

**Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Computação**

JOSÉ WEYNE NUNES MARCELINO

**UMA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE VOIP EM
UMA REDE SEM FIO**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Jacintho Maia

Florianópolis, maio de 2003

Uma Avaliação de Qualidade de VoIP em uma Rede sem Fio

José Weyne Nunes Marcelino

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Banca Examinadora

Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.
INE, UFSC

Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr. (orientador)
INE, UFSC

Mário Antônio Ribeiro Dantas, Dr.
INE, UFSC

Elizabeth Specialski, Dra.
INE, UFSC

Florianópolis, maio de 2003

**À minha família.
À W2B e ao meu orientador.
E, na dúvida, a DEUS.**

Resumo

Este trabalho se propõe a fazer uma avaliação subjetiva da qualidade de VoIP (Voice over IP) em uma rede sem fio, definindo metodologia, ferramentas e métricas.

Os objetivos a serem alcançados são: compreensão das tecnologias de VoIP e rede sem fio, avaliação da qualidade de VoIP em redes sem fio e definição de variáveis que influenciam na qualidade do tráfego de voz.

A crescente necessidade de gerenciar aplicações de voz, dados e imagem em uma única plataforma, sob o conceito de pacotes, está promovendo uma verdadeira transformação nas infra-estruturas das operadoras de telecomunicações. A antiga prioridade da transmissão de voz agora começa a ceder lugar às novas tecnologias que permitirão às operadoras, num futuro próximo, oferecer serviços mais sofisticados, a preços compatíveis com o perfil dos usuários. Trata-se de atualização tecnológica inevitável que beneficia a ambos os lados. Ao usuário, porque abre a perspectiva de acesso a serviços inovadores e tarifas mais acessíveis. E às operadoras, devido ao fato de poderem reduzir custos com gerenciamento e controle de suas infra-estruturas, uma vez que contarão com rede única, na qual trafegarão dados e voz. A questão mais crítica que todas as operadoras enfrentam é o fator tempo de mercado. Para unir o duplo desafio da construção de uma rede convergente e seu rápido emprego, as operadoras estão optando por um ambiente sem fio de comutação de pacotes. A rede sem fio de comutação de pacotes é uma alternativa ótima para reduzir custos e conta com a facilidade e rapidez na construção de uma infra-estrutura. A rede sem fio pode ser empregada em paralelo com a infra-estrutura existente, ou como infra-estrutura para operadoras emergentes.

PALAVRAS-CHAVE: H.323, VoIP, 802.11, Wireless, 802.1p, FHSS, MOS

Abstract

This essay has the propose to do a subjective evaluation of the quality of the VoIP (voice over IP) in a wireless network, methodology defined, tools ans metrics.

The objectives to be reached are: the comprehension of the tecnologies of te VoIP and the wireless network, evaluation of the quality of the VoIP in a wireless network and the definition of the variable that has the influency on the quality of the traffic voice.

The increasing necessity on managing the applications of the voice, data and image in a single platform under the concept of packages, is promoting a real changing in the structure of the telephoning companies. The old priority of the voice transmission, how is giving place to the new tecnologies that will allow the companies in a near future, offering a sofisticated services, with a price that can fit with the customer's outline. It is inevitable tecnology update that will benefit both sides. On the customer's side, because it will open perspective of access to new services and accessible rates. On the companies' side, due to the facts, that will reduce the expenses on management and control of its structures. As they will have a common network to share, that will carry the datum and voices. The most critical question that all the companies face is the time factor of the market. To link the double challenge to construct a convergent network and its fast use. The companies are choosing for a wireless enviroment commutation of packages. The wireless network commutation of packages is a good alternative to reduce the cost and counts with the facility and rapidly in the construction of a structure. The wireless networks can be used parallel with the structure existent or as structure for the new companies.

KEYWORDS: H.323, VoIP, 802.11, Wireless, 802.1p, FHSS, MOS

SUMÁRIO

RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IX
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	12
1.2.1 <i>Objetivo geral.....</i>	<i>12</i>
1.2.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>12</i>
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	12
2 O PADRÃO H.323.....	14
2.1 DEFINIÇÃO	14
2.2 VERSÕES DO H.323	15
2.3 H.323 EM RELAÇÃO A OUTROS PADRÕES DA FAMÍLIA H.32X	15
2.4 ZONA H.323.....	18
2.5 PROTOCOLOS ESPECIFICADOS PELO H.323	19
2.6 CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES	23
3 REDE SEM FIO - PADRÃO IEEE 802.11	27
3.1 COMPONENTES DO PADRÃO	27
3.2 DESCRIÇÃO DAS CAMADAS IEEE 802.11	28
4 QOS NA CAMADA MAC - PADRÃO 802.1P.....	46
4.1 IEEE 802.1P.....	46
4.2 O PROCESSO DE ENCAMINHAMENTO.....	47
5 MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO SUBJETIVA DE QUALIDADE DE TRANSMISSÃO DE VOZ	54
5.1 INTRODUÇÃO	54
5.2 TESTES DE OPINIÃO DE CONVERSAÇÃO.....	55
5.3 TESTES DE OPINIÃO DE AUDIÇÃO	58
6 AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE VOIP EM REDE SEM FIO	63
6.1 MOTIVAÇÃO	63
6.2 PROPOSTA DE TRABALHO	63
6.3 METODOLOGIA	64
7 RESULTADOS, ANÁLISES E CONCLUSÕES	71

7.1 RESULTADOS E ANÁLISES	71
7.2 CONCLUSÕES.....	79
7.3 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	80
7.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXO I – PROCEDIMENTO PARA MEDIÇÃO DA TAXA DE TRANSFERÊNCIA DISPONÍVEL NO AMBIENTE DE TESTES.....	87

Lista de figuras

FIGURA 1: TERMINAIS H.323 EM UMA REDE DE PACOTES. _____	14
FIGURA 2: ZONA H.323 _____	19
FIGURA 3: PILHA DE PROTOCOLOS H.323 NO TERMINAL _____	20
FIGURA 4: PILHA DE PROTOCOLOS DO GATEWAY _____	24
FIGURA 5: COMPONENTES DO GATEKEEPER _____	26
FIGURA 6: UMA LAN 802.11 TÍPICA _____	28
FIGURA 7: IEEE 802.11 _____	29
FIGURA 8: TRANSAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES A E B _____	32
FIGURA 9: FRAGMENTAÇÃO DO FRAME _____	34
FIGURA 10: MECANISMO DE ACESSO _____	37
FIGURA 11: FORMATO DO FRAME _____	38
FIGURA 12: FORMATO DO FRAME MAC _____	39
FIGURA 13: CAMPO DE CONTROLE DE FRAME _____	39
FIGURA 14: ENCAMINHAMENTO SIMPLIFICADO _____	48
FIGURA 15: ENCAMINHAMENTO DETALHADO _____	49
FIGURA 16: LOCALIZAÇÃO DO TAG NO QUADRO ETHERNET _____	51
FIGURA 17: DETALHAMENTO DO TAG _____	52
FIGURA 18: AMBIENTE DE TESTE _____	67
FIGURA 19: MÉDIA GERAL DO MOSC – JANELA DE CONTENÇÃO MÍNIMA _____	71
FIGURA 20: MÉDIA GERAL DO MOS – JANELA DE CONTENÇÃO MÍNIMA _____	72
FIGURA 21: MÉDIA GERAL DO MOSLE – JANELA DE CONTENÇÃO MÍNIMA _____	73
FIGURA 22: MÉDIA GERAL DO MOSLP – JANELA DE CONTENÇÃO MÍNIMA _____	74
FIGURA 23: MÉDIA GERAL DO MOSC – DWELL TIME _____	75
FIGURA 24: MÉDIA GERAL DO MOS – DWELL TIME _____	76
FIGURA 25: MÉDIA GERAL DO MOSLE – DWELL TIME _____	77
FIGURA 26: MÉDIA GERAL DO MOSLP – DWELL TIME _____	78
FIGURA 27: AMBIENTE PARA MEDIÇÃO DE BANDA _____	89

Lista de Tabelas

TABELA 1. ESCALA DE OPINIÃO DE CONVERSAÇÃO	56
TABELA 2. ESCALA DE QUALIDADE DA FALA	60
TABELA 3. ESCALA DE ESFORÇO DE AUDIÇÃO	60
TABELA 4. ESCALA DE PREFERÊNCIA DE VOLUME	61

Lista de abreviaturas

CODEC	Compression and Decompression Components
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ITU-T	International Telecommunications Union
LAN	Local Area Network
MC	Multipoint Controller
MCU	Multipoint Control Unit
MTU	Maximum Transmission Unit
QoS	Quality of Service
VoIP	Voice over IP
WAN	Wide Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISDN	Integrated Services Digital Network
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network
SCN	Switched Circuit Network
RTP	Real Time Protocol
RTCP	Real Time Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
BSS	Basic Service Set
AP	Access Point
DS	Distribution System
ESS	Extended Services Set
OSI	Open Systems Interconnection
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
DIFS	Distributed Inter Frames Space
RTS	Request To Send
CTS	Clear To Send
NAV	Network Allocation Vector
MAC	Media Access Control
SIFS	Short Inter Frames Space
PIFS	Point Coordination IFS
EIFS	Extended IFS
WEP	Wired Equivalent Privacy
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GFSK	Gaussian Frequency Shift Key
SDU	Service Data Unit
MPLS	Multiprotocol Label Switching
VLAN	Virtual Bridge Local Area Network
ATM	Asynchronous Transfer Mode
MOS	Mean Opinion Score
TCP	Transport Control Protocol
MRTG	Multi Router Traffic Grapher
FTP	File Transfer Portocol

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

A crescente necessidade de gerenciar aplicações de voz, dados e imagem em uma única plataforma, sob o conceito de pacotes, está promovendo uma verdadeira transformação nas infra-estruturas das operadoras de telecomunicações. A antiga prioridade da transmissão de voz agora começa a ceder lugar às novas tecnologias que permitirão às operadoras, num futuro próximo, oferecer serviços mais sofisticados, a preços compatíveis com o perfil dos usuários. Trata-se de atualização tecnológica inevitável que beneficia a ambos os lados. Ao usuário, porque abre a perspectiva de acesso a serviços inovadores e tarifas mais acessíveis. E às operadoras, devido ao fato de poderem reduzir custos com gerenciamento e controle de suas infra-estruturas, uma vez que contarão com rede única, na qual trafegarão dados e voz. Uma forte tendência aponta para a adoção do protocolo IP como padrão para tráfego de voz nas redes de dados corporativas tornando-as redes convergentes.

A questão mais crítica que todas as operadoras enfrentam é o fator tempo de mercado. Para unir o duplo desafio da construção de uma rede convergente e seu rápido emprego, as operadoras estão optando por um ambiente sem fio de comutação de pacotes.

A rede sem fio de comutação de pacotes é uma alternativa ótima para reduzir custos e conta com a facilidade e rapidez na construção de uma infra-estrutura. A rede sem fio pode ser empregada em paralelo com a infra-estrutura existente, ou como infra-estrutura para operadoras emergentes.

Nesse contexto, este trabalho se propõe a avaliar o desempenho de VoIP (Voice over IP) em uma rede convergente sem fio, definindo metodologia, ferramentas e métricas.

Os objetivos a serem alcançados são: compreensão das tecnologias de VoIP e rede sem fio, análise de tráfego de VoIP em redes sem fio e definição de variáveis que influenciam no desempenho deste tráfego.

1.2 Objetivos do trabalho

1.2.1 Objetivo geral

Fazer uma avaliação subjetiva da qualidade de voip em um ambiente de tráfego de dados sem fio.

1.2.2 Objetivos específicos

- Montar um ambiente de teste em cima de uma rede sem fio de produção.
- Estudar variáveis que possam afetar a qualidade de voip no ambiente proposto.
- Realizar testes que demonstrem o grau de influência destas variáveis.

1.3 Organização do trabalho

Este trabalho é composto de seis capítulos, apresentando desde definições obtidas durante a revisão bibliográfica até descrições da implantação do ambiente proposto, conforme divisão apresentada abaixo.

No **capítulo 1** é feita uma introdução geral e considerações iniciais sobre o trabalho.

No **capítulo 2** é apresentada a revisão bibliográfica realizada para facilitar a compreensão e o desenvolvimento de cada etapa do tema proposto. Na revisão basicamente são apresentadas definições referentes ao padrão H.323, a arquitetura IEEE 802.11, o padrão 802.1p e métodos para determinação subjetiva da qualidade de transmissão de voz.

No **capítulo 3** são apresentadas informações diretamente relacionadas à avaliação da qualidade de VoIP em rede sem fio, onde são discutidas a motivação que levou ao desenvolvimento do trabalho, a proposta do trabalho, a metodologia empregada, os recursos utilizados para obtenção de resultados e os testes realizados.

No **capítulo 4** são apresentados os resultados alcançados nos testes realizados.

No **capítulo 5** são realizadas análises dos resultados e conclusões preliminares.

No **capítulo 6** são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas durante a pesquisa.

2 O Padrão H.323

2.1 Definição

H.323 é um padrão que especifica os componentes, protocolos e procedimentos que suportam serviços de comunicação multimídia – comunicações de áudio, vídeo e dados em tempo-real – sobre redes de pacotes, incluindo redes baseadas em IP. H.323 é parte de uma família de recomendações da ITU-T chamada H.32x que provê serviços de comunicação multimídia sobre vários tipos de rede[KARIM99].

O padrão H.323 é uma tecnologia fundamental para a transmissão de áudio, vídeo e dados em tempo-real sobre redes baseadas em pacotes. Ele especifica os componentes, protocolos e procedimentos que provêm comunicação multimídia sobre redes baseadas em pacotes. Redes baseadas em pacotes incluem as baseadas em IP ou IPX – LANs, MANs e WANs. H.323 pode ser aplicado em uma grande variedade de mecanismos – somente áudio (Telefonia IP); áudio e vídeo (videoconferência); áudio e dados; e áudio, vídeo e dados. H.323 provê uma grande quantidade de serviços e, portanto, pode ser aplicado em uma vasta variedade de áreas.

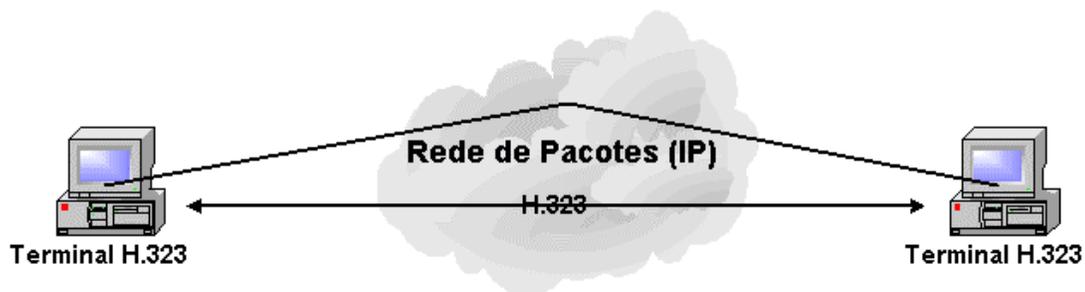


Fig. 1 Terminais H.323 em uma rede de pacotes.

2.2 Versões do H.323

O padrão H.323 é especificado pelo grupo de estudo 16 da ITU-T. A versão 1 da recomendação H.323 – sistemas e equipamentos de telefonia visual para LANs que não garante a qualidade de serviço (QoS) – foi aceita em outubro de 1996 [DATABEAM].

A grande necessidade de aplicações VoIP e telefonia IP incentivou a revisão da especificação H.323. A ausência de um padrão para voz sobre IP resultou em produtos que eram incompatíveis entre si. Com o desenvolvimento de VoIP, novas exigências surgiram, tais como prover comunicação entre um telefone baseado em IP e um telefone em uma rede telefônica pública. Tais exigências forçaram a necessidade de um padrão para telefonia IP. A versão 2 do H.323 – sistemas de comunicação multimídia baseados em pacotes – foi definido para embutir estas exigências adicionais e foi aceita em janeiro de 1998.

Novas características estão sendo adicionadas ao padrão H.323 que resultarão brevemente na versão 3. As características sendo adicionadas incluem fax sobre redes de pacotes, comunicações entre gatekeepers e mecanismos de conexão rápida.

2.3 H.323 em relação a outros padrões da família H.32x

O padrão H.323 é parte da família H.32x de recomendações especificadas pelo ITU-T. As outras recomendações da família especificam serviços de comunicação multimídia sobre diferentes redes[DOUSKALIS]:

- H.324 sobre SCN (Switched Circuit Network)
- H.320 sobre ISDN (Integrated Services Digital Networks)
- H.321 e H.310 sobre B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Networks)

- H.322 sobre LANs que provê QoS

Um dos objetivos principais no desenvolvimento do padrão H.323 foi a interoperabilidade com outras redes de serviços multimídia. Esta interoperabilidade é alcançada através do uso de um gateway. Um gateway realiza qualquer tradução de sinalização ou de rede exigida para a interoperabilidade [KULATHUMANI].

