos sistemas Android ou Windows transmitir a tela de seu dispositivo em uma Smart Tv usando a rede local, sem o uso de fios, apenas utilizando o sinal Wi-Fi. Este recurso permite que sejam transmitidos conteúdos de mídia, como músicas, fotos e vídeos.

Utilizando as ferramentas de teste Wireshark e TCPView descritas neste documento, foram feitos testes para a análise desta pesquisa. Inicialmente foi feita a análise dos processos em execução na máquina que realizou os testes usando o TCPView, onde o mesmo mostra quais das aplicações estão consumindo conexão com a internet e quais destas usam os protocolos TCP e UDP.

5.1 ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DOS PROTOCOLOS

O monitoramento do tráfego de informações feita pelo Wireshark realizou a captura de cada pacote com as informações necessárias para que seja feita a análise de cada protocolo. Ainda usando o Wireshark, foi feita a análise comportamental dos protocolos TCP e UDP, explanando em gráficos os desempenhos de cada um deles.

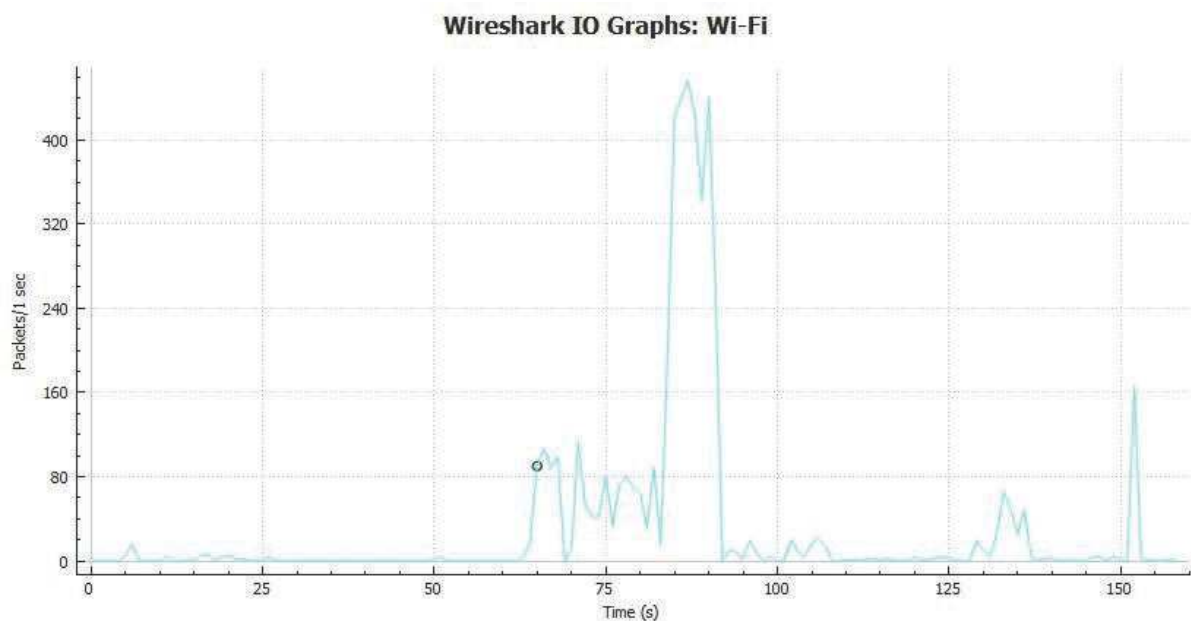
Cada teste foi realizando segundo a literatura de experimentos contidos nos artigos relacionados que dão base a este trabalho. Usando a metodologia comportamental de Luo et al. (2008), Shih et al. (2008), Rajaboina, Reddy e Kumar (2015) e Anker et al. (2003), o tempo total da simulação foi entre 60 (sessenta) e 180 (cento e oitenta) segundos.

Para a realização dos testes foi utilizado um computador tipo notebook, de hardware com as seguintes configurações: processador Intel® Core™ i7-6500 CPU @ 2.50GHz 2.60 GHz, com memória RAM de 8,00 GB e utilizando uma internet do tipo Rádio de 3Mb de velocidade.

5.1.1 TCP

Nesta simulação é apresentado um gráfico ilustrando os cenários onde o TCP realizou a entrega de pacotes, onde a taxa de envio de pacotes/1 segundo varia entre 0 (zero) a 460 (quatrocentos e sessenta) pacotes em um intervalo de tempo que varia entre 0 (zero) a 160 (cento e sessenta) segundos. O gráfico a seguir ilustra a simulação.

