

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

MoIP
Music over IP

Plano de Projeto

Margareth Suchy
Fábio Henrique Mazarotto

Orientador
Afonso Ferreira Miguel

Documento referente ao 1º bimestre.

Curitiba, 2006

1. Resumo

Existe hoje uma demanda crescente para dispositivos e conteúdos multimídia apoiados por uma rápida evolução tecnológica. O consumo de tais conteúdos está concentrado na utilização da Internet e, por consequência, de computadores. A possibilidade de reprodução de áudio em sistemas de som domésticos, que são dedicados para esta tarefa, permite maior flexibilidade, interação e melhor aproveitamento dos recursos presentes em ambos os dispositivos.

O objetivo do projeto é, portanto a construção de um protótipo de hardware dedicado para conexão de sistemas de som (rádios e caixas acústicas) em redes TCP/IP; permitindo a reprodução de streams codificados no formato MP3 e transmitidos pela rede.

2. Introdução

As emissoras de rádio estão enfrentando hoje um paradigma drasticamente diferente de toda a sua história. As novas tecnologias de telecomunicações estão se popularizando e equipamentos baseados nas mais variadas delas estão surgindo a todo momento no mercado. Ao mesmo tempo novos serviços usando transmissão de áudio nesses formatos não param de aparecer, desde informes rodoviários até conteúdos pagos em *pay-per-view* ou *podcasts* vem formando essa taxionomia que não pára de crescer. Este trabalho pretende ganhar conhecimento num campo novo em grande expansão que são os *hardwares* dedicados à reprodução de multimídia. Desde a explosão dos MP3 *players* e o surgimento agora dos formatos portáteis para vídeos, este mercado vem ganhando grande importância econômica e social. Hoje, com a iminência do WiMax e o crescimento do número de usuários ligados à internet em banda larga, o campo de multimídia pela internet se torna extremamente prolífico e interessante. Esse contexto motivou o projeto de se construir um equipamento dedicado para a reprodução de conteúdo de áudio distribuído via internet.

A seguir, o plano de projeto que inclui, na seção 3 a descrição das tecnologias que surgiram na última década que vêm mudando o formato com o qual o conteúdo das rádios são entregues ao ouvinte final, bem como comparações e discussões de cada tecnologia; a nova fase da internet, pronta para se livrar definitivamente dos fios e entrar numa era de mobilidade sem precedentes; o surgimento e o grande crescimento das emissoras de rádios de internet (*web radios*) e como esse meio está se tornando um dos principais meios de transmissão inclusive para emissoras que há muito tempo usam o FM como padrão.

Na seção 4 discute-se o trabalho que será desenvolvido em uma descrição funcional da solução proposta e de quais módulos ela é composta e como esses módulos serão implementados.

As tecnologias que atualmente são utilizadas no meio e quais as opções tomadas nessa solução é o foco da seção 5. Nela pretende-se expor as soluções do mercado e validar as escolhas feitas nesse projeto através das características de cada uma.

Na seção 6 são definidos os métodos de testes e validação e na seção 7 a análise dos riscos que o projeto corre. Finalmente, na seção 8 é definido um cronograma para o projeto e na seção 9 encerra-se o documento com uma conclusão, resumindo-se os objetivos, as tecnologias utilizadas e a estratégia de desenvolvimento.

3. O Problema

A última década foi palco das maiores inovações na área de transmissão de conteúdo radiofônico desde a implantação da rádio FM na década de 50, que surgiu como uma alternativa de alta fidelidade à ainda muito usada AM. O salto evolucionário que as telecomunicações apresentaram no fim do século XX propiciaram o aparecimento de um número de tecnologias sem precedentes históricos, e, apesar de já ter sido declarada em extinção em frente à perda de público para a televisão, o número de estações de rádio ao redor do mundo só aumentou nas últimas décadas. Cabe destacar que o crescimento da FM é refreado por ser um espectro limitado, já bem ocupado, e que, na maioria dos países, requer licenciamento de uso da banda, o que aumenta os custos de implantação e traz empecilhos políticos. Além disso, por ser regulado por agências governamentais, estas, em muitos casos, acabam tendo algum tipo de autonomia ou poder de censura sobre os conteúdos veiculados. Mesmo assim as rádios mantêm um grande público, tendo historicamente uma grande importância política e são fator decisivo de vendas na indústria fonográfica.

3.1. Novas Tecnologias

Dada sua importância e as limitações da AM e FM, as novas tecnologias de telecomunicações têm alavancado o surgimento de cada vez mais serviços no antigo formato. Uma das primeiras novas formas de se transmitir conteúdo nesse formato, fora das ondas de rádio, foram as transmissões em canais de TV à cabo, com canais que ofereciam apenas o áudio para usuário final. Não obstante essa abordagem restringe o conteúdo aos assinantes, impedindo a mobilidade de antes e confinando o produto