Componentes do H.323

O padrão H.323 especifica quatro tipos de componentes que quando em rede juntos provêm os serviços de comunicação multimídia ponto-a-ponto e ponto-multiponto[DATABASEAM]:

1. Terminais
2. Gateways
3. Gatekeepers
4. Unidades de Controle Multiponto (Multipoint Control Unit – MCU)

Terminais

Usados para comunicação multimídia bidirecional em tempo-real, um terminal H.323 pode ser um computador pessoal ou um dispositivo standalone (p.e. telefone IP) executando o padrão H.323 e aplicações multimídias. Ele suporta comunicações de áudio e pode opcionalmente suportar vídeo ou comunicação de dados. Devido ao fato do serviço básico provido por um terminal H.323 ser comunicação de áudio, um terminal H.323 é essencial em serviços de telefonia IP. O objetivo principal do H.323 é interconectar com outros terminais multimídia. Terminais H.323 são compatíveis com

terminais H.324 em SCN e redes wireless, terminais H.310 em B-ISDN e terminais H.320 em redes LAN que garantam QoS. Terminais H.323 podem também ser usados em conferências multiponto[DATA BEAM].

Gateways

Um gateway conecta duas redes diferentes. Um gateway H.323 provê conectividade entre uma rede H.323 e uma rede não H.323. Por exemplo, um gateway pode conectar e prover comunicação entre um terminal H.323 e redes SCN (redes SCN incluem todas as redes de telefonia de circuitos chaveados). Esta conectividade de diferentes redes é alcançada pela tradução dos protocolos de início e finalização de chamada, conversão de formato de mídias entre redes diferentes e transferência de informação entre as redes conectadas pelo gateway. Um gateway não é exigido para comunicação entre terminais em uma rede H.323[DATA BEAM].

Gatekeepers

Um gatekeeper pode ser considerado o cérebro da rede H.323. Ele é o ponto focal para todas as chamadas na rede H.323. Embora ele não seja exigido, o gatekeeper provê serviços importantes como endereçamento, autorização e autenticação de terminais e gateways; gerenciamento de largura de banda, contabilidade e bilhetagem. Gatekeeper pode também prover serviços de roteamento de chamadas[DATABASEAM].

Unidades de Controle Multiponto (MCU)

MCUs provêm suporte para conferência de três ou mais terminais H.323. Todos os terminais participantes da conferência estabelecem uma conexão com o MCU. O MCU gerencia os recursos da conferência, faz a negociação entre terminais com o propósito de determinar o codificador/decodificador (CODEC) de áudio e vídeo a serem usados e pode tratar a transferência de mídia. O gatekeeper, o gateway e o MCU são componentes logicamente separados no padrão H.323 mas podem ser implementados com um único dispositivo físico[DATABASEAM].

2.4 Zona H.323

Uma zona H.323 é uma coleção de todos os terminais, gateways e MCUs gerenciados por um único gatekeeper (ver figura 2). Uma zona inclui no mínimo um terminal e pode incluir gateways ou MCUs. Uma zona tem apenas um gatekeeper. Uma zona pode ser independente da topologia da rede e pode ser composta de múltiplos segmentos de rede que são conectados usando roteadores ou outros dispositivos[PINHEIRO].

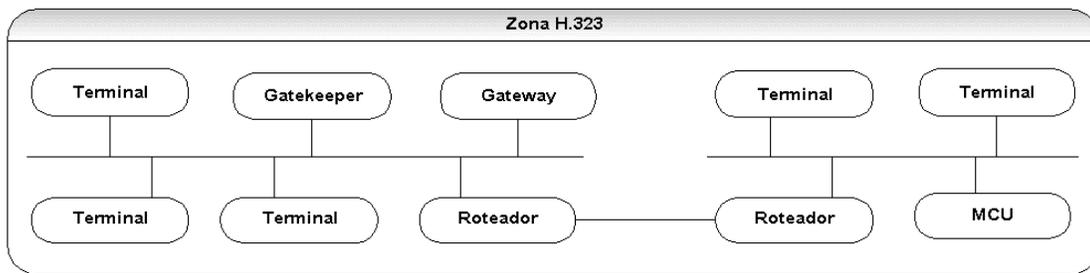


Fig. 2 Zona H.323

2.5 Protocolos especificados pelo H.323

Os protocolos especificados pelo H.323 são listados abaixo. H.323 é independente da rede de pacotes e dos protocolos de transporte sobre os quais ele é executado e não os especifica (ver figura 3) [PINHEIRO].

- CODECs de áudio
- CODECs de vídeo
- H.225 registro, admissão e status (RAS)
- H.225 sinalização de chamada
- H.245 sinalização de controle
- Protocolo de transferência em tempo-real (RTP)
- Protocolo de controle em tempo-real (RTCP)

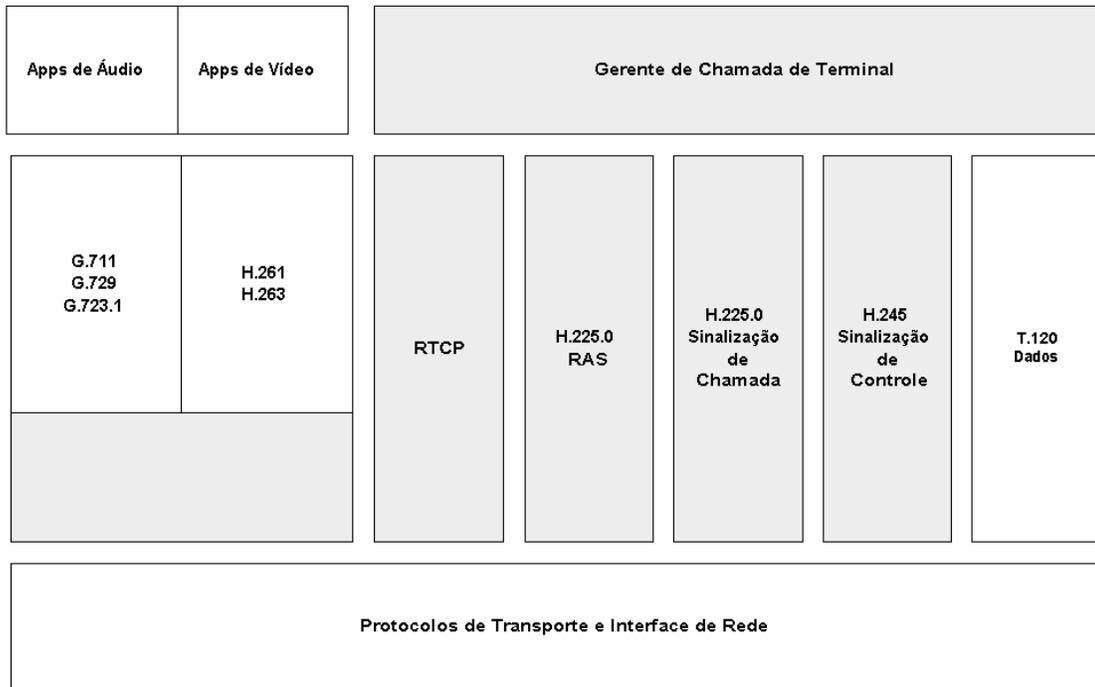


Fig. 3 Pilha de protocolos H.323 no terminal

CODEC de áudio

Um CODEC de áudio codifica o sinal de áudio do microfone para transmissão no terminal H.323 emissor e decodifica o código de áudio recebido que é enviado para o orador no terminal H.323 receptor. Devido ao fato de que o áudio é o serviço mínimo provido pelo padrão H.323, todos os terminais H.323 devem ter no mínimo suporte a um CODEC de áudio, como especificado pela recomendação G.711 da ITU-T (codificação de áudio em 64 kbps). Recomendações de CODEC de áudio adicionais como G.722 (64,56 e 48 kbps), G.723.1 (5.3 e 6.3 kbps), G.728 (16 kbps) e G.729 (8 kbps) podem também ser suportadas [TRILLIUM].

CODEC de vídeo

Um CODEC de vídeo codifica o vídeo vindo da câmera para transmissão pelo terminal H.323 emissor e decodifica-o no terminal H.323 receptor. Devido ao fato que H.323 especifica que o suporte de vídeo é opcional, o suporte de CODEC de vídeo é opcional também. Entretanto, qualquer terminal H.323 que esteja provendo comunicações de vídeo deve suportar codificação e decodificação de vídeo como especificado na recomendação H.261 da ITU-T [TRILLIUM].

H.225 Registro, admissão e status

H.225 registro, admissão e status (RAS) é o protocolo de comunicação entre dispositivos finais (terminais e gateways) e gatekeepers. O RAS é usado para realizar o registro e controle de admissão, mudança na largura de banda, status e procedimento de desconexão entre dispositivos finais e gatekeepers. Um canal RAS é usado para trocar mensagens RAS. Este canal de sinalização é aberto entre um dispositivo final e um gatekeeper antes de qualquer coisa para o estabelecimento de quaisquer outros canais[TRILLIUM].

H.225 Sinalização de chamada

A sinalização de chamada H.225 é usada para estabelecer uma conexão entre dispositivos finais H.323. Isto é alcançado pela troca de mensagens do protocolo H.225 no canal de sinalização de chamada. O canal de sinalização de chamada é aberto entre dois dispositivos finais H.323 ou entre um dispositivo final e um gatekeeper [TRILLIUM].

H.245 Sinalização de controle

A sinalização de controle H.245 é usada para a troca de mensagens de controle fim-a-fim que governa a operação do dispositivo final H.323. Estas mensagens de controle transportam informação relacionada com o seguinte[TRILLIUM]:

- troca de capacidade
- abertura e fechamento de canais lógicos usados para transportar streams de mídia
- mensagens de controle de fluxo
- comandos e indicações gerais

Protocolo de Transporte em Tempo-Real (RTP)

O protocolo de transporte em tempo-real provê serviços de envio fim-a-fim de vídeo e áudio em tempo-real. Enquanto H.323 é usado para transportar dado sobre redes baseadas em IP, RTP é tipicamente usado para transportar dado via User Datagram Protocol (UDP). RTP, junto com UDP, provêm a funcionalidade do protocolo de transporte. RTP provê identificação do tipo de payload, numeração de seqüência, “timestamping” e monitoramento do envio. RTP pode também ser usado com outros protocolos de transporte[RFC1889].

Protocolo de Controle de Transporte em Tempo-Real (RTCP)

O protocolo de controle de transporte em tempo-real é a parte do RTP que provê serviços de controle. A função primária do RTCP é prover feedback na qualidade da distribuição de dado. Outras funções do RTCP incluem transportar um identificador de

nível de transporte para uma fonte RTP, chamado de nome canônico, que é usado pelos receptores para sincronizar áudio e vídeo[RFC1890].

2.6 Características dos componentes

Características do terminal

Terminais H.323 devem suportar o seguinte:

- H.245 para troca de capacidade do terminal e criação de canais de mídia
- H.225 para sinalização de chamada e inicialização de chamada
- RAS para registro e outros controles de admissão com um gatekeeper
- RTP/RTCP para seqüenciamento de pacotes de áudio e vídeo

Terminais H.323 devem também suportar o CODEC de áudio G.711. Componentes adicionais em um terminal H.323 são CODECs de vídeo, protocolos para conferência de dados T.120 e capacidade de MCU[DATA BEAM].

Características do gateway

Um gateway provê tradução de protocolos para inicialização e finalização de chamada, conversão de formatos de mídia entre diferentes redes e a transferência de informação entre redes H.323 e redes não H.323 (ver figura 4). Uma aplicação do gateway H.323 está na telefonia IP, onde o gateway H.323 conecta uma rede IP com uma rede SCN[DATA BEAM].

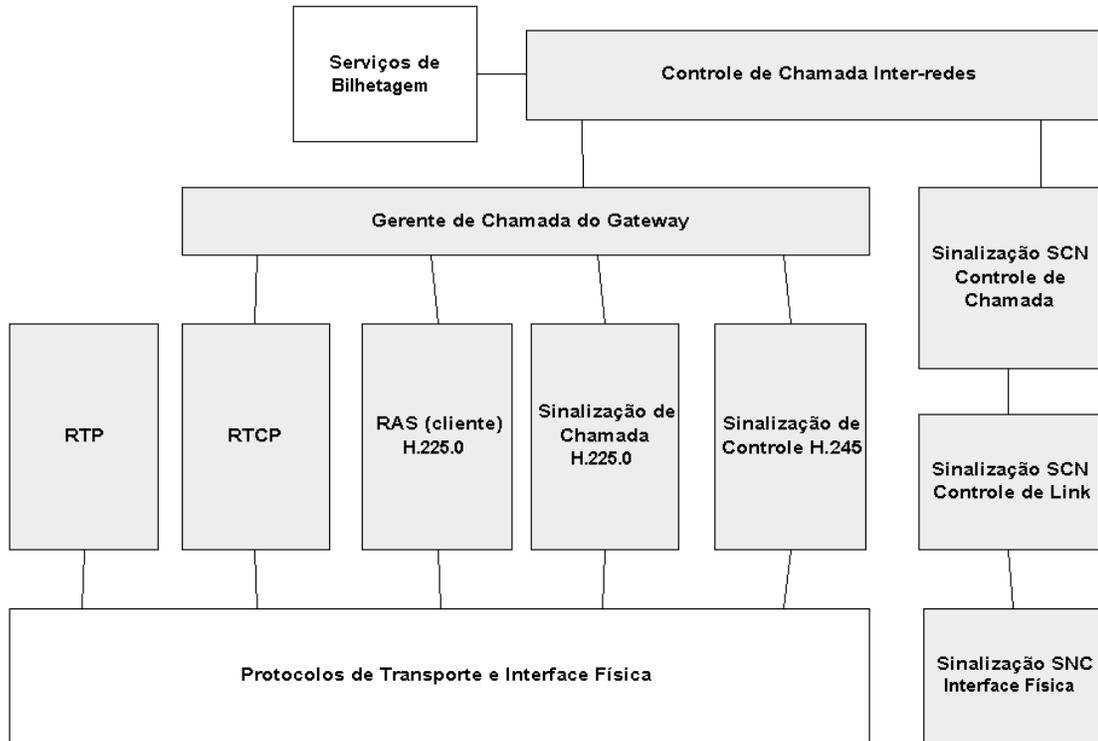


Fig. 4 Pilha de protocolos do gateway

Do lado do protocolo H.323 o gateway executa o protocolo de sinalização de controle H.245 para troca de capacidades, sinalização de chamada H.225 para inicialização e finalização de chamadas e H.225 para registro, admissão e status (RAS) para registro com o gatekeeper. Do lado da SCN, um gateway executa protocolos específicos da SCN (p.e. ISDN e SS7).

Terminais comunicam-se com gateways usando o protocolo de sinalização de controle H.245 e protocolo de sinalização de chamada H.225. O gateway traduz estes protocolos de uma forma transparente para ambos os lados. O gateway também realiza a inicialização e finalização de chamada no lado da rede H.323 e do lado da rede não H.323. Tradução entre formatos de áudio, vídeo e dado pode também ser realizado pelo

gateway. Tradução de áudio e vídeo não podem ser exigidos se ambos os tipos de terminais encontram um modo de comunicação comum. Por exemplo, no caso de um gateway para terminais H.320 em ISDN, ambos os tipos de terminais exigem áudio G.711 e vídeo H.261. O gateway tem as características de um terminal H.323 em uma rede H.323 e de outro terminal em uma rede não H.323 que ele conecta.

Gatekeepers têm conhecimento de quais dispositivos são gateways porque isto é indicado quando os terminais e gateways registram-se com o gatekeeper. Um gateway pode ser capaz de suportar várias chamadas simultâneas entre as redes H.323 e não H.323. Um gateway é um componente lógico da rede H.323 e pode ser implementado como parte de um gatekeeper ou de um MCU[DATABASEAM].

Características do gatekeeper

Gatekeepers provêm serviços de controle de chamada para dispositivos finais H.323, como tradução de endereço e gerenciamento de largura de banda como definido no RAS. Gatekeepers são opcionais em redes H.323. Se ele estiver presente, terminais e gateways devem usar seus serviços. O padrão H.323 define serviços obrigatórios que o gatekeeper deve prover e especifica outras funcionalidades que ele pode prover. Uma característica opcional de um gatekeeper é roteamento de sinalização de chamada. Dispositivos finais enviam mensagens de sinalização de chamada para o gatekeeper, que os roteia para os dispositivos finais destinos. Alternativamente, dispositivos finais podem enviar mensagens de sinalização de mensagens diretamente para outros dispositivos finais. Esta característica do gatekeeper é valiosa, como o monitoramento das chamadas pelo qual o gatekeeper provê um controle melhor das chamadas na rede. Rotear chamadas através de gatekeepers provê melhor desempenho na rede, então o

gatekeeper pode tomar decisões de roteamento baseado em uma variedade de fatores, por exemplo, balanceamento de carga entre gateways. Um gatekeeper é opcional em um sistema H.323. Os serviços oferecidos por um gatekeeper são definidos pelo RAS e incluem tradução de endereço, controle de admissões, controle da largura de banda e gerenciamento de banda (ver figura 5). Redes H.323 que não têm gatekeepers não podem ter estas funcionalidades, mas redes H.323 que possuam gateways IP devem também possuir um gatekeeper para traduzir endereços telefônicos E.164 em endereços de rede. Um gatekeeper é um componente lógico do padrão H.323 mas pode ser implementado como parte de um gateway ou de um MCU[TRILLIUM].