Gráfico 1: Análise Comportamental do TCP



Fonte: Autoria Própria

Podemos ver no gráfico 1 um certo linearidade na entrega dos pacotes que estão entre 0 (zero) a cerca de 120 (cento e vinte) pacotes/1 segundo, sendo em momentos como o intervalo de tempo entre 80 a 95 segundos um pico de entrega de que chegou a 460 (quatrocentos e sessenta) pacotes, tendo um outro momento de pico, onde a entrega chegou a cerca de 160 (cento e sessenta) pacotes.

Nesta simulação, também, foram capturados dados estatísticos como tamanho dos pacotes, contagem total de pacotes enviados, a média de pacotes, valor mínimo, valor máximo, a taxa (em microssegundos), o percentual de entrega, a taxa de interrupção e o início da interrupção. A tabela a seguir ilustra os dados.

Tabela 1: Comprimento de Pacotes - TCP

Item	Contagem	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Taxa (ms)	Percentua l	Taxa de Interrupç ão	Início da Interrupç ão
Comprimento dos pacotes	7812	520,41	54	1514	0.0121	100%	0,6600	68,046
0-19	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
20-39	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
40-79	3931	57,14	54	74	0.0061	50.32%	0.5500	152.150
80-159	351	110,74	84	159	0.0005	4.49%	0.0700	66.365
160-319	573	234,22	161	317	0.0009	7.33%	0.1200	524.513
320-639	392	438,66	320	637	0.0006	5.02%	0.0500	65.747
640-1279	259	896,48	642	1278	0.0004	3.32%	0.0800	82.272
1280-2559	2306	1415,25	1285	1514	0.0036	29.52%	0.5200	84.854
2560-5119	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
5120 e maior	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-

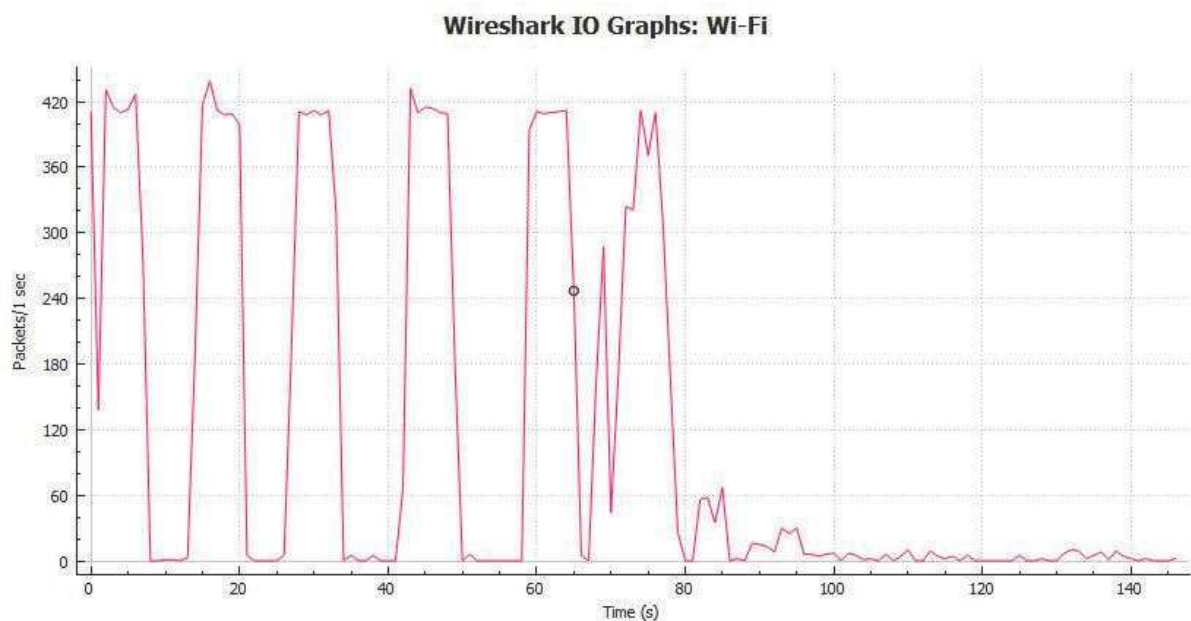
Podemos ver neste experimento que o melhor caso de comportamento do TCP foi no segmento onde o comprimento de pacotes estava entre 40 (quarenta) a 79 (setenta e nove), onde o TCP teve o desempenho de 50,32% (cinquenta vírgula trinta e dois por cento) na entrega dos pacotes. Seu caso médio foi na situação de comprimento de pacotes entre 1280 (mil duzentos e oitenta) a 2559 (dois mil quinhentos e cinquenta e nove), onde ele apresentou uma entrega de 29,52% (vinte e nove vírgula cinquenta e dois por cento) dos pacotes. Seu pior desempenho foi na situação onde o comprimento dos pacotes é definida entre 640 (seiscentos e quarenta) a 1279 (mil duzentos e setenta e nove), onde apresentou uma entrega de pacotes de apenas 3,32% (três vírgula trinta e dois por cento). Nas situações onde o comprimento dos pacotes definidos entre