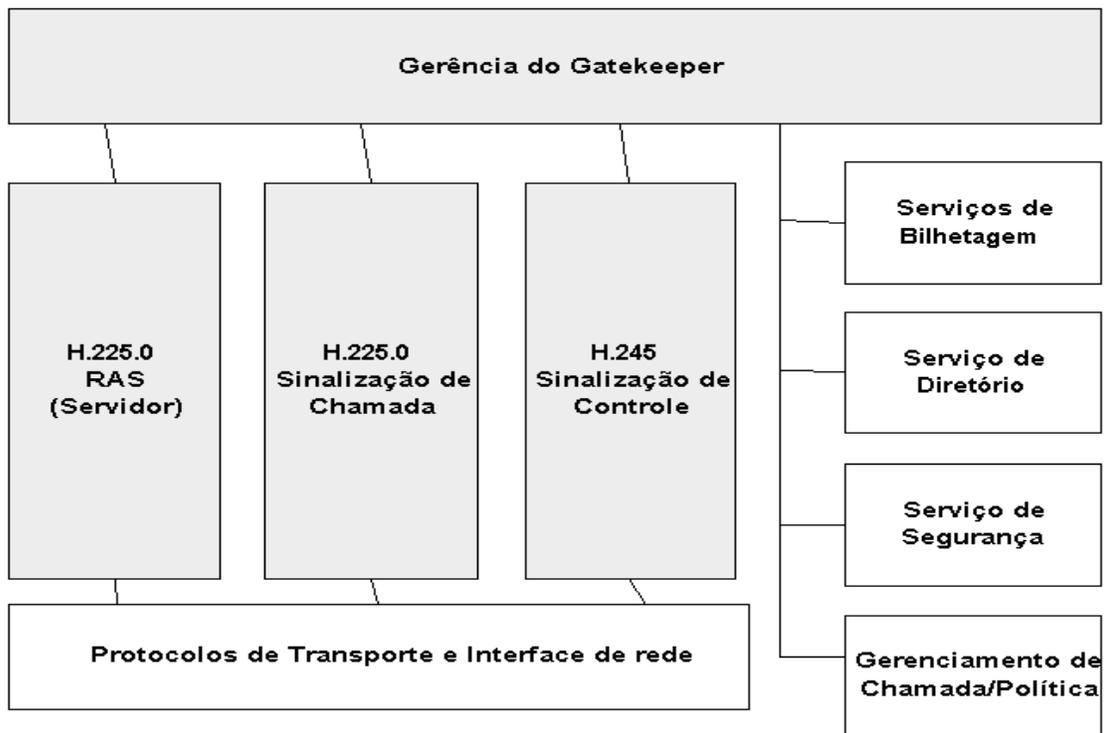


Fig. 5 Componentes do gatekeeper

3 Rede sem Fio - padrão IEEE 802.11

3.1 Componentes do padrão

Uma LAN 802.11 é baseada em uma arquitetura celular onde o sistema é dividido em células. Cada célula (chamada “Basic Service Set”, ou BSS, na nomenclatura 802.11) é controlada por uma estação base (chamada “Access Point” ou AP)[BREEZECOM].

Embora uma rede LAN wireless possa ser formada por uma única célula, com um único AP, muitas instalações serão formadas por muitas células, onde os APs estão conectados através de algum tipo de backbone (chamado “Distribution System” ou DS). Este backbone é normalmente Ethernet e, em alguns casos, é wireless mesmo.

A rede LAN wireless toda inclui as diferentes células, seus respectivos AP e o DS, ela é vista como uma rede 802 normal para as camadas superiores do modelo OSI e é conhecido como “Extended Service Set (ESS)” [BREEZECOM].

A figura 6 mostra uma LAN 802.11 típica, incluindo os componentes descritos acima:

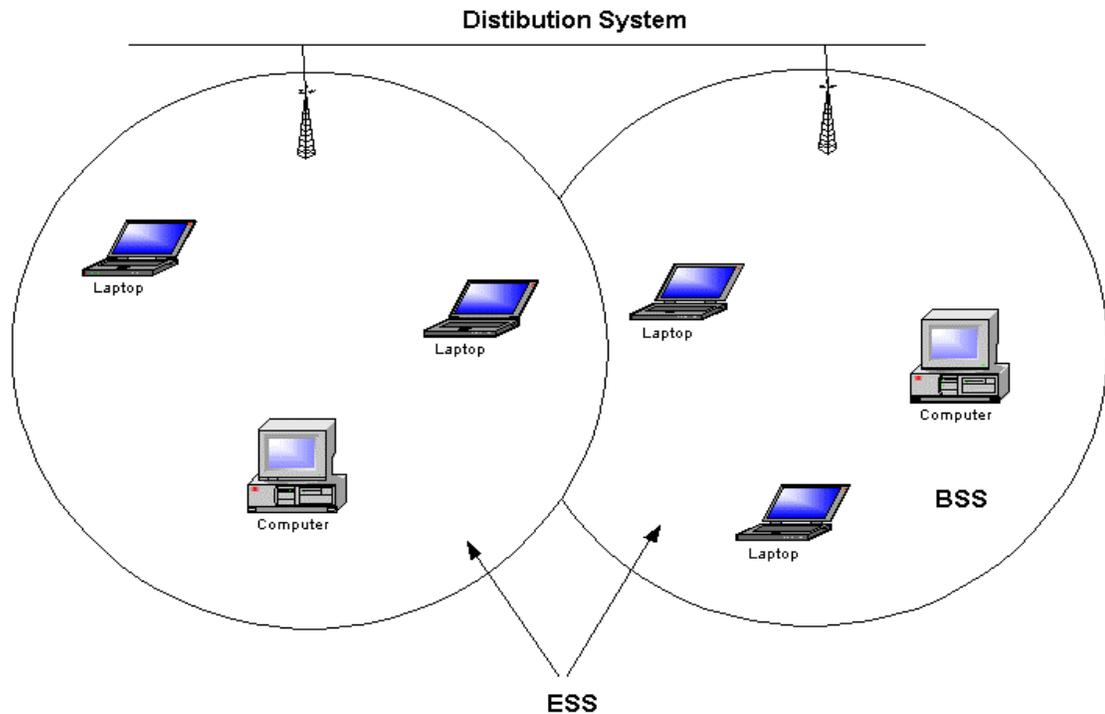


Fig. 6 Uma LAN 802.11 típica

O padrão também define o conceito de portal. Um portal é um dispositivo que interconecta uma LAN 802.11 e uma outra LAN 802. Este conceito é uma descrição abstrata de parte da funcionalidade de uma “translation bridge” [BREEZECOM] .

3.2 Descrição das camadas IEEE 802.11

Como qualquer protocolo 802.x, o protocolo 802.11 cobre as camadas MAC e física. O padrão atualmente define um único MAC que interage com três PHYs (todos rodando em 1 e 2 Mbit/s) [CUMMINGS]:

- Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) na banda de 2,4 GHz
- Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) na banda de 2,4 GHz
- Infravermelho

802.2			Camada de Link
802.11 MAC			
FHSS	DSSS	Infravermelho	Camada Física

Fig. 7 IEEE 802.11

Além da funcionalidade padrão usualmente realizada pelas camadas MAC, o MAC 802.11 realiza outras funções que estão tipicamente relacionadas às camadas superiores, como fragmentação, retransmissão de pacotes e reconhecimento.

A camada MAC

A camada MAC define dois diferentes métodos de acesso, o “Distributed Coordination Function” e o “Point Coordination Function” [CUMMINGS]:

O método de acesso básico: CSMA/CA

O mecanismo de acesso básico chamado de “Distribution Coordination Function” é basicamente um mecanismo de Acesso Múltiplo Sensível a Portadora com Impedimento de Colisão (usualmente conhecido como CSAM/CA – Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Protocolos CSMA/CA são bem conhecidos na indústria, o mais popular é o Ethernet, que é o protocolo CSMA/CD (CD indicando “Collision Detection” – Detecção de Colisão) [CUMMINGS].

Um protocolo CSMA trabalha da seguinte forma: Uma estação desejando transmitir, ouve o meio. Se o meio estiver ocupado (isto é, alguma outra estação está transmitindo)

então a estação adia sua transmissão. Se o meio estiver livre então a estação pode transmitir.

Estes tipos de protocolos são muito eficientes quando o meio não está pesadamente carregado já que ele permite que estações transmitam com um atraso mínimo. Mas há sempre uma chance de estações simultaneamente ouvirem o meio como desocupado e transmitirem ao mesmo tempo causando uma colisão.

Estas situações de colisão devem ser identificadas para que a camada MAC possa retransmitir o pacote ele mesmo e não pelas camadas superiores, que causaria um atraso significativo. No caso Ethernet esta colisão é reconhecida pelas estações que transmitiram e entram numa fase de retransmissão baseada no algoritmo “exponencial random backoff” [BREEZECOM].

Os mecanismos de detecção de colisão são uma boa idéia em uma rede LAN com fio, mas eles não podem ser usados em um ambiente LAN sem fio por duas razões:

1. Implementar um mecanismo de detecção de colisão exigiria a implementação de um rádio Full Duplex capaz de transmitir e receber ao mesmo tempo, algo que aumentaria o preço significativamente.
2. Em um ambiente sem fio não podemos considerar que cada estação escute as outras (que é a consideração básica do esquema de detecção de colisão), e o fato que uma estação querendo transmitir e percebe que o meio está desocupado não necessariamente significa que o meio está desocupado nas imediações do receptor.

Para superar estes problemas, o 802.11 usa um mecanismo de Impedimento de Colisão (Collision Avoidance – CA) junto com um esquema de reconhecimento positivo (Positive Acknowledge) [BREEZECOM]:

1. Uma estação querendo transmitir ouve o meio. Se o meio estiver ocupado então ela adia o envio. Se o meio estiver livre por um tempo específico (chamado “Distributed Inter Frame Space(DIFS)), então a estação transmite.
2. A estação receptora confere o CRC do pacote recebido e envia um pacote de confirmação (ACK). A recepção do ACK indica para o transmissor que nenhuma colisão ocorreu. Se o emissor não receber o ACK então ele retransmitirá o fragmento até ele receber o ACK ou ele alcançar um certo número de tentativas.

Virtual Carrier Sense

Para reduzir a probabilidade de duas estações colidirem porque elas não podem se ouvir, o padrão define o mecanismo “Virtual Carrier Sense” [BREEZECOM]:

- 1- Uma estação querendo transmitir um pacote, primeiro transmite um pacote de controle pequeno chamado RTS (Request To Send), que inclui a fonte, o destino e a duração da transação seguinte (isto é, o pacote e o respectivo ACK), a estação destino responde (se o meio estiver livre) com um pacote de controle de resposta chamado CTS (Clear To Send), que inclui a mesma informação de duração.
- 2- Todas as estações recebem o RTS e/ou o CTS configuram seu indicador “Virtual Carrier Sense” (chamado NAV, Network Allocation Vector), para uma dada duração e usa esta informação junto com o “Physical Carrier Sense” quando ouvir o meio.

Este mecanismo reduz a probabilidade de uma colisão na área do receptor por uma estação que está “escondida” do transmissor para a curta duração da transmissão do RTS porque a estação ouve o CTS e considera o meio ocupado até o fim da transmissão. A informação da duração da transmissão no RTS também protege a área do transmissor de colisões durante o ACK (de estações que estão fora da área da estação que enviou o ACK) [BREEZECOM].

Deve também ser notado que devido ao fato que o RTS e o CTS são frames curtos, o mecanismo também reduz o overhead de colisões, desde que estas sejam reconhecidas mais rapidamente que se o pacote inteiro fosse transmitido. (Isto é verdade se o pacote for significativamente maior que o RTS, assim o padrão permite que pacotes curtos sejam transmitidos sem a transação RTS/CTS. Isto é controlado pela estação por um parâmetro chamado “RTS Threshold”) [BREEZECOM].

A figura 8 mostra uma transação entre estações A e B e a configuração do NAV de seus vizinhos:

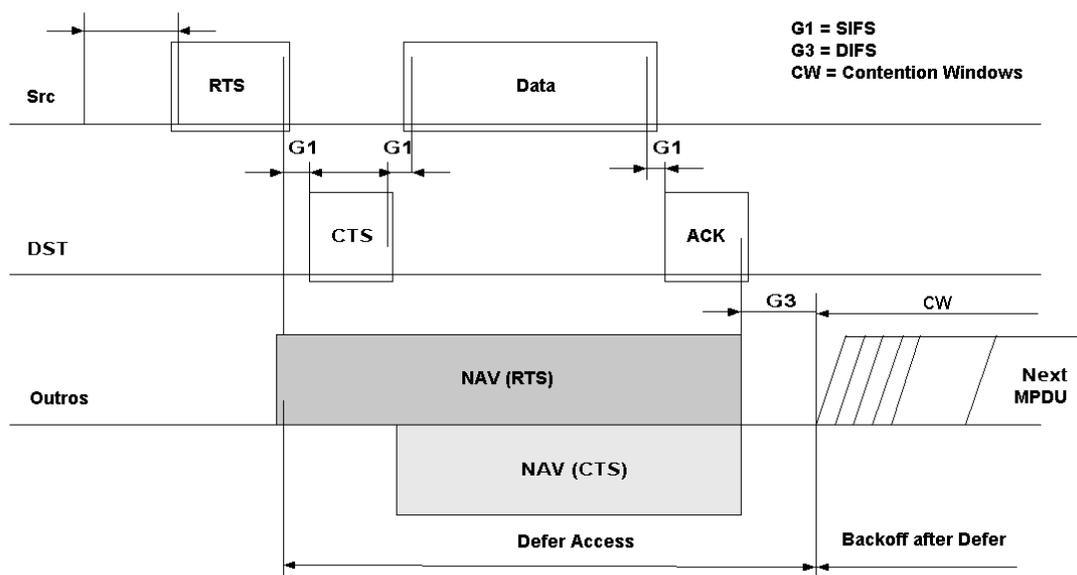


Fig. 8 Transação entre estações A e B

O estado NAV é combinado com estado da portadora física para indicar se o meio está ocupado.

Confirmação de recebimento no nível MAC

A camada MAC realiza detecção de colisão esperando a recepção de uma confirmação (acknowledge) de qualquer fragmento transmitido (Pacotes que tem mais que um destino, tais como multicast, não são confirmados) [BREEZECOM].

Fragmentação e remontagem

Protocolos típicos de LAN usam pacotes com várias centenas de bytes (o pacote ethernet mais comprido pode chegar a 1518 bytes). Há várias razões porque é preferível usar pacotes menores em um ambiente sem fio[BREEZECOM]:

- Devido a maior taxa de erro de um link de rádio, a probabilidade de um pacote ser corrompido aumenta com o tamanho do pacote.
- No caso de corrupção de pacote (devido a colisão ou ruído), quanto menor o pacote menos overhead ele causa para ser retransmitido.
- Em um sistema de salto de frequência, o meio é interrompido periodicamente para ocorrer o salto, assim, quanto menor o pacote, menores as chances da transmissão ser finalizada após o tempo de permanência na frequência.

Entretanto, não faz sentido introduzir um novo protocolo de LAN que não possa tratar com pacotes de 1518 bytes que são usados na Ethernet, assim decidiu-se solucionar o

problema adicionando um mecanismo de fragmentação e remontagem simples na camada MAC.

O mecanismo é um simples algoritmo de Envia-e-Espera, onde a estação transmissora não tem permissão de transmitir um novo fragmento até uma das coisas abaixo acontecer:

1. Receber um ACK para o fragmento que saiu, ou
2. Decidir que o fragmento foi retransmitido muitas vezes e descarta o frame inteiro

Deve ser levado em conta que o padrão permite que a estação transmita para um endereço diferente entre retransmissões de um dado fragmento. Isto é particularmente útil quando um AP tem vários pacotes saindo para diferentes destinos e um deles não responde.

A figura 9 mostra um frame (MSDU) sendo dividido em vários fragmentos (MPDUs) [BREEZECOM]:

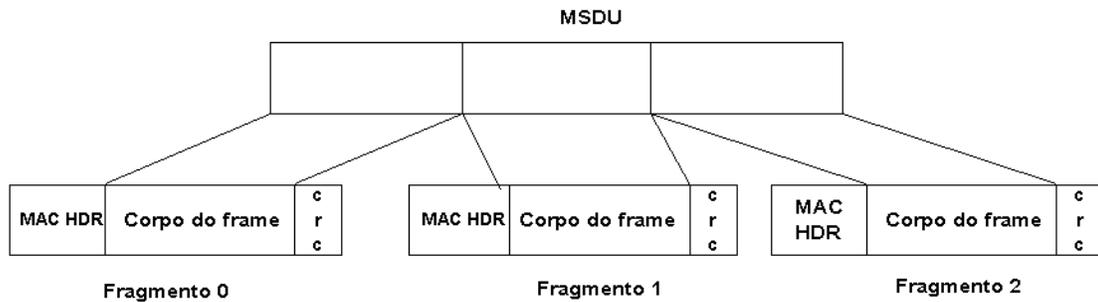


Fig. 9 Fragmentação do frame

Espaços inter-frames

O padrão define 4 tipos de espaços inter-frame que são usados para prover diferentes prioridades[BREEZECOM]:

- SIFS – Short Inter Frame Space é usado para separar transmissões pertencentes a um único diálogo e é o espaço inter-frame mínimo. Há sempre no mínimo uma estação transmitindo, conseqüentemente tendo prioridade sobre todas as outras estações. Este valor é um valor fixo por PHY e é calculado numa tal maneira que a estação transmissora seja capaz de retornar ao modo de recepção e ser capaz de decodificar o pacote recebido. Na 802.11 FH PHY este valor é de 28 microsegundos.
- PIFS – Point Coordination IFS é usado pelo Access Point, para ganhar acesso ao meio antes de qualquer outra estação. Este valor é o SIFS mais um slot de tempo (definido no parágrafo seguinte), 78 microsegundos.
- DIFS – Distributed IFS é o Espaço Inter-frame usado por uma estação desejando iniciar uma nova transmissão que é calculada com PIFS mais um slot de tempo, 128 microsegundos.
- EIFS – Extended IFS que é o IFS mais longo usado pela estação que recebeu um pacote que ele pudesse não entender. Isto é necessário para prevenir a estação (que poderia não entender a informação de duração para o Virtual Carrier Sense) de colidir com um futuro pacote pertencente ao diálogo atual.