0 (zero) a 19 (dezenove), 20 (vinte) a 39 (trinta e nove), 2560 (dois mil, quinhentos e sessenta) a 5119 (cinco mil, cento e dezenove) e 5120 (cinco mil, cento e vinte) e maior não houve captura de pacotes.

5.1.2 UDP

Para esta simulação de cenário de monitoração do protocolo UDP é apresentado um gráfico mostrando a entrega de pacotes/ 1 segundo, onde a taxa varia entre 0 (zero) e 440 (quatrocentos e quarenta) pacotes em um intervalo de tempo que varia entre 0 (zero) a 145 (cento e quarenta e cinco) segundos. O gráfico a seguir ilustra esta simulação.

Gráfico 2: Análise Comportamental do UDP



Fonte: Autoria Própria

Podemos ver claramente no gráfico 2 uma relativa diferença na entrega dos pacotes/1 segundo em relação ao protocolo TCP para este experimento. Existe oscilações na entrega dos dados que variam entre 0 (zero) a 440 (quatrocentos e quarenta) pacotes, sendo o tempo de oscilação entre cerca de 5 (cinco) segundos. A partir de 80 (oitenta) segundos em diante, estabeleceu-se uma certa linearidade, onde houve o pico máximo de entrega foi 60 (sessenta) pacotes.

Para esta simulação podemos descrever aqui os dados estatísticos como tamanho dos pacotes, contagem total de pacotes enviados, a média de pacotes, valor mínimo, valor máximo,

a taxa (em microssegundos), o percentual de entrega, a taxa de interrupção e o início da interrupção. A tabela a seguir ilustra os dados.

Tabela 2: Comprimento de Pacotes - UDP

Item	Contagem	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Taxa (ms)	Percentual	Taxa de Interrupção	Início da Interrupção
Comprimento dos pacotes	20428	813,45	60	1392	0.0292	100%	0.8600	73.745
0-19	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
20-39	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
40-79	6208	72,40	60	79	0.0089	30.39%	0.3000	71.180
80-159	1255	100.59	80	159	0.0018	6.14%	0.1700	3.172
160-319	795	193.16	162	319	0.0011	3.89%	0.1100	596.620
320-639	752	427.36	320	633	0.0011	3.68%	0.1300	519.610
640-1279	495	731.89	642	1273	0.0007	2.42%	0.0600	249.640
1280-2559	10923	1391.95	1290	1392	0.0156	53.47%	0.5500	73.745
2560-5119	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
5120 e maior	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-

Nesta simulação podemos observar relativas melhoras de desempenho se comparadas aos dados capturados do TCP, sendo seu melhor caso foi no segmento onde o comprimento de pacotes estava no intervalo de 1280 (mil duzentos e oitenta) a 2559 (dois mil quinhentos e cinquenta e

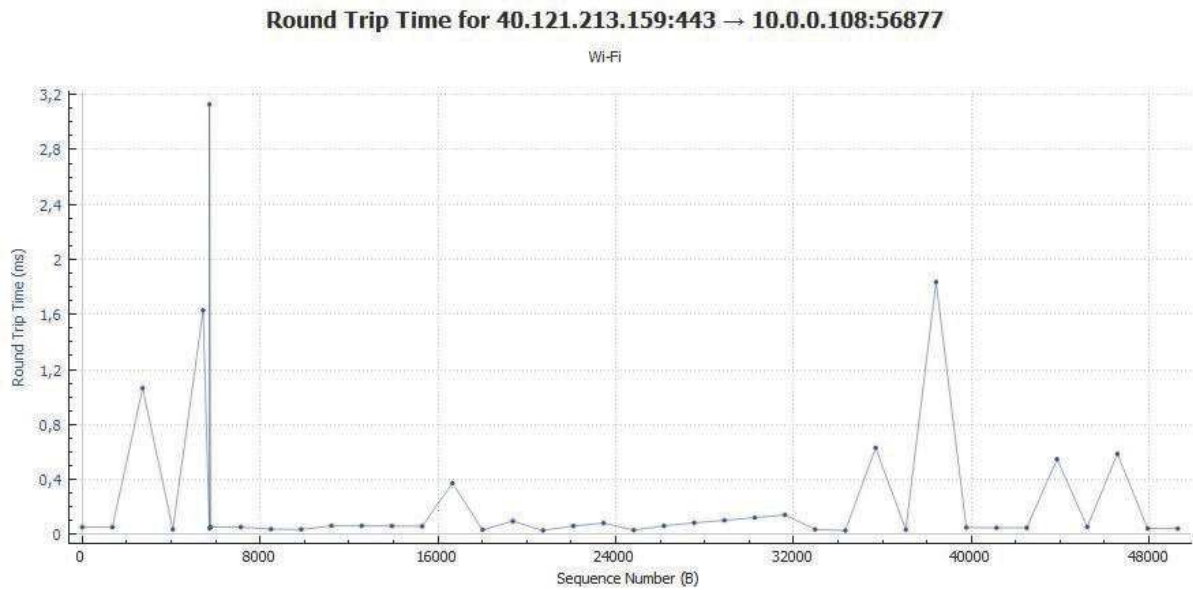
nove), apresentando uma taxa de entrega de 53.47% (cinquenta e três vírgula quarenta e sete por cento).

Podemos ver seu caso médio de desempenho no intervalo onde o comprimento dos pacotes está entre 40 (quarenta) e 79 (setenta e nove), apresentando uma taxa de entrega de 30.39% (trinta vírgula trinta e nove por cento). Seu pior caso encontra-se no intervalo de comprimento dos pacotes entre 640 (seiscentos e quarenta) e 1279 (mil duzentos e setenta e nove), onde apresentou um percentual na entrega de pacotes de 2.42% (dois vírgula quarenta e dois por cento). Nos intervalos de comprimento de pacotes 0 (zero) a 19 (dezenove), 20 (vinte) a 39 (trinta e nove), 2560 (dois mil quinhentos e sessenta) e 5120 (cinco mil cento e vinte) e maior, não houve captura de pacotes.

5.1.3 UTILIZAÇÃO DO TFRC

Inicialmente, foi utilizado os filtros “tcp.time_delta” e “tcp.time_relative” na interface do Wireshark. Estes filtros tem a função de mostrar o tempo desde o primeiro quadro no fluxo do TCP (tcp.time_relative) e mostrar o tempo desde o quadro anterior no fluxo do TCP (tcp.time_delta). Com essas informações é possível a introdução do mecanismo TFRC, já que o mesmo necessita exatamente destes quadros para fazer o monitoramento das informações necessárias para os ajustes nos casos de congestionamento.

Para este cenário de testes, o TFRC obteve um cenário na melhora da taxa de transferência (*Throughput*) de dados, melhorando assim o fluxo de informações de streaming desta simulação. Obtendo também uma melhora na obtenção do tempo de ida e volta (*Round Trip Time*), diminuindo, assim, o tempo de espera no envio e recebimento dos pacotes (*Time Sequence*). A seguir, será ilustrado gráficos para os cenários de taxa de transferência, tempo de ida e volta e sequência de tempo.