O Algoritmo “backoff exponencial”

Backoff é um método usado para resolver a disputa entre estações que desejam acessar o meio. O método exige que cada estação escolha um número randômico entre 0 e um outro número determinado e espera por este número de slots de tempo antes de acessar o meio, sempre conferindo se uma estação diferente acessou o meio antes.

O slot de tempo é definido de uma tal maneira que uma estação sempre é capaz de determinar se a outra estação acessou o meio no início do slot anterior. Isto reduz a probabilidade de colisão pela metade[BREEZECOM].

“Exponencial Backoff” significa que cada vez que a estação escolher um slot e ocorrer uma colisão, ela aumentará o número máximo para a seleção randômica exponencialmente.

O padrão 802.11 define um “Exponencial Backoff Algoritmo”, que deve ser executado nos seguintes casos:

- Quando uma estação escuta o meio antes da primeira transmissão de um pacote e o meio está ocupado
- Após cada retransmissão e
- Após uma transmissão bem sucedida

O único caso quando este mecanismo não é usado é quando a estação decide transmitir um novo pacote e o meio está livre por mais que DIFS.

A figura 10 mostra um esquema do mecanismo de acesso:

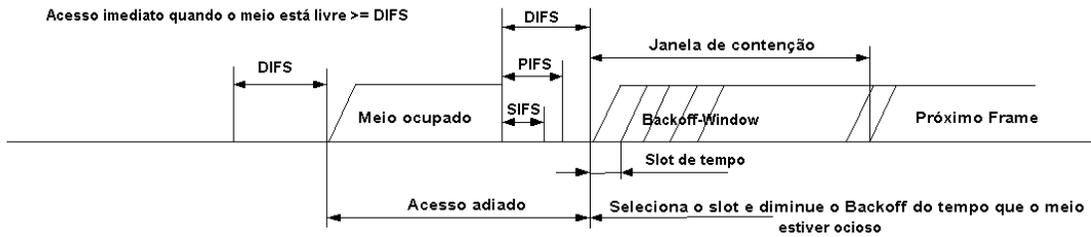


Fig. 10 Mecanismo de acesso

Tipos de frames

Há três principais tipos de frames[BREEZECOM]:

- Frames de Dados: que são usados para transmissão de dados
- Frames de Controle: que são usados para controlar o acesso ao meio (p.e. RTS, CTS e ACK), e
- Frames de Gerenciamento: que são frames que são transmitidos da mesma maneira dos frames de dados para troca de informação de gerenciamento, mas não são encaminhados para as camadas superiores (p.e. frames beacon).

Cada tipo de frame é subdividido em subtipos diferentes de acordo com a sua função específica.

Formatos de frames

Todos os frames são compostos dos seguintes componentes[BREEZECOM]:



Fig. 11 Formato do frame

- Preâmbulo

Este é dependente do meio físico e inclui:

- Sych: Uma seqüência de 80 bits de zeros e uns alternados que é usado pelo circuito físico para seleccionar a antena apropriada (se diversidade é usada), e para alcançar a correção do offset da frequência em regime permanente e sincronização com o tempo do pacote recebido.
- SFD: Um delimitador de início de frame que consiste do padrão binário de 16 bits 0000 1100 1011 1101, que é usado para definir o tempo do frame.

- Cabeçalho PLCP

O cabeçalho PLCP é sempre transmitido em 1 Mb/s e contém informação lógica usada pela camada física para decodificar o frame. Ele consiste de:

- Tamanho do PLCP_PDU: que representa o número de bytes contido no pacote. Isto é útil para a camada física detectar corretamente o fim do pacote.
- Campo de Sinalização do PLCP: que atualmente contém somente informação de taxa, codificada em 0,5 MBps de aumento de 1 Mb/s até 4 Mb/s.

- Campo de Checagem de Erro do Cabeçalho: que é um campo de detecção de erro CRC de 16 bits.

- MAC Data

A figura 17 mostra o formato geral do frame MAC. Parte dos campos estão somente presentes em parte dos frames.

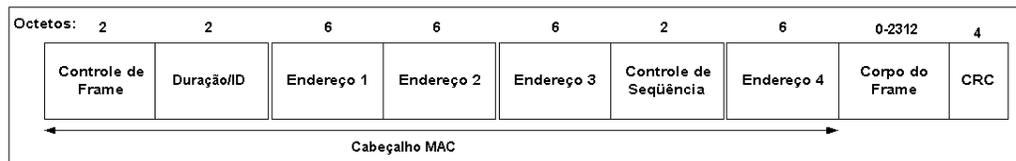


Figura 12: Formato do frame MAC

- Campo de Controle de Frame

O campo de controle de frame contém a seguinte informação:

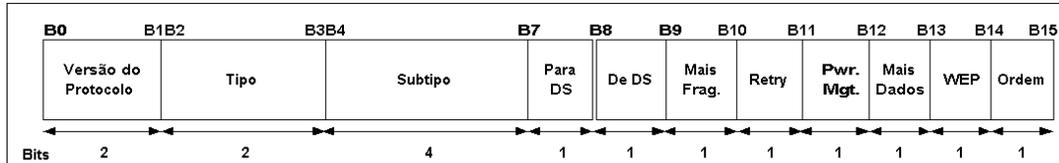


Figura 13: Campo de controle de frame

- Versão do Protocolo

Este campo consiste de 2 bits que não variam em tamanho e mantém-se através das seguidas versões do padrão 802.11 e será usado em possíveis versões futuras. Na versão atual do padrão o valor é fixo em 0.

- Tipo e Subtipo

Estes 6 bits definem o tipo e o subtipo do frame.

- Para DS

Este bit é configurado para 1 quando o frame é endereçado para o AP encaminhá-lo para o DS (incluindo o caso onde a estação destino está no mesmo BSS e o AP re-encaminha o frame).

O bit é configurado para 0 em todos os outros frames.

- De DS

Este bit é configurado para 1 quando o frame é recebido do DS.

- Mais Fragmentos

Este bit é configurado para 1 quando há mais fragmentos pertencentes ao mesmo frame seguinte ao fragmento atual.

- Retry

Este bit indica que este fragmento é uma retransmissão de um fragmento transmitido previamente. Isto é usado pela estação receptora para reconhecer transmissões duplicadas de frames que podem ocorrer quando um pacote ACK é perdido.

- Power Management

Este bit indica o modo de gerenciamento de potência que a estação estará após a transmissão deste frame. Isto é usado pelas estações que estão mudando o estado de economia de potência para ativa ou vice-versa.

- Mais Dados

Este bit é usado para gerenciamento de potência pelo AP para indicar que há mais frames bufferizados para esta estação. A estação pode decidir usar esta informação para continuar o processo de polling ou mesmo mudar para o modo ativo.

- WEP

Este bit indica que o corpo do frame está criptografado de acordo com o algoritmo WEP.

- Ordem

Este bit indica que este frame está sendo enviado usando a classe de serviço Strictly-Ordered.

- Duração/ID

Este campo tem dois significados dependendo do tipo de frame:

- Em mensagens de polling para economia de energia ele é o ID da estação
- Em todos os outros frames ele é o valor da quantidade de tempo usado para o cálculo do NAV.

- Campos de Endereços

Um frame pode conter até 4 endereços dependendo dos bits ToDS e FromDS definidos no campo de controle, como segue:

- Endereço-1 é sempre o endereço do receptor (i.e., a estação BSS que é o receptor imediato deste pacote). Se ToDS está configurado, ele é o endereço do AP, se ToDS não está configurado então é o endereço da estação final.

- Endereço-2 é sempre o endereço do transmissor (i.e., a estação que está fisicamente transmitindo o pacote). Se FromDS está configurado, ele é o endereço do AP, se não está configurado então é o endereço da estação.
- Endereço-3 é em muitos casos o restante dos caos, ou seja, endereços perdidos. Em um frame com FromDS configurado a 1, Endereço-3 é o endereço fonte original, se o frame tem o ToDS configurado então o Endereço-3 é o endereço destino.
- Endereço-4 é usado em casos especiais onde um Sistema de Distribuição Wireless é usado e o frame está sendo transmitido de um AP para outro. Em tais casos, ambos os bits ToDS e FromDS são configurados, assim os endereços fonte e destino originais são perdidos.

- Controle de Seqüência

O campo Controle de Freqüência é usado para representar a ordem de diferentes fragmentos pertencentes ao mesmo frame e reconhecer pacotes duplicados. Ele consiste de dois sub-campos, Número do Fragmento e Seqüência do Fragmento, que definem o frame número do fragmento no frame.

- CRC

O CRC é um campo de 32 bits que contém um Check de Redundância Cíclica de 32 bits.

Camada física FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

A camada física FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) é uma das três camadas físicas permitidas pelo padrão 802.11 [MATHIAS]. A escolha de uma dessas camadas depende das necessidades da aplicação. As seguintes características devem ser consideradas caso se opte por escolher o FHSS:

- Baixo custo dos equipamentos
- Baixo consumo de energia
- Menor tolerância a interferência de sinal
- Pequena área de cobertura de cada célula
- Maior número possível de células

A técnica FHSS transforma a representação binária dos dados em sinais de rádio adequados para transmissão. O FHSS executa essas operações através de técnicas de chaveamento de frequência e modulação do sinal[MATHIAS].

O padrão IEEE 802.11 define um conjunto de canais que são igualmente espaçados ao longo da banda de 2,4GHz. O número de canais depende do país em questão. Por exemplo, o número de canais na América do Norte e maior parte da Europa é 79, enquanto que o número de canais no Japão é 23. Os canais são espalhados por toda a banda de acordo com o lugar. Por exemplo, a América do Norte e maior parte da Europa opera de 2,402 até 2,480GHz, e o Japão opera de 2,473 até 2,495GHz. Cada canal tem a largura de 1MHz. Portanto, o primeiro canal nos EUA é 2,402GHz e o segundo é 2,403GHz; e assim por diante[MATHIAS].

O FHSS "pula" de canal para canal de acordo com uma seqüência de hopping pseudo-randômica que, uniformemente, distribui o sinal ao longo de toda a banda. Depois de estabelecida a seqüência de hopping para um determinado Ponto de Acesso, as estações (desse Ponto de Acesso) automaticamente sincronizam a correta seqüência de hopping. O IEEE 802.11 estabelece uma particular seqüência de hopping. Ele especifica, por exemplo, 78 seqüências para América do Norte e maior parte da Europa, e 12 seqüências para o Japão.

O FHSS transmite alguns bits numa determinada freqüência e depois pula para outra freqüência, transmitindo mais alguns bits, e assim por diante. Tal técnica dificulta a ação de possíveis interceptores do sinal, já que esses não possuem a seqüência de hopping correta. Além disso, suponhamos que haja uma fonte de ruído numa determinada freqüência fixa. Tal fonte só vai prejudicar a transmissão naquela determinada freqüência. Ou seja, apenas quando o FHSS pular para aquela determinada freqüência é que haverá interferência, não havendo prejuízo para os demais canais daquela seqüência[MATHIAS].

Modulação FHSS

O FHSS transmite os dados binários a 1 ou 2 Mbps, usando um tipo de modulação específico para cada uma das taxas de transmissão. Utiliza-se modulação GFSK (Gaussian Frequency Shift Key) de dois níveis para transmissões a 1Mbps, conforme mostra a figura abaixo. A idéia do GFSK é variar a freqüência da portadora para representar símbolos binários diferentes. Então mudanças na freqüência mantém a informação contida no sinal. O ruído geralmente afeta a amplitude do sinal, não a freqüência. Como resultado, a utilização da modulação GFSK reduz potencialmente a interferência do sinal[MATHIAS].

A entrada do modulador GFSK é 0 ou 1. O modulador transmite o dado binário alterando ligeiramente a frequência abaixo ou acima da frequência da portadora, para cada salto da sequência de hopping. Ou seja:

Frequência de transmissão = $F_c + f_d$, para enviar o nível lógico 1

Frequência de transmissão = $F_c - f_d$, para enviar o nível lógico 0

Para a taxa de transmissão de 2Mbps, o FHSS utiliza o GFSK de quatro níveis, como mostrado na figura abaixo. As estações que utilizam a taxa de 2Mbps também têm que ser aptas a operar na taxa de 1Mbps. Na operação a 2Mbps, a entrada do modulador é uma combinação de 2 bits (00, 01, 10 ou 11). Cada símbolo de 2 bits é enviado a 1Mbps, ou seja, cada bit individualmente é enviado a 2Mbps. Portanto, a modulação GFSK de quatro níveis dobra a taxa de transmissão enquanto mantém a mesma velocidade de modulação dos símbolos. A técnica de modulação é similar ao GFSK de dois níveis, existindo porém mais duas possíveis frequências de transmissão.

O padrão IEEE 802.11 estabelece, para o FHSS, 100mW como potência máxima de transmissão.

4 QoS na camada MAC - padrão 802.1p

Como o Ethernet é a tecnologia aplicada a LAN mais utilizada hoje em dia, não podemos deixar de dar importância para o desenvolvimento de mecanismos de garantia de QoS para essa tecnologia de redes locais tão importante. No intuito de suprir essa falha no Ethernet, foi desenvolvida a expansão do padrão IEEE 802.1, que é o IEEE 802.1p, onde o "p" provém de priorização em inglês [BICUDO].

É importante enfatizar que a qualidade de serviço provida pelo nível de enlace, tem o objetivo de complementar um mecanismo de QoS mais complexo em um nível acima, tais como IntServ, DiffServ e MPLS, sendo considerado o seu uso isolado como um solução incompleta, inadequada e errônea.

4.1 IEEE 802.1p

O IEEE 802.1p tem dois principais objetivos:

- definir uma maneira de fazer encaminhamento expresso de tráfegos, isto é, permitir a inclusão de definições de prioridade no nível do quadro.
- definir filtros, de maneira a suportar o uso dinâmico de Grupos de Endereços MAC.

O IEEE 802.1p rotula os quadros os três bits reservados para a prioridade do quadro localizados no campo TAG, especificado em IEEE 802.3ac, que é comentado adiante. É importante não confundir esses três bits com os três bits de precedência do cabeçalho IP: os três que carregam a prioridade do quadro estão no cabeçalho MAC (Ethernet) na camada MAC/Enlace. Os quadros marcados (tagged) têm sua prioridade explícita. Esta não deriva do endereço MAC de origem ou do endereço MAC de destino, nem é

computada através de informações retiradas do quadro. Mas é explicitamente definida em um campo reservado para essa finalidade. Para se fazer uso dessa prioridade do 802.1p, é necessário que a Ponte (ou Switch) em questão tenha algum mecanismo para controlar a QoS bem como algoritmos de filtragem em caso de congestionamento. Ou seja, tem que ser implementado com filas separadas, com políticas de encaminhamento específicos para quadros com prioridades diferentes, e conseqüentemente com necessidades de QoS também diferentes[BICUDO].

4.2 O processo de encaminhamento

O Processo de Encaminhamento se dá caso esteja se referindo a uma bridge. Mas a prioridade que será explicada no encaminhamento de um quadro de uma porta para a outra no caso de uma bridge, pode ser transportada para o caso de uma estação comum. Na estação, a prioridade não terá ação no encaminhamento, pois esse não existe, mas terá função crucial nas primitivas de requisição e indicação. Na primitiva de requisição, o quadro que veio de uma aplicação de um protocolo de nível superior, poderá ser transmitido antes de outro que já estaria na fila de espera antes mesmo desse chegar. No caso da indicação, o quadro que foi recebido da camada física, pode "passar a frente" de outros menos prioritários e ter sua indicação de recepção para o protocolo de nível superior adiantada[BICUDO].