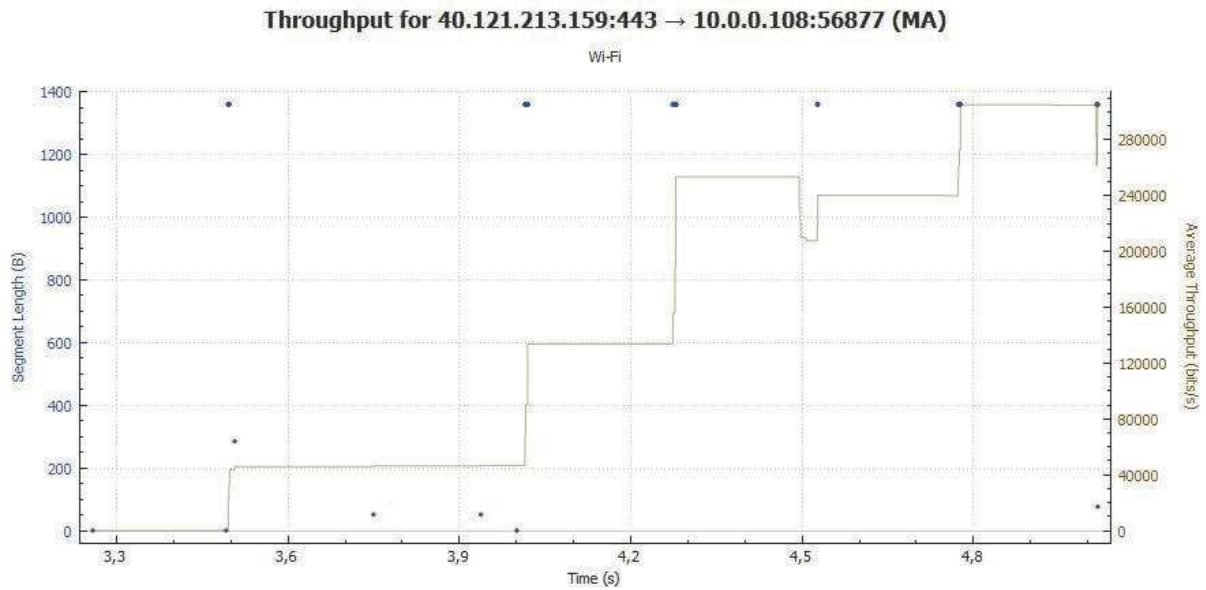
Gráfico 3: Round Trip Time (Tempo de Ida e Volta)

Fonte: Autoria Própria

O gráfico 3 nos mostra o intervalo de tempo de ida e volta, em microssegundos, que os pacotes levam para chegar a seu destino na máquina servidor e voltar para a máquina cliente. Percebemos, no início do monitoramento desta simulação, que o maior pico de intervalo de tempo é de 3,2 (três vírgula dois) microssegundos de espera. Em seguida, percebemos uma linearidade de tempo que, no maior dos casos, oscilou entre cerca de 1,9 (um vírgula nove) microssegundos. Porém, de maneira geral, o teste de Round Trip Time apresentou um tempo de espera de ida e volta das informações bastante aceitável e positiva, tendo como maior espera em três vírgula dois microssegundos.

A seguir, gráfico 4 ilustra a taxa de transferência – *Throughput* – capturada neste teste. A esta taxa de transferência ilustra, de acordo com o sinal de internet no momento da simulação, o tamanho de segmento que o TFRC consegue capturar para este teste. O gráfico 4 ilustra a taxa de transferência.

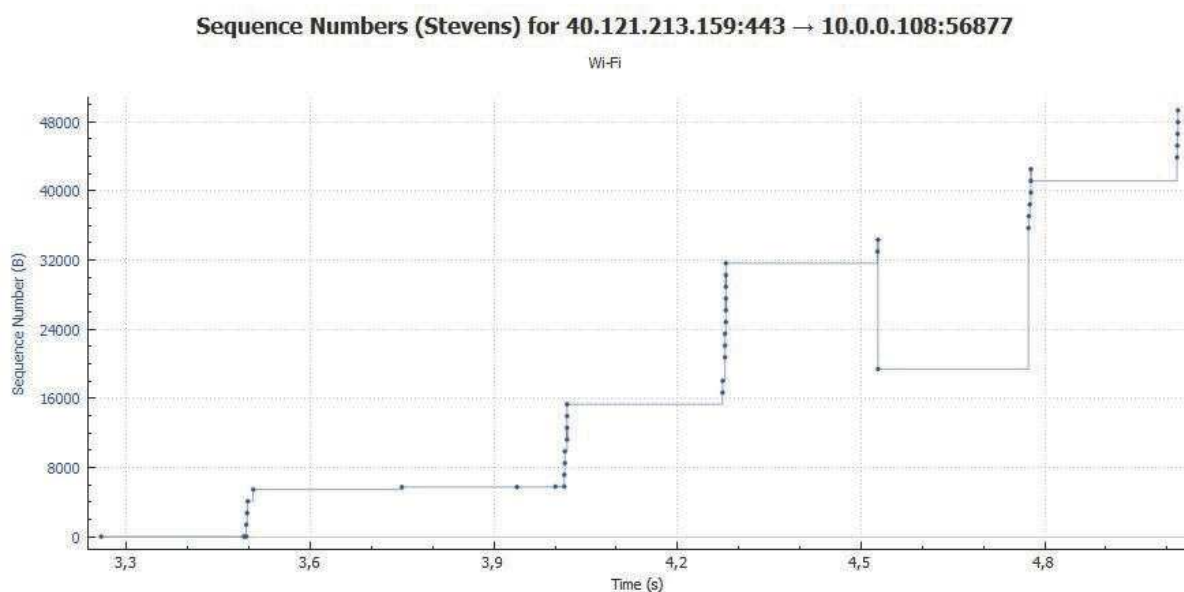
Gráfico 4: Throughput - Taxa de Transferência