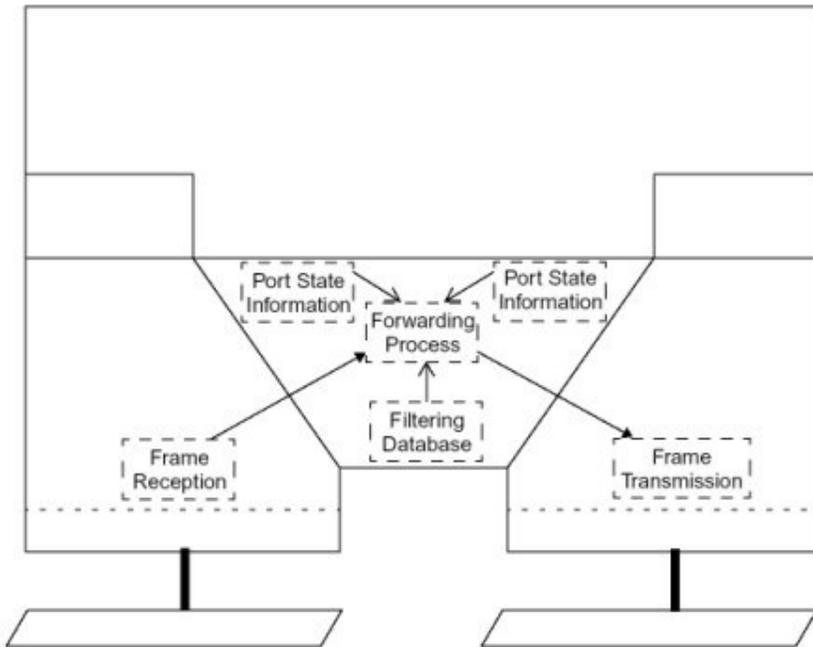


Fig. 14 Encaminhamento simplificado

(Retirado da Norma IEEE 802.1D - encontrado em www.ieee802.org)

Os quadros que são submetidos para o processo de encaminhamento, passarão por todas as funções referentes ao encaminhamento antes de serem retransmitidos pela outra porta.

Essas funções reafirmam restrições da topologia, contém informações para a filtragem de quadros, manipulam as filas dos quadros, mapeiam as prioridades, e recalculam o FCS, caso necessário.

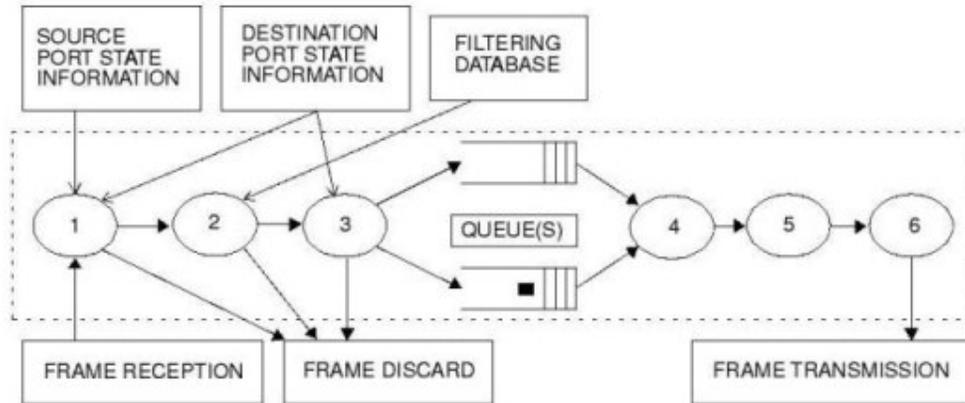


Fig. 15 Encaminhamento detalhado

(Retirado da Norma IEEE 802.1D - encontrado em www.ieee802.org)

A definição de qual a porta de transmissão é feita em '1'. Uma porta qualquer pode ser uma porta de transmissão se:

- a porta de origem do quadro está em modo de encaminhamento
- a potencial porta de transmissão está em modo de encaminhamento
- a potencial porta de transmissão não é a mesma de origem
- o tamanho do quadro não excede o tamanho máximo da LAN da porta de transmissão em questão

A filtragem de pacotes é feita utilizando:

- o endereço MAC de destino contido no quadro
- informação contida no Banco de Dados referentes a aquele endereço MAC e sua porta de origem.
- o comportamento de filtragem da potencial porta de transmissão.

Para cada porta selecionada em '1', o quadro deve ser transmitido / encaminhado ou filtrado / descartado. Isso será feito de acordo com o Banco de Dados utilizado pela função de filtragem. Este BD contém informações referentes a: a configurações estáticas do administrado; entradas dinâmicas referentes ao mecanismo de aprendizado automático, que a Ponte executa em sua operação normal. Uma entrada estática pode conter: um endereço MAC ou um Grupo deles; uma informação relacionada com a porta de origem ou de destino com informações do quadro, tais como endereço MAC de origem ou destino[BICUDO].

O Processo de Encaminhamento contém filas de armazenamento para guardar os quadros em espera para serem transmitidos. A ordem do quadro para uma combinação de "user_priority", MAC origem e MAC destino devem ser mantidas.

O Processo de Encaminhamento associa várias filas de transmissão para cada porta. O quadro é encaminhado para uma determinada fila de transmissão de acordo com a sua classe de tráfego. Essa classe é definida na Tabela de Classes de Tráfego, que está em conformidade com o estado da porta referente à Tabela e com o campo " user_priority" de cada quadro. Cada fila tem uma relação de um-para-um com as classes de tráfego, isto é, para cada classe pode existir uma, e somente uma, fila de transmissão.

Para propósitos de gerência, foram definidos oito níveis de prioridade suportadas pelas Tabelas de Classes de Tráfego.

É importante descrever o método de escolha de qual quadro será transmitido. O algoritmo padrão para a escolha segue duas regras:

- para cada porta o quadro é selecionado caso todas as filas de prioridade numericamente superior a sua fila.

para uma dada fila, a ordem dos quadros para uma mesma prioridade não deve ser alterada.

O TAG

Apesar de todas as padronizações propostas e homologadas, o 802.1p e 802.1Q não poderiam ser efetivados na prática se não fosse feita uma proposta de modificação do quadro para a solução da falta de um campo no quadro Ethernet. Este campo seria o responsável pela identificação do quadro para uma determinada VLAN e pela identificação de qual prioridade este quadro teria diante de outros na fila de encaminhamento[BICUDO].

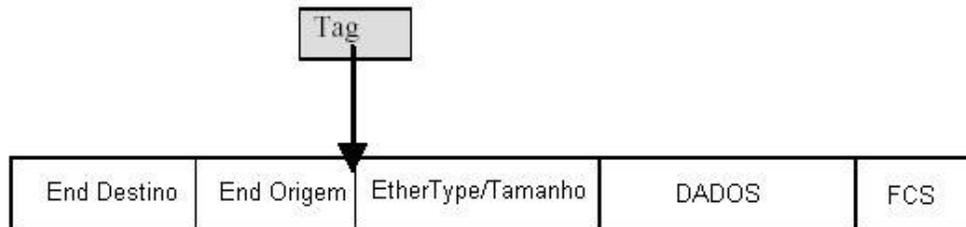


Fig. 16 Localização do TAG no quadro Ethernet
(Retirado do arquivo PDF IEEE802.1D-1998 obtido em www.ieee802.org)

Nesse contexto que foi proposto o IEEE 802.3ac, que faz a adição de quatro octetos ao quadro Ethernet, ou IEEE 802.3 CSMA/CD. Esses quatro octetos são os bits responsáveis tanto pela identificação da VLAN, para a norma IEEE 802.1Q, quanto pela marcação da prioridade do quadro, referente a norma IEEE 802.1p. O TAG foi inserido logo após o campo de Endereço de Origem e antes do campo "EtherType" (para

Ethernet v.2), ou Tamanho do Quadro (para IEEE 802.3). As normas 802.1Q e 802.1p dividem o mesmo TAG[BICUDO].

		Cabeçalho do TAG						
		TPID	TCI					
48 bits	48 bits	16 bits	3 bits	1 bit	12 bits	16 bits	até 1500 octetos	32 bits
End. Destino	End. Origem	TPID	Prioridade	CFI	VLAN ID	Tamanho /Tipo	DADOS	FCS
		0x8100	0 – 7	0-1	0-4095			

Fig. 17 Detalhamento do TAG

Esse novo campo do cabeçalho de 4 bytes contém:

- **TPID - Tag Protocol Identifier:** dois bytes de valores fixos iguais a 0x8100. Esse valor específico determina que os próximos dois bytes carregam informações do TAG dos padrões 802.1p e 802.1Q
- **TCI - Tag Control Information:** com as seguintes informações
 - **Prioridade:** responsável por carregar a informação de user_priority através de LANS com Pontes. Os três bits são capazes de representar oito diferentes níveis de prioridades - de 0 a 7.

- **CFI - Canonical Format Indicator:** em '0' indica forma canônica, enquanto em '1' indica forma não-canônica. Isso é usado no método de acesso ao meio roteados por FDDI/Token-Ring para sinalizar a ordem da informação de endereço encapsulado no quadro.
- **VID - VLAN Identifier:** identifica a qual VLAN o quadro pertence. Pelo seu tamanho pode-se calcular o número máximo de VLANs que podem ser unicamente identificadas - 4096, sendo que a VLAN 0 e a VLAN 4095 são reservadas.

De acordo com IEEE 802.3 o quadro Ethernet não pode exceder 1518 octetos, então se ao quadro é adicionado o TAG do 802.1Q/p, o tamanho máximo passará a ser de 1522, o que abre uma janela de possíveis problemas com equipamentos que implementam o Ethernet e fazem isso através de hardware.

5 Métodos para Determinação Subjetiva de Qualidade de Transmissão de Voz

5.1 Introdução

A avaliação subjetiva de equipamentos de telecomunicações e sistemas pode, em princípio, ser conduzida usando métodos de conversação ou apenas de audição. Às vezes, na prática, testes de audição são o único método possível de teste subjetivo durante o desenvolvimento de novos equipamentos ou serviços de telecomunicações. A norma [ITU-T] trata desses testes e este capítulo, como uma adaptação desta norma, descreve os procedimentos recomendados para testes de avaliação subjetiva de conversação e de audição. A adaptação mencionada acima de [ITU-T] foi realizada pela impossibilidade de seguir a risca todas as recomendações da norma, principalmente as recomendações que tratam do ambiente onde as pessoas fazem os testes de audição e conversação. No nosso entendimento, estas recomendações têm um objetivo de garantir que o ambiente onde as pessoas fiquem seja o mais silencioso possível, e na medida do possível, isto foi seguido. A parte da norma que trata do locutor e dos equipamentos de gravação para as sentenças dos testes de audição foi cumprida integralmente. Para este caso foi utilizado um estúdio de gravação profissional de uma emissora de vídeo de Fortaleza no Ceará, tendo como locutor um profissional da área.

5.2 Testes de opinião de conversação

Tarefa de conversação

A tarefa consiste em que duas pessoas mantenham uma conversação utilizando o sistema em teste. Todo esforço deve ser feito para garantir que a conversação tenha um propósito. E que as pessoas tenham total condição de explorar as capacidades de transmissão do circuito em teste.

A regra geral é que cada conversação deva ter um início natural e um fim natural. Ao final da conversação as duas pessoas responderão aos questionários: escala de opinião de conversação e escala de dificuldade.

Escolha das pessoas

As pessoas que tomam parte do teste de conversação são escolhidas aleatoriamente com as condições que:

- Elas não devem estar diretamente envolvidas com a avaliação do desempenho do sistema.
- Elas não podem ter participado de qualquer teste subjetivo por no mínimo seis meses e não terem participado de teste de conversação por no mínimo um ano.
- Se a população disponível for restrita, então deve-se levar em consideração este fato quando das conclusões dos resultados.
- Não é necessário balancear o número de homens e mulheres no teste, a menos que o projeto exija.

Escala de opinião de conversação

A seguinte escala de opinião é a mais freqüentemente usada para aplicações da ITU-T e palavras equivalentes devem ser usadas.

Esta é a escala de categoria obtida de cada pessoa no final de cada conversação.

Tabela 1. Escala de opinião de conversação

Opinião da conexão	Valor do escore
Excelente	5
Bom	4
Satisfatória	3
Fraca	2
Ruim	1

E todo o processo estatístico é realizado em cima destes números. A média aritmética de qualquer coleção destes escores é chamada de escore de opinião de conversação média (em inglês, Mean Conversation Opinion Score) e é representado pela sigla MOSc.

Escala de dificuldade

Esta é uma resposta binária obtida de cada pessoa no final de cada conversação.

Você ou seu parceiro tiveram alguma dificuldade em falar ou ouvir?

Sim

Não

O experimento aloca os seguintes valores para os escores:

Sim = 1 Não = 0

A quantidade avaliada (percentagem de respostas “sim”) é chamada de percentagem de dificuldade e é representada pelo símbolo %D.

Instruções para as pessoas

Instruções são dadas às pessoas na chegada. Deve-se entregar às pessoas uma carta que contenha informação não técnica sobre o experimento e o que se espera deles. Eles são inquiridos sobre quaisquer dúvidas e se entenderam a carta. Para que houvesse algum parâmetro de comparação para a conversação, orientação foi dada para que fosse considerada uma boa conversação aquela feita rotineiramente onde se tem compreensão perfeita da fala e que seja confortável.

Análise estatística e apresentação de resultados

Em cada conversação se obtém duas opiniões de conversação na escala: Excelente – Bom – Satisfatória – Fraca – Ruim (respectivamente 5,4,3,2,1) e dois votos na escala de dificuldade (1 = Sim, 0 = Não).

A média dos escores de opinião deve ser calculada para cada condição de teste. Para um melhor entendimento dos dados, gráficos devem mostrar a média do escore de opinião como função do parâmetro em teste, por exemplo, MOSc versus algoritmo de compressão. No eixo vertical do gráfico deve sempre estar o MOSc.

5.3 Testes de opinião de audição

Tarefa de audição

A tarefa consiste em que uma pessoa escute um grupo curto de sentenças não relacionadas e que cada uma tenha sido passada através de um processo padrão.

Para cada pessoa o teste é limitado em tamanho pelo número máximo de sessões sem levar à fadiga. Se o experimento é muito longo ele deve ser subdividido em duas ou mais sessões. Idealmente nenhuma sessão deve ser menor que 20 e maior que 45 minutos. No intervalo entre grupos de sentenças, o participante do teste responderá aos questionários: escala de qualidade da fala, escala de esforço de audição e escala de preferência de volume.

Material de voz

O material de voz consiste de sentenças simples, curtas e com significado, escolhidas de forma aleatória e que tenham um fácil entendimento. Estas sentenças devem ser postas em uma lista em uma maneira que não haja nenhuma conexão óbvia de significado entre uma sentença e a próxima. Sentenças muito curtas ou muito longas devem ser evitadas, a idéia é que cada sentença use um período de tempo de 2 a 3 segundos. Exemplos de sentença são mostrados abaixo:

Você terá que ficar muito quieto.

Não há nada para ser visto.

Eu quero um minuto com o instrutor.

Ele precisou de mais dinheiro?

Um mínimo de duas e o máximo de cinco sentenças são recomendadas para constituir um exemplo de fala. O intervalo de tempo entre sentenças também é importante e deve ser levado em consideração para efeitos de preenchimento do questionário.

Locutores

Os locutores devem pronunciar as sentenças fluentemente mas não dramaticamente, e não devem possuir deficiências de fala, eles devem adotar um nível de fala que seja confortável e que possa ser mantido de forma constante e satisfatória.

Escolha dos ouvintes

As pessoas que tomam parte nos testes são escolhidas ao acaso com os seguintes cuidados:

- a) não devem estar diretamente envolvidas no trabalho de avaliação do desempenho do sistema;
- b) não podem ter participado de quaisquer testes subjetivos por no mínimo seis meses;
- c) não devem nunca ter ouvido as listas de sentenças.

A população disponível para os testes foi composta de funcionários da w2b e de empresas clientes desta, totalizando 20 pessoas. Sendo metade localizada em uma extremidade do link e a outra metade na outra extremidade.

Escala de opinião de audição

Tabela 2. Escala de qualidade da fala

Qualidade da fala	Valor do escore
Excelente	5
Bom	4
Satisfatória	3
Fraco	2
Ruim	1

A quantidade avaliada dos valores é representada pelo símbolo **MOS**.

Tabela 3. Escala de esforço de audição

Esforço exigido para o entedimento das sentenças	Valor do escore
Relaxamento completo, nenhum esforço exigido	5
Atenção necessária, nenhum esforço apreciável exigido	4
Exige esforço moderado	3
Exige esforço considerável	2
Não entende o significado das sentenças	1

A quantidade avaliada dos valores é representada pelo símbolo **MOS_{le}**.

Tabela 4. Escala de preferência de volume

Preferência de volume	Valor do escore
Muito mais alto do que o necessário	5
Mais alto que o necessário	4
Suficiente	3
Mais baixo que o necessário	2
Muito mais baixo do que o necessário	1

A quantidade avaliada dos valores é representada pelo símbolo **MOS_{lp}**.

Instruções para os ouvintes

A instruções foram passadas antes de começar os experimentos. Quando os ouvintes entenderem as instruções, eles devem ouvir a lista preliminar e dar opiniões. Nenhuma sugestão deve ser passada aos ouvintes de que os exemplos preliminares sejam melhores ou piores na escala a ser fornecida. Após a lista preliminar deve ser dado um tempo suficiente para possíveis perguntas. Questionamentos sobre procedimento ou sobre o significado das instruções podem ser feitas, mas quaisquer questões técnicas devem ser ignoradas.

Análise estatística e apresentação de resultados

A média numérica (sobre cada ouvinte) deve ser calculada para cada condição e estas médias listadas para uma inspeção inicial.

Como ajuda para entender os dados é apropriado gerar gráficos mostrando o MOS como uma função dos parâmetros em teste, por exemplo, MOS versus algoritmo de compressão. No eixo vertical deve sempre ser colocado o MOS.