Fonte: Autoria Própria

Este gráfico ilustra a explícita melhora da taxa de transferência ao longo do tempo. Podemos perceber por esta figura que o monitoramento apresentou apenas uma oscilação negativa, mesmo que relativamente baixa. Ademais, o gráfico mostra um crescimento exponencial da taxa de transferência, chegando a atingir o topo do tamanho do segmento, que nesse caso é de 1400 (mil e quatrocentos) bits. De maneira geral, a taxa de transferência capturada nesta simulação é um resultado positivo, levando em consideração que houve apenas uma oscilação negativa, o que não comprometeu o desempenho crescente da taxa de transferência.

Por último, o gráfico 5 ilustra o número de sequência do TCP ao longo do tempo. Este gráfico apresenta semelhanças aos gráficos usados na série de livros “TCP/IP Illustrated” de Richard Stevens. A figura a seguir ilustra de maneira interativa.

Gráfico 5: Sequence Numbers - Números de Sequência

Fonte: Autoria Própria

O gráfico 5 nos mostra uma gradativa melhora na entrega dos dados ao longo do tempo. Apresentando apenas uma oscilação negativa, devido ao problema de partida lenta, ou seja, são os bytes em espera que se encontram no *buffer* da comunicação estabelecida pelo TCP aguardando por um reconhecimento no segmento TCP da máquina servidor. Esse gráfico demonstra que os números de sequência têm resultados extremamente positivos, pois a medida que vai passando o tempo, conseqüentemente vai ocorrendo a entrega deste segmento de maneira gradativa.

5.1.4 COMPARATIVO DOS DADOS OBTIDOS

Acompanhando os resultados obtidos nesta simulação, podemos observar que, neste cenário de testes, os protocolos TCP e UDP possuem comportamentos distintos, seja na entrega dos pacotes quanto em seus dados estatísticos. Observamos pelos quadros 1 e 2 um contraste de cenários onde um protocolo se saiu bem em determinada situação e o outro protocolo em uma situação diferente.

Em seu melhor caso, o protocolo TCP apresentou uma entrega de 50,32% (cinquenta vírgula trinta e dois por cento) na entrega de pacotes de comprimento de segmento entre 40 (quarenta) a 79 (setenta e nove), demonstrando que, para este cenário, foi a ocasião em que mais se houve a troca de informações de confirmação de entrega e recebimento dos pacotes.

Contudo, para esta ocasião, é nítido que o comprimento de segmentos de pacotes é relativamente baixo, ou seja, existe menos informação contida a este segmento.

Em contrapartida, o protocolo UDP obteve o melhor resultado na entrega de 53,47% (cinquenta e três vírgula quarenta e sete por cento) ao comprimento de pacotes no intervalo de tamanhos entre 1280 (mil, duzentos e oitenta) a 2559 (dois mil, quinhentos e cinquenta e nove). Sendo este um resultado extremamente positivo, pois nos tamanhos de comprimento de pacotes sequentes não houve captura de informações.