6 Avaliação de qualidade de voip em rede sem fio

6.1 Motivação

As tecnologias de VoIP e rede sem fio têm despertado muito interesse tanto na área acadêmica quanto na área empresarial. A primeira tecnologia traz a possibilidade de permitir o compartilhamento da atual estrutura de redes de dados para o tráfego de voz e sua integração com a estrutura da telefonia tradicional. A segunda pela facilidade e rapidez na montagem de uma infra-estrutura de comunicações. O estudo da integração delas em um ambiente que permita manter a qualidade em um tipo específico de tráfego (voz) nos motivou a propor este trabalho.

6.2 Proposta de trabalho

O propósito deste trabalho é o estudo de uma metodologia para a avaliação de qualidade de VoIP em uma rede sem fio, definindo variáveis e procedimentos para auxiliar no projeto e dimensionamento de tais ambientes.

6.3 Metodologia

Definição das variáveis de configuração que influenciam o sistema

Em um ambiente wireless há diversos fatores que influenciam a qualidade do link e conseqüente e indiretamente a qualidade do tráfego de pacotes. Mais notadamente o tráfego de mídias interativas, onde o atraso no recebimento de pacotes, a variação deste atraso e a perda de pacotes degradam ou até mesmo impossibilitam a comunicação.

O ambiente wireless é inerentemente não confiável, comparativamente a uma rede com fio ele tem uma taxa de perda de frames e variação do atraso altas.

Com uma grande quantidade de variáveis influenciando o sistema, separamos as que pudéssemos monitorar e controlar das que apenas podíamos monitorar. A idéia foi a de montar um ambiente de testes de tal forma que estas variáveis tivessem o mínimo de influência nos resultados dos testes em relação àquelas. Para isto escolhemos as localidades dos links que sofressem menos interferência eletromagnética e menor exposição às intempéries, produzindo uma baixa atenuação do sinal e uma relação sinal-ruído alta. Desta forma acreditamos que minimizamos os efeitos das variáveis conhecidas mas não controláveis e das variáveis aleatórias nos valores dos testes.

Feita esta etapa, a preocupação recai em definir as variáveis controláveis que tenham influência direta ou indiretamente em três fatores essenciais na qualidade do tráfego de voz: atraso, variação do atraso ou jitter e perda de informação.

A intenção desta etapa então se resume a definir e compreender as variáveis que podem direta ou indiretamente influenciar o desempenho do sistema.

Nos equipamentos de rádio podemos listar as variáveis de configuração que foram alvo de estudo e que serão os parâmetros modificados:

- a) **Volume** – Permite configurar o ganho do sinal de voz do aparelho telefônico conectado ao rádio. A faixa disponível é de 0dB até -20dB em passo de -1 dB.
- b) **Atraso do buffer** – Permite especificar o atraso em milisegundos que pode ser introduzida pelo processamento de qualidade de serviço. A faixa disponível é de 0 até 300 (em ms).
- c) **Cancelamento de eco** – Permite habilitar ou desabilitar a capacidade de cancelamento de eco.
- d) **Codec de voz** – Permite especificar a prioridade específica dos codecs. O rádio suporta os seguintes codecs:
 - 1. G.723.1 (taxa de 6,4 kbps, razão de compressão de 1:10)
 - 2. G.729 (taxa de 8 kbps, razão de compressão de 1:8)
 - 3. G.711 Ulaw (taxa de 64 kbps, sem compressão, padrão americano)
 - 4. G.711 Alaw (taxa de 64 kbps, sem compressão, padrão europeu)
- e) **Detecção de atividade de voz** – Permite habilitar a detecção de atividade de voz e suprime os períodos de silêncio para diminuir o volume de tráfego transmitido.
- f) **Janela de contenção mínima** – Os rádios que participam dos testes usa o mecanismo “Carrier Detect Multiple Access (CDMA)” para minimizar colisões no meio wireless resultante de tentativas de mais de uma unidade transmitindo ao mesmo tempo. A janela de contenção é o tempo que a unidade esperará do momento que ela decidiu que não

há nenhuma transmissão de outra unidade até ele tentar transmitir. A faixa permitida é de 1 até 255.

- g) **“Dwell Time” (AP apenas)** – O tempo gasto em um canal de rádio antes de saltar para o próximo canal.
- h) **Taxa de transmissão** – Taxa de transferência do link de rádio. A faixa permitida é de 0 até 2048Mbps.

Algumas das variáveis listadas acima têm influência significativa sobre a qualidade do link, o que afeta a qualidade da voz transmitida, e outras têm influência direta na qualidade da voz, mesmo não influenciando o link.

As variáveis que influenciam diretamente a qualidade da voz transmitida foram escolhidas por serem as que o rádio permite que se altere a configuração padrão.

Montagem do ambiente de testes

O ambiente foi montado com três rádios sendo uma AP e duas SA, com estes dois últimos possuidores de porta de VoIP. O mapa abaixo mostra a localização física de cada equipamento e os enlaces de rádio. Conectados aos rádios SA estão dois equipamentos telefônicos comuns que permitirão a comunicação entre as extremidades.

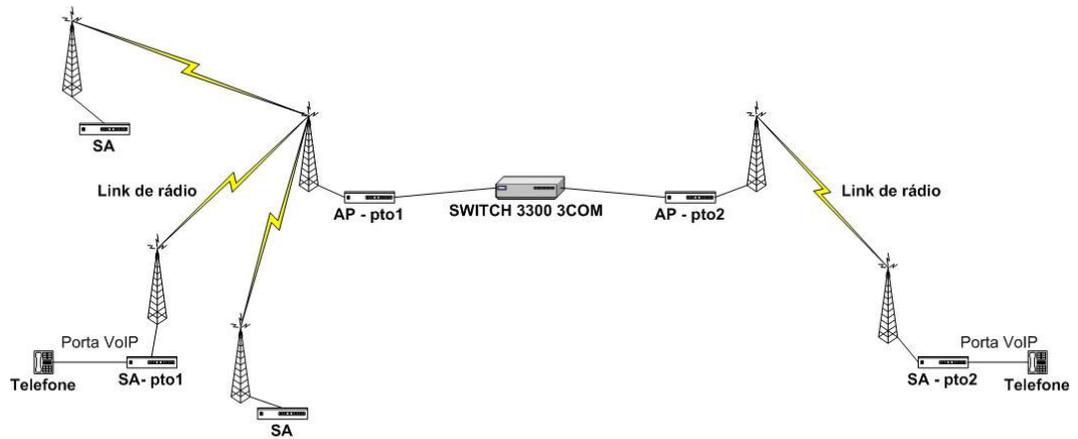


Figura 18: Ambiente de teste

Os rádios SA possuem a seguinte especificação:

BreezeACCESS/SU-BD-1V

Official Release Version - 2.6.17

e APs:

BreezeACCESS (AU-A/O)

Official Release Version - 1.5.15

Foram escolhidos rádios da empresa Breezecom, atualmente Alvarion, pelos seguintes motivos:

- 1- rádios disponibilizados pela empresa W2B;
- 2- os rádios SA possuem porta de VoIP embutida;
- 3- possibilidade de gerenciamento e configuração superiores aos demais rádios que trabalham na frequência livre de 2,4 GHz;

- 4- a tecnologia de transmissão destes rádios é a FHSS, o que os torna menos suscetíveis a interferências de outros rádios na mesma frequência;
- 5- rádios com suporte ao padrão 802.1p;

O switch é um SuperStack III 3300 da 3COM com portas Ethernet 10/100 e com suporte ao padrão 802.1p.

Taxa de transferência disponível no ambiente de teste

A medição da taxa de transferência disponível entre na conexão de rádio durante os testes foi realizada conforme o anexo I deste documento alcançando-se e mantendo-se em 1,2 Mbps em UDP.

Definição das pessoas e sentenças

Foram definidas 20 pessoas (entre funcionários das empresas W2B e pessoas amigas) que fizeram parte dos experimentos e as sentenças a serem utilizadas nos testes de audição. As sentença foram escolhidas em conformidade com [ITU-T].

Considerações gerais sobre os testes

- 1- A configuração dos rádios não varia durante os testes.
- 2- Considera-se que a topologia do terreno que separa os dois pontos é imutável durante a realização dos testes. Obviamente esta topologia pode ser alterada durante o tempo de vida do link, por exemplo, com a construção de edifícios que

dificultem a visada entre os pontos de rádio. Tal variação da topologia é verificada através da alteração de alguns parâmetros de qualidade do sinal de rádio e nas inspeções para manutenção preventiva do equipamento.

- 3- Nos cálculos realizados durante o projeto dos links constatou-se que não existem barreiras na primeira zona de fresnel de cada link.
- 4- As antenas utilizadas nas AS são sólidas com ganho de 24 dBi, ângulo de abertura de 6 graus. Elas foram escolhidas por possuírem maior capacidade de foco, pelo baixo grau de abertura, e uma relação frente-costa em torno de 50db.
- 5- As condições climáticas, por serem de comportamento extremamente aleatório e terem uma influência no link difícil de ser mensurada, não são consideradas nos testes, mas os parâmetros de qualidade do sinal de rádio diretamente relacionados são constantemente monitorados durante a vida útil do link.
- 6- As sentenças utilizadas nos testes de audição foram gravadas em estúdio de gravação da emissora de televisão da rede Diário de Fortaleza no Ceará. A voz pertence a um apresentador de televisão da mesma emissora e tanto o locutor quanto o material de gravação seguem as recomendações do padrão [ITU-T].
- 7- Apesar dos rádios terem a capacidade de limitar a sua taxa de transmissão, optou-se por utilizar a banda completa existente e variaram-se outros parâmetros.
- 8- A variável “Volume” dos rádios SA foi deixado com o seu valor de configuração de fábrica nos testes. A intenção de modificá-lo só ocorreria caso os valores do questionário sobre escala de preferência de volume fossem abaixo do valor 3.
- 9- O padrão [ITU-T] recomenda pelo menos 100 testes para que possa tirar conclusões mais confiáveis. Devido a limitação de tempo e principalmente de

pessoal disponíveis, foram realizados 20 testes para audição e 10 para conversação.

10- Os rádios envolvidos nos testes possuem a capacidade de medir a sua taxa de retransmissão de frames, ou taxa de erros como informa o manual dos mesmos. Esta taxa é a percentagem de frames que foram recebidos com erro e que foram retransmitidos. Esta taxa se manteve estável durante os testes e os valores foram os seguintes:

Taxa de retransmissão do SA-pto1 = 5%

Taxa de retransmissão do SA-pto2 = 4%

Taxa de retransmissão do AP-pto1 = 2%

Taxa de retransmissão do AP-pto2 = 2%

7 Resultados, Análises e Conclusões

7.1 Resultados e análises

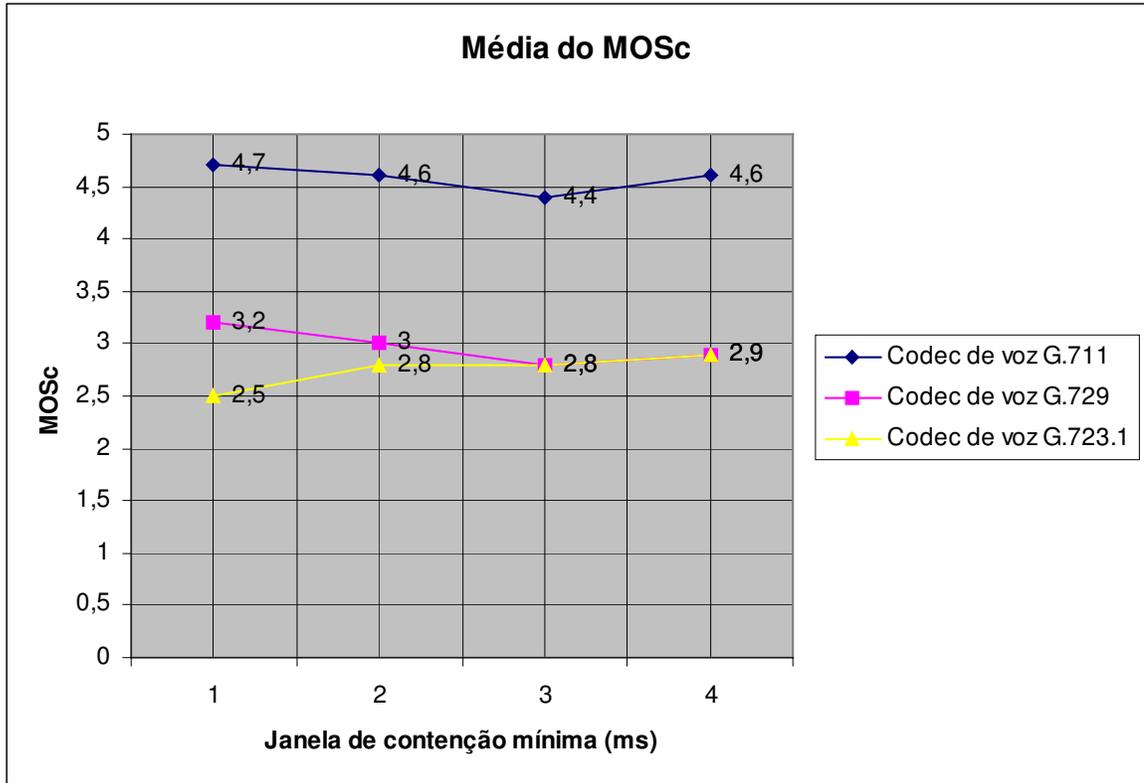


Fig. 19 Média geral do MOSc – Variando a janela de contenção mínima

O gráfico acima mostra a variação do MOSc quando variamos o codec de voz e a janela de contenção mínima. Neste caso específico, de análise da qualidade da conversação, observa-se como fator preponderante da definição da qualidade o codec de voz. O codec que permitiu a melhor qualidade foi o G.711 que permite a transferência de voz em taxa de 64 kbps. A janela de contenção mínima permite diferenciar a qualidade da conversação através dos codecs quando a janela de contenção se encontra em tamanhos menores. Quando esta começa a aumentar os codecs de maior compressão se igualam em qualidade de transmissão.

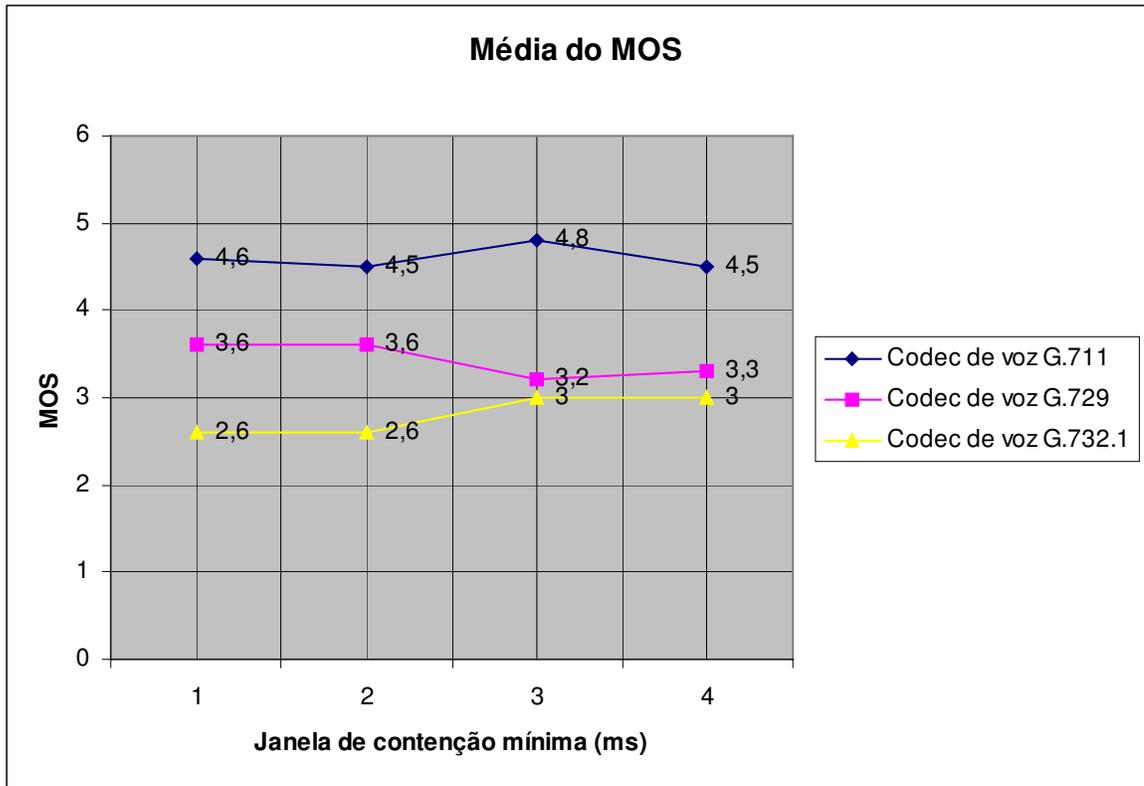


Figura 20: Média geral do MOS – Variando a janela de contenção mínima

O gráfico acima mostra a variação do MOS quando variamos o codec de voz e a janela de contenção mínima. Neste caso específico, de análise da qualidade da audição, observa-se como fator preponderante da definição da qualidade o codec de voz. O codec que permitiu a melhor qualidade foi o G.711 que permite a transferência de voz em taxa de 64 kbps. A janela de contenção mínima permite diferenciar a qualidade da audição através dos codecs quando a janela de contenção se encontra em tamanhos menores. Quando esta começa a aumentar os codecs de maior compressão se aproximam na qualidade de transmissão.

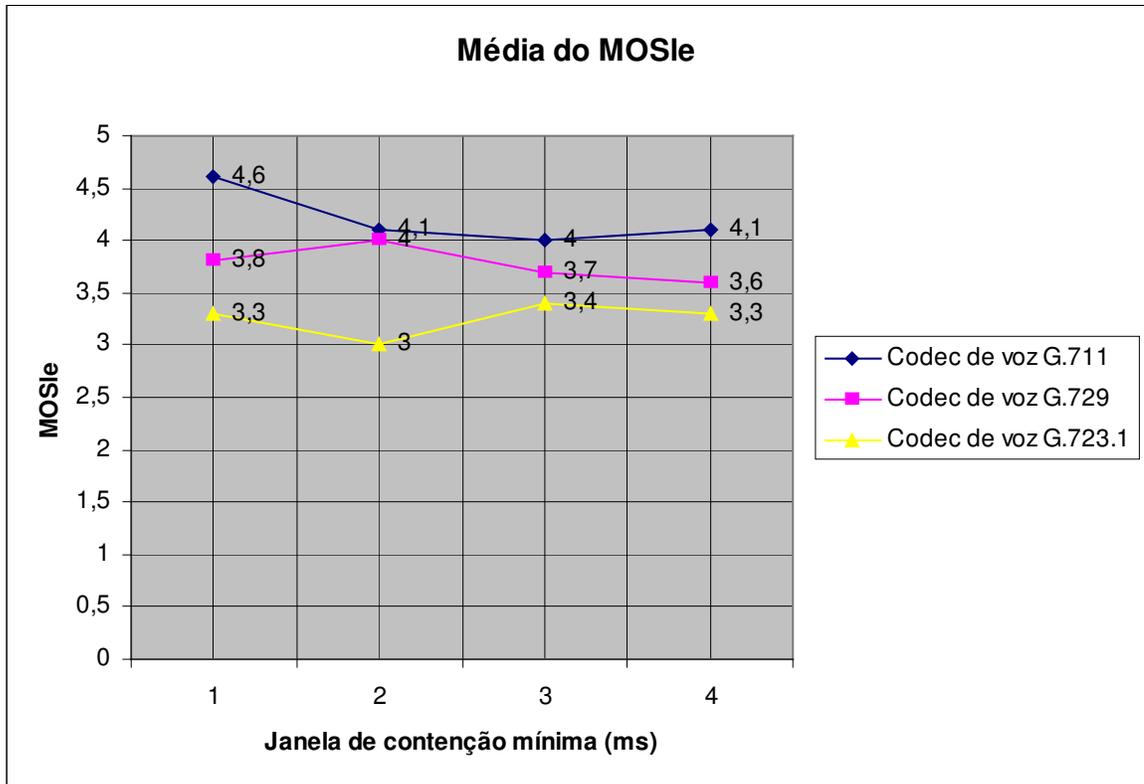


Figura 21: Média Geral do MOSle – Variando a janela de contenção mínima

O gráfico acima mostra a variação do MOSle quando variamos o codec de voz e a janela de contenção mínima. Aqui, como no gráfico da figura 20, observa-se como fator preponderante da definição da qualidade o codec de voz. O codec que permitiu a melhor qualidade foi o G.711 que permite a transferência de voz em taxa de 64 kbps. Diferentemente dos gráficos das figuras 19 e 20, a distância que separam as linhas que demonstram a qualidade quando se mede o esforço dispensado para se entender uma sentença são bem menores.

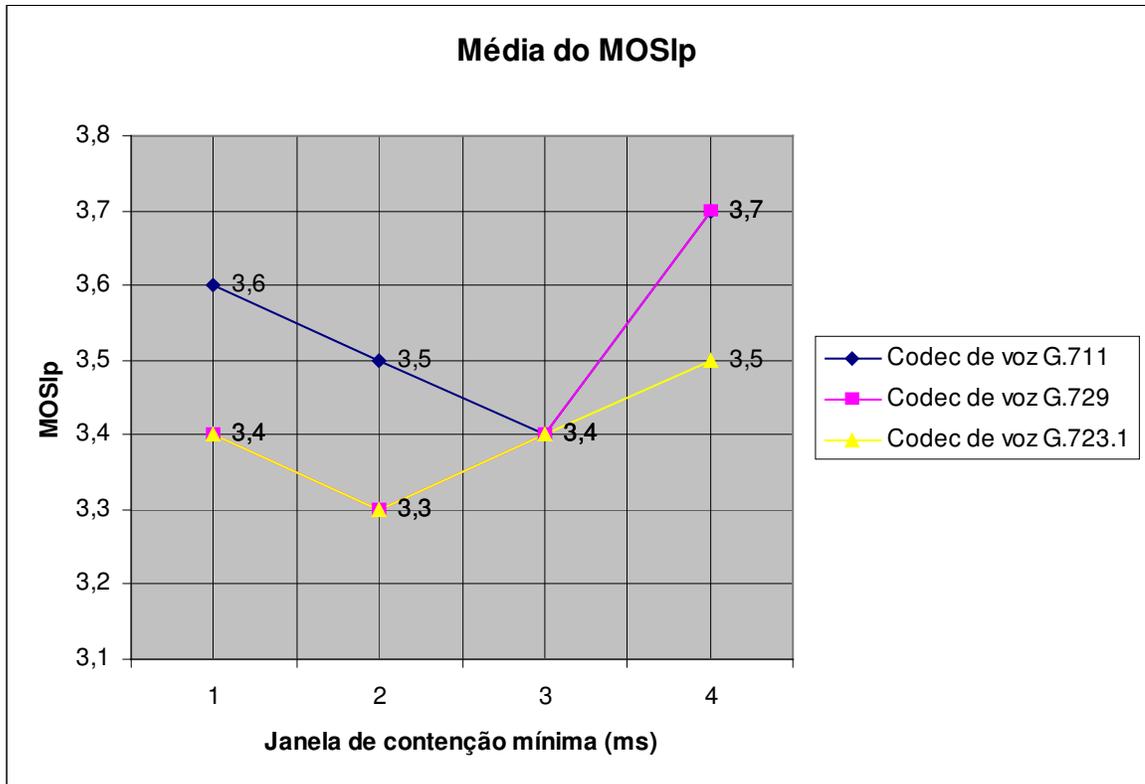


Figura 22: Média geral do MOSlp – Variando a janela de contenção mínima

O gráfico acima mostra a variação do MOSlp quando variamos o codec de voz e a janela de contenção mínima. Neste caso específico, de análise do volume da transmissão qualidade da conversação, observa-se que os valores são muito próximos, o que nos leva a acreditar que esta diferenciação deve-se mais a capacidade de audição das pessoas que fizeram parte dos testes do que da tecnologia em si.

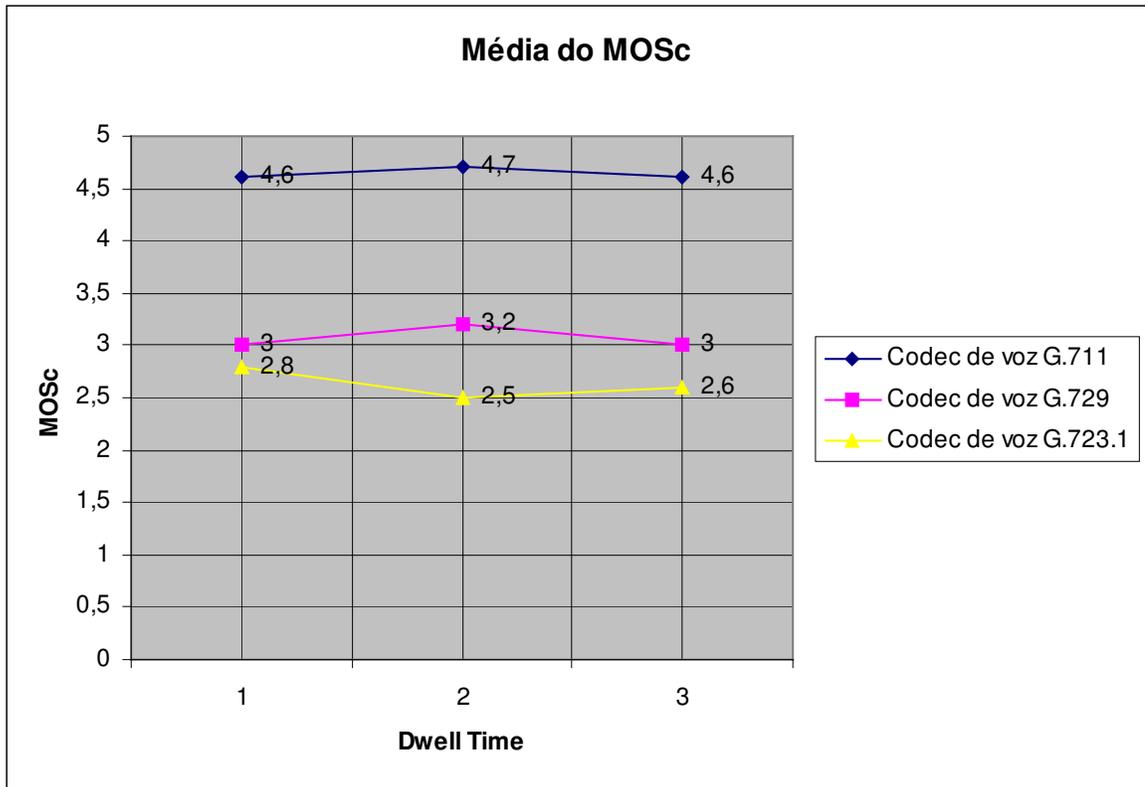


Figura 23: Média geral do MOSc – Dwell time

O gráfico acima mostra a variação do MOSc quando variamos o codec de voz e o dwell time. Neste caso específico, de análise da qualidade da conversação, observa-se como fator preponderante da definição da qualidade o codec de voz. O codec que permitiu a melhor qualidade foi o G.711 que permite a transferência de voz em taxa de 64 kbps. O dwell time permite diferenciar a qualidade da conversação através dos codecs quando o dwell time se encontra em valores menores. Quando este começa a aumentar os codecs de maior compressão se igualam em qualidade de transmissão.

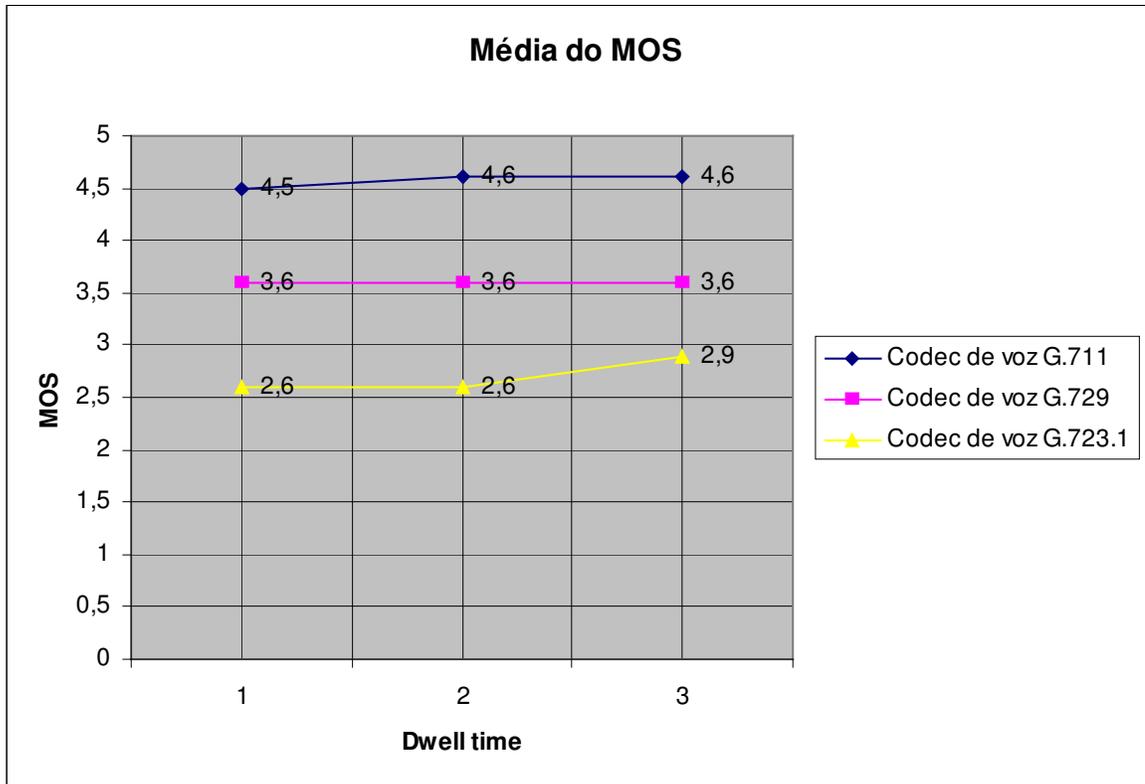


Figura 24: Média geral do MOS – Dwell time

O gráfico acima mostra a variação do MOS quando variamos o codec de voz e o dwell time'. Neste caso específico, de análise da qualidade da audição, observa-se como fator preponderante da definição da qualidade o codec de voz. O codec que permitiu a melhor qualidade foi o G.711 que permite a transferência de voz em taxa de 64 kbps. Observa-se também que a variação do dwell time teve pouca influência na qualidade da audição, este mantendo-se praticamente estável quando varia-se aquele.

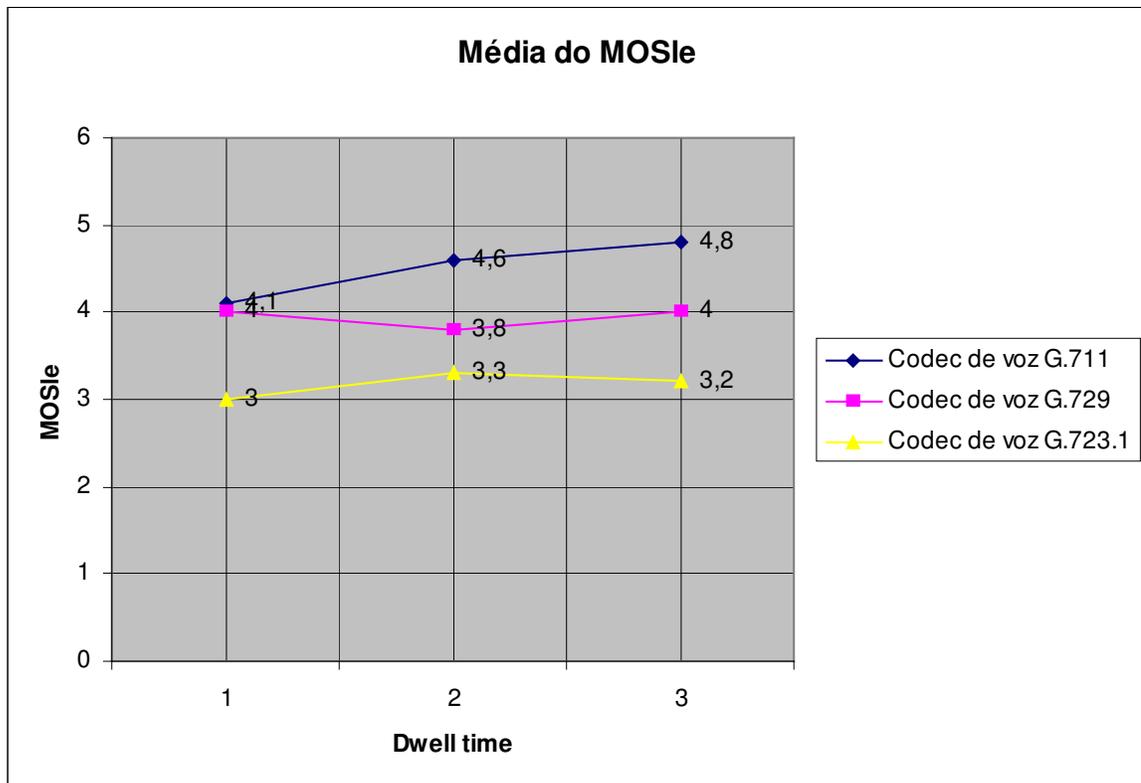


Figura 25: Média geral do MOSle – Dwell time

O gráfico acima mostra a variação do MOSle quando variamos o codec de voz e a janela de contenção mínima. Aqui, como no gráfico da figura 24, observa-se como fator preponderante da definição da qualidade o codec de voz. O codec que permitiu a melhor qualidade foi o G.711 que permite a transferência de voz em taxa de 64 kbps.

A maior diferenciação de valores da qualidade refere-se quando temos o dwell time com seu maior valor.

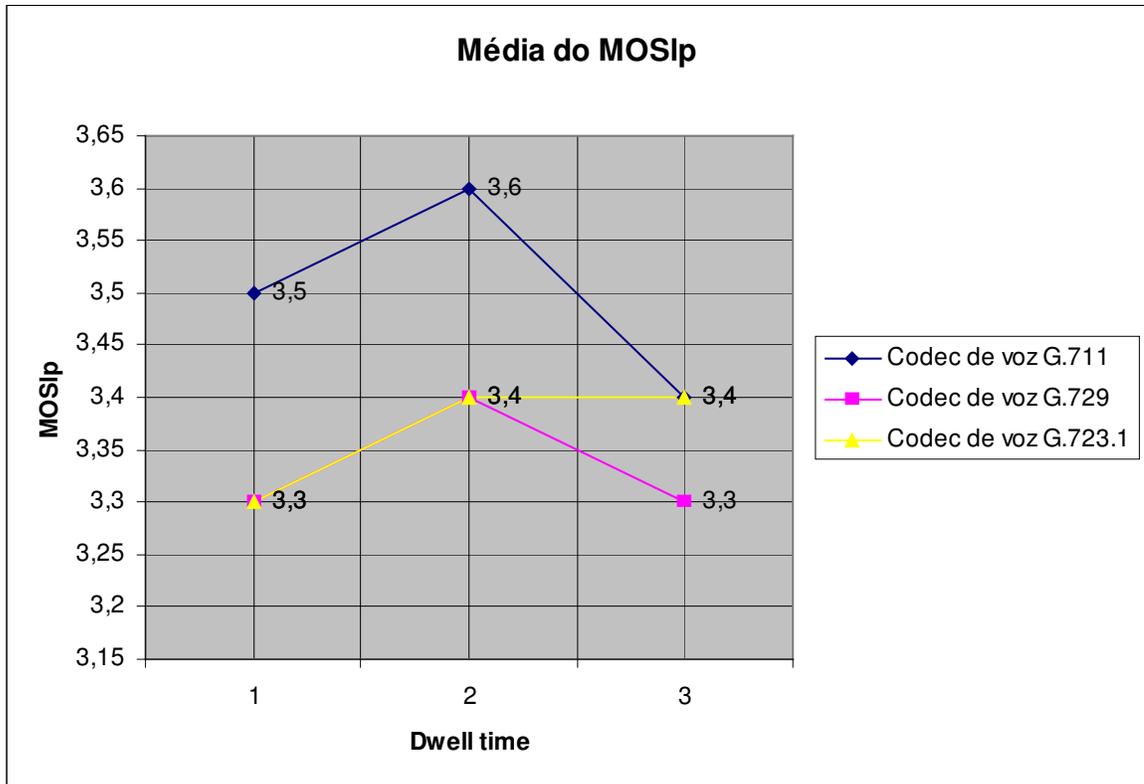


Figura 26: Média geral do MOSlp – Dwell time

O gráfico acima mostra a variação do MOSlp quando variamos o codec de voz e o dwell time. Neste caso específico, de análise do volume da transmissão qualidade da conversação, observa-se que os valores são muito próximos, o que nos leva a acreditar que esta diferenciação deve-se mais a capacidade de audição das pessoas que fizeram parte dos testes do que da tecnologia em si.

7.2 Conclusões

Podemos constatar nos gráficos das diversas configurações nos rádios que fizeram parte dos testes que, o parâmetro que mais claramente influenciou a qualidade da voz foi o codificador de voz. Que este parâmetro tivesse influência sobre os resultados já era algo esperado, mas considerava-se a possibilidade dos demais parâmetros que de certa forma inserem atraso no sistema, variável que influencia fortemente a qualidade da voz, terem uma influência maior do que é possível perceber. Devemos considerar que não foram exploradas todas as variações de ambiente possível, até por que demandaria um tempo além do disponível, e que talvez por isto os demais parâmetros variados durante os testes não tiveram uma participação maior nos resultados.

Pode-se constatar também que nos testes realizados a escala de preferência de volume não ficou em nenhuma condição abaixo do valor 3 que representa “Suficiente”. Mesmo que os usuários tenham tido dificuldade em ouvir ou falar, como mostram os valores de %D, o volume da voz se manteve em níveis aceitáveis.

Os parâmetros “Atraso do buffer”, “Cancelamento de eco” e “Detecção de atividade de voz”, foram mantidos com seus valores padrão de fábrica. Esta medida foi tomada por se acreditar que eles teriam uma influência significativa caso a banda disponível para teste fosse limitada, o que não ocorreu.

7.3 Principais contribuições

A implantação de uma metodologia de medição da qualidade da voz em um ambiente wireless e um maior entendimento da influência de determinadas variáveis do link de rádio sobre um tipo específico de tráfego, contribuíram de forma significativa para a administração da rede da empresa W2B. Como é de interesse da empresa transformar este serviço em um modelo de negócio, é de suma importância que se tenha domínio dos parâmetros de configuração e das variáveis estudadas durante o desenvolvimento desta dissertação.

Este trabalho se tornará dentro do âmbito da W2B um procedimento técnico a ser cumprido nos links em que o tipo de tráfego for voz.

7.4 Sugestões para trabalhos futuros

O ambiente de testes teve o seu tráfego controlado durante a realização dos experimentos, ou seja, não houve tráfego além do gerado pelos testes, o tráfego normal de sincronização dos rádios e o tráfego de gerenciamento. Os rádios AP também sofreram restrições ao número de rádios AS que poderiam se associar com eles. Como isto não corresponde a realidade de um link e de uma célula de rádio, sugere-se para trabalhos futuros, que serão desenvolvidos na W2B, o seguinte:

- Realização de testes de avaliação da qualidade da qualidade de voz em links de rádio compartilhados com outros tráfegos, como http, ftp etc.

- Realização de testes sem a limitação de associação na AP. Este detalhe permite verificar se uma célula com várias SA pode degradar a qualidade da voz no link de rádio.
- Realização de testes diminuindo-se consideravelmente a banda disponível
- Para se conseguir resultados objetivos, pode-se medir o tempo que os pacotes levam para ir de uma extremidade a outra. Como é aceitável um atraso de até 150 ms nos pacotes de voz, medindo-se o tempo de tráfego destes observa-se se o ambiente é adequado.
- Inserir mais uma variável nos testes: RTS Threshold.

Referências bibliográficas

- [ANDERSON] ANDERSON, J. Methods for Mesuring Perceptual Speech Quality Disponível em: <http://www.agilent.com>. Acesso em 20 de ago. de 2002
- [ANATEL] ANATEL. Glossário Termos Técnicos de Telecomunicações. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/AJUDA/GLOSSARIO/DEFAULT.ASP>. Acesso em 15 de jun. de 2002
- [ARORA] ARORA, R. Voice over IP: Protocols and Standards. Disponível em: http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/voip_protocols. Acesso em 10 de jan. De 2001
- [BICUDO] Bicudo. M.D.D. - IEEE 802.1p - Qos na camada MAC. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/02_2/802.1p. Acesso em 23 de mar. de 2003
- [BREEZECOM] BREEZE WIRELESS COMMUNICATIONS. *IEEE-802.11 Technical Tutorial*. Disponível em <http://www.alvarion.com>. Acesso em 23 de nov. de 2000.
- [CARVALHO] CARVALHO, T. et al. Gerenciamento de redes: uma abordagem de sistemas abertos. BRISA (Sociedade Brasileira para Interconexão de Sistemas Abertos), São Paulo: Makron Books, 1993.
- [CHIEN] CHIEN,G. et al, Techniques to Enhance Wireless Local Area Network (WLAN) Performance. Disponível em: http://ni.bitpipe.com/data/rlist?t=pd_10_30_10_70. Acesso em 25 de mar. de 2003.
- [GLOBAL] GLOBAL IP SOUND. Speech Coding and Speech Quality in IP Telephony. Disponível em: http://whitepapers.comdex.com/data/rlist?t=987097377_72870056. Acesso em 15 de jan. de 2003.

- [CUMMINGS] CUMMINGS, M. Wireless Infrastructure: Voice-over-IP architectures migrate to wireless. Disponível em http://www.commsdesign.com/design_center/broadband/design_corner/OEG20010911S0018. Acesso em 16 de out. de 2002.
- [DATABEAM] DATABEAM. A primer on the H.323 series standard. Disponível em: <http://www-3.ibm.com/mindspan/mindspan.nsf/0/A43C2CD0602F9F9185256C1C006621A0?OpenDocument>. Acesso em 21 de mai. de 2001.
- [DIALLO] DIALLO, A. Performance Evaluation of VoIP over Wireless & Wired LANs. Disponível em: http://www-sop.inria.fr/planete/qni/VoIP_wireless.pdf. Acesso em 9 de dez. de 2002
- [DOUSKALIS] DOUSKALIS, Bill. IP Telephony – The Integration of Robust VoIP Services. Prentice Hall, 2000. 331 p.
- [HABIB] HABIB, M. et al. Improving QoS of VoIP over Wireless Network. Disponível em <http://piglet.uccs.edu/~cs522/projF2002/msoliman/doc/VoIP%20Presentation.pdf>. Acesso em 12 de nov. de 2002.
- [HSIUNG] HSIUNG, H. et al. An Approach to IP Telephony Performance Measurement and Modeling in Government Environments. Disponível em http://www.isoc.org/inet99/proceedings/4p/4p_2.htm. Acesso em 23 de abr. de 2003.
- [HUITEMA] HUITEMA, C. Wireless & VoIP. Disponível em: <http://www.iab.org/Workshops/IAB-wireless-workshop/talks/iab-wless-voip.ppt>. Acesso em 9 de abr. de 2002.
- [ITU-T] ITU-T P.800, Telephone Transmission Quality, Methods for objective and subjective assessment of quality. Disponível em: <http://www.itu.int>. Acesso em 20 de jan. de 2003.
- [KARIM] KARIM, A. H.323. and Associated Protocols. Disponível em <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/h323/index.html>. Acesso em 8 de fev. de 2002.
- [KARVE] KARVE, A.H.323. Network Magazine. CMP, Inc.01/01/1999. Disponível em: <http://www.networkmagazine.com/article/NMG20000727S0027>. Acesso em 23 de out. de 2001.
- [KULATHUMANI] KULATHUMANI, V. Voice over IP: Products, Services and Issues Disponível em: <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/>. Acesso em 23 de

out. de 2001.

[LINDEN]

LINDEN, J. et al. Voice over 802.11 Case Study
Wireless VoIP; The Next Step in the Communications Evolution.
Disponível em:
http://whitepapers.comdex.com/data/rlist?t=987097377_72870056.
Acesso em 14 de mar. de 2003.

[MATHIAS]

MATHIAS, A. P. et al. IEEE 802.11 – Redes sem Fio. Disponível em:
<http://www.gta.ufrj.br/~rezende/cursos/eel879/trabalhos/80211/FHSS.htm>. Acesso em 19 de abr. de 2003.

[McCREE]

McCREE, A. V. et al. Speech Coding for Voice Over IP and Wireless Communications. Disponível em:
http://icassp2000.sdsu.edu/TechProgram/Tutorial_Abstract_1.html.
Acesso em 6 de jun. de 2003.

- [MISHRA] MISHRA, P. P. et al. Capacity Management and Routing Policies for Voice over IP Traffic. Disponível em:
<http://www.cse.iitd.ernet.in/~saran/publications.html>. Acesso em 18 de jan. de 2003.
- [MURHAM] MURHAMMER, M. W., et al. TCP/IP – Tutorial e Técnico. São Paulo: Makron Books, 2000.
- [NOSER] NOSER, Andrew, Combining VoIP and Wireless Services. Disponível em:
<http://www.ncstate.net:8400/wireless/presentations/wirelessvoip/wirelessvoip.html>. Acesso em 12 de jan. de 2003
- [PINHEIRO] PINHEIRO, C.D.B. Tutorial - Especificação ITU H.323. Disponível em <http://penta2.ufrgs.br/h323/main.htm>. Acesso em 25 de jul. de 2001.
- [PRACHT] PRACHT, S. et al. Voice Quality in Converging Telephony and IP Networks. Disponível em: <http://www.agilent.com>. Acesso em 22 de mai. de 2001.
- [RFC1889] RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. Disponível em: <ftp://ftp.unicamp.br/pub/documents/rfc/>. Acesso em 23 de mai. de 2001.
- [RFC1890] RTCP: Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control. Disponível em: <ftp://ftp.unicamp.br/pub/documents/rfc/>. Acesso em 23 de mai. de 2001.
- [SILJERUD] SILJERUD, P. et al. Wireless VoIP Ready for Prime Time. Disponível em:
http://whitepapers.comdex.com/data/rlist?t=987097377_72870056. Acesso em 21 de mai. de 2003.
- [SILVA] SILVA, Adailton J. S., Qualidade de Serviço em VoIP – Parte 1, NewsGeneration, 12 de maio de 2000 – volume 4, número 3
- [SOARES] SOARES, L. F. G. Redes de computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2ª ed., 1995.

- [TANENBAUM] TANENBAUM, Andrew S. Redes de Computadores. Rio de Janeiro: Campus, tradução da 3. ed. original, 1997.
- [TAROUCo] TAROUCO, M.R.L. Evolução do gerenciamento de Redes. In Sociedade Brasileira para Interconexão de Sistemas Abertos, Ed., Gerenciamento de Redes - Uma abordagem de sistemas abertos, Makron Books do Brasil, São Paulo, 1993.
- [TRILLIUM] H.323 Tutorial. Disponível em <http://www.webproforum.com/h323>. Acesso em 7 de jan. de 2001.
- [VLEESCHAUWER] VLEESCHAUWER, D. Voice Performance over Packet-Based Networks Is Transport of Packet-Based Telephony Calls with a Quality Level Similar to That of Circuit-Switched Calls Possible?, Disponível em: http://whitepapers.comdex.com/data/rlist?t=987097377_72870056. Acesso em 21 de mai. de 2003.

ANEXO I – Procedimento para medição da taxa de transferência disponível no ambiente de testes

Introdução

Este item visa orientar na realização dos testes para medição dos links de rádio implementados pela empresa W2B nos testes de que trata este documento. Definindo ferramentas, considerações, procedimentos e forma de apresentação dos resultados.

Ferramentas utilizadas e princípio de funcionamento

WSTTCP é uma ferramenta de domínio público utilizada para medição da taxa de transferência do link, este programa mede o desempenho de TCP e UDP entre dois sistemas.

Seu princípio de funcionamento se baseia em abrir uma conexão TCP entre o sistema servidor e o sistema cliente, preencher um buffer da memória e enviá-lo através do link que une os dois sistemas. O tamanho e o número de buffers podem ser alterados para se variar a quantidade de dados transferida. Tendo-se conhecimento desta quantidade e medindo-se o tempo dispensado para enviá-la, o programa calcula a taxa de transferência do link em bps (bits por segundo). Este programa foi escolhido pelas seguintes características:

- Mede a latência fim-a-fim, ou seja, o tempo que o pacote levou para ir do ponto A ao ponto B + o tempo de retorno do pacote de confirmação de recebimento enviado de B para A. Isto em conexões TCP.
- Os dados são lidos diretamente da memória RAM, evitando-se o procedimento de leitura em disco rígido, como a ferramenta FTP.

- Grande capacidade de variação da quantidade de dados transferida, bastando para isto modificar-se o tamanho e o número de buffers a serem enviados.

Juntamente com o wsttcp fazemos uso do programa ping implementado nos rádios das extremidades do link para acompanhar a taxa de perda de pacotes e a latência média durante os testes de transferência de dados.

Para acompanhar a taxa de transferência na camada de enlace utilizamos o software de domínio público MRTG.

Taxa de Transferência Nominal (txn)

Consideramos como taxa de transferência nominal a maior taxa de transferência alcançada no link durante os testes com a taxa de perda de pacotes nula. Este valor é colhido da ferramenta MRTG.

Taxa de Transferência Nominal Corrigida (txnc)

A taxa de transferência nominal corrigida é dada pela seguinte equação:

$$txnc = txn - (txn \times txrt)$$

Onde :

txrt = taxa de retransmissão de fragmentos dada em porcentagem (Obtido diretamente do rádio)

Ambiente de medição

A figura abaixo apresenta o ambiente sobre o qual os testes de desempenho são realizados.



Figura 27: Ambiente para medição de banda

Nos dois notebooks conectados nas extremidades dos links está instalado windows com o programa wsttcp. O monitoramento por intermédio da ferramenta ping é realizado diretamente de rádio a rádio.

Procedimento das medições

Após a configuração dos rádios e o devido e cuidadoso alinhamento das antenas, conectam-se os notebooks e inicia-se a transferência de dados concomitantemente ao monitoramento da perda de dados realizado diretamente no rádio e a ativação do software MRTG para acompanhar a carga na camada de enlace.

O tamanho do buffer é fixado em 8192 bytes, variando-se apenas o número de buffers para ter-se uma maior quantidade de dados transferida. O número de buffers varia conforme a seguinte equação:

número de buffers = 2^n , onde n inicia em 3 com incremento de 1 em cada teste

O teste finaliza quando ocorrem uma das seguintes condições:

1- A taxa de perda de pacotes deixar de ser nula.

2- A taxa de perda de pacotes permanece nula e o valor da taxa de transferência dos últimos três testes não diferenciam-se de um valor superior a 5%.

Observando-se a primeira condição, o técnico responsável reduzirá a quantidade de dados transferida e repetirá o teste. Este procedimento deve ser realizado até chegar-se em uma quantidade na qual a taxa de perda de dados tenda a zero que dará a taxa de transferência nominal do link.

Observando-se a segunda condição, é considerada como sendo a taxa de transferência nominal do link a média simples das três últimas taxas de transferência alcançadas.

O teste não pode ser finalizado, mesmo que as condições acima sejam observadas, se o valor de “n” na equação do número de buffers for inferior a 9.

Alcançada a taxa de transferência nominal, colhe-se diretamente no rádio a taxa de retransmissão de fragmentos para fins de cálculo da taxa de transferência nominal corrigida.