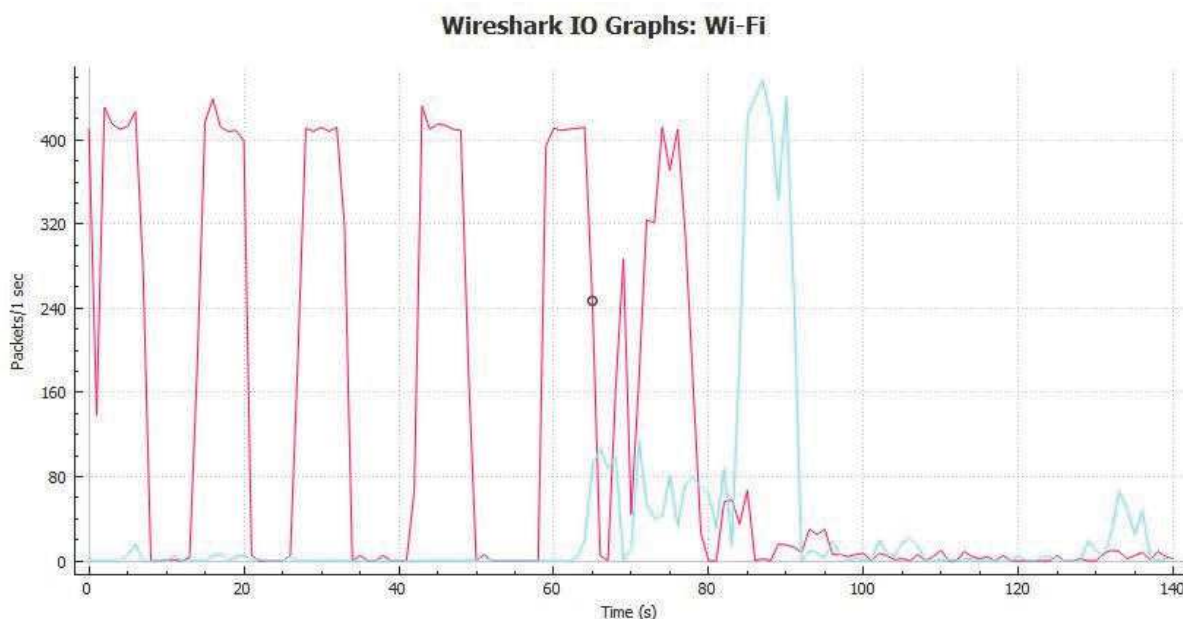
No seu caso médio, podemos notar que o protocolo TCP obteve o resultado de 29.52% (vinte e nove vírgula cinquenta e dois por cento) ao comprimento de pacotes de tamanhos entre 1280 (mil, duzentos e oitenta) a 2559 (dois mil, quinhentos e cinquenta e nove). Já o protocolo UDP obteve seu caso médio na captura de 30.39% (trinta vírgula trinta e nove por cento) ao comprimento de pacotes de tamanhos entre 40 (quarenta) a 79 (setenta e nove).

Levando em conta uma certa vantagem percentual na comparação de ambos, podemos observar que o protocolo TCP obteve um cenário de segmento maior que o UDP, ainda que a porcentagem seja um pouco mais baixa, para este caso o TCP leva uma certa vantagem, pois o protocolo exige confirmação de entrega da informação, o que garante que os dados chegaram a seu destino.

Já no pior caso de ambos os protocolos este no comprimento de pacotes de intervalos entre 640 (seiscentos e quarenta) a 1279 (mil, duzentos e setenta e nove), onde o protocolo TCP obteve uma porcentagem na entrega desses dados de 3.32% (três vírgula trinta e dois por cento) concorrendo aos 2.42% (dois vírgula quarenta e dois por cento) obtidos do protocolo UDP, apontando uma ligeira vantagem, a este cenário, para o protocolo TCP.

O gráfico 6 ilustra a captura de dados de ambos os protocolos simultaneamente. A cor rosa indica os dados capturados pelo protocolo UDP, a cor azul indica os dados capturados pelo protocolo TCP.

Gráfico 6: Captura de Dados Simultâneos Entre os Protocolos TCP e UDP



Fonte: Autoria Própria

6. CONCLUSÕES

É exponencial o crescimento de tecnologias de informação voltadas a área de redes de computadores e, conseqüentemente, seu uso mais abrangente por diversas regiões do mundo. Existem vários cenários onde uma melhora na qualidade dessas tecnologias é necessária, principalmente no Brasil, onde dispomos de uma qualidade que está entre as piores do mundo, seja por infraestrutura ou capacitação de pessoas para seu uso profissional. Segundo dados do site SpeedTest (2018) de ranking global de velocidade, o Brasil encontra-se na posição 61ª, com uma velocidade média de 27,26 Mbps, em contrapartida a velocidade média de Cingapura, país no topo do ranking com velocidade média de 181,47 Mbps. Contudo, novas tecnologias estão surgindo para reduzir essa realidade contrastadora.

Prova disso é o mercado de *streaming* na internet, onde empresas de TV a cabo, de músicas ou simplesmente locadoras de vídeo aderiram a essa nova realidade como vivenciamos hoje em dia, sem mencionar o fator lucro de cada uma dessas empresas.

E para que esse mercado se tornasse bastante competitivo, como é hoje, novas tecnologias tiveram de ser implantadas por essas empresas. O mecanismo TFRC é uma delas, que seu desempenho está atrelado diretamente a este mercado. Seu desempenho satisfatoriamente positivo está atraindo cada vez mais empresas a este ramo de negócios, pois

o seu uso propicia a quem não possui recursos tecnológicos de ponta, poder ter acesso a esses conteúdos digitais com as condições existentes ao alcance.

Neste estudo foi demonstrado os resultados que o mecanismo TFRC possui, e quão valioso esta tecnologia pode ser no futuro, onde as possibilidades que o mesmo oferece são potencialmente relevantes. Os protocolos estudados nesta pesquisa, consolidados mundialmente, ainda são os principais meios de transmissão que existe, o que não impede de ser melhorados.

Podemos concluir, que esta pesquisa apontou resultados extremamente positivos, seja aos protocolos TCP e UDP, quanto, principalmente, ao TFRC, onde seus resultados atrelados a esta simulação demonstraram que seu uso pode apresentar melhoras significativas, em desempenho, agilidade e confiabilidade, garantindo uma maior segurança na entrega dos dados a seu destino. As possibilidades futuras para o TFRC são animadoras, levando em conta as tecnologias da atualidade e seu uso por parte das pessoas em geral.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANKER, T; SHNAYDERMAN, I; DOLEV, D; SUKHOV, I. TCP-Friendly Many-to-Many End-to-End Congestion Control. 22nd International Symposium on Reliable Distributed Systems, Proceedings. Florence, Italy, 2003.

ARCHANA, C. Analysis of RIPv2, OSPF, EIGRP Configuration on router Using CISCO Packet Tracer. **Internation Journal of Engineering Science and Innovative Tecnology (IJESIT)**, Vol 4, Issue 2. 2015.

BANERJEE, U; VASHISHTHA, A; SAXENA, M. Evaluation of the Capabilities of Wireshark as a tool for Instrusion Detection. **Internation Journal of Computer Applications. College of Engineering Roorkee**, India, Vol. 6 - No. 7. 2010.

BERTELLA, G, S. A Era do Streaming: Uma Análise da Interação, Produção, Distribuição e Consumo de Conteúdo. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Curso de Publicidade e Propaganda). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

BOURAS, et al., The TFRC Protocol and Its Usage for Wireless Video Transmission. **IGI Global**, 2012.

CIRIACO, D. Spotify já tem mais de 70 milhões de assinantes. **TecMundo**. Janeiro de 2018. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/internet/125797-spotify-70-milhoes-assinantes.htm>>. Acesso em 16 de maio de 2018.

FLOYD, S; HANDLEY, M; PADHYE, J; WIDMER, J. TCP Friendly Rate Control (TFRC): Protocol Specification. Standards Track. Janeiro, 2003.

KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Computer Networking A Top Down Approach** - 6ª Ed., Pearson, 2013.

KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** - 5ª Ed., Pearson, 2010.

LUO, H; WU, D; CI, S; ARGYRIOU, A; WANG, H. Quality-Driven TCP Friendly Rate Control for Real-Time Video Streaming. IEEE Globecom – IEEE Global Telecommunications Conference, New Orleans, LO, USA, 2008.

NETFLIX MEDIA CENTER. Sobre a Netflix. Disponível em: <https://media.netflix.com/pt_br/about-netflix>. Acesso em 16 de maio de 2018.

POSTEL, J. TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL. REF793. University of Southern California. **Information Sciences Institute**, 1981.

POSTEL, J. User datagram protocol. **Internet Standart**, 1980.

RAJABOINA, R.; REDDY, P. C.; KUMAR, R. A. Performance Comparison of TCP, UDP and TFRC in Static Wireless Environment. 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS), Andhra Pradesh, 2015.

RIBEIRO, C. H. P. Adaptação do Mecanismo de Controle de Congestionamento TFRC do Protocolo de Transporte DCCP para Redes em Malha sem Fio. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

SHIH, C. H; WANG, J. Y; SHIEH, C. K; HWANG, W. S. An Integrated Rate Control Scheme for TCP-friendly MPEG-4 Video Transmission. IEEE Globecom – IEEE Global Telecommunications Conference, New Orleans, LO, USA, 2008.

SOCOLOFSKY, T.; KALE, C. A TCP/IP Tutorial. RCF 1180. **Spider Systems Limited**, 1991.

SPEEDTEST GLOBAL INDEX. Ranking mobile and fixed broadband speeds from around the world on a monthly basis. Disponível em: <<http://www.speedtest.net/global-index#fixed>>. Acesso em 01 de dezembro de 2018.

STEVENS, W. R. TCP/IP Illustrated (Vol. 1): The Protocols. Addison – Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA. 1993.

TANENBAUM, A. S. – **Redes de Computadores** – 4ª Ed., Editora Campus (Elsevier), 2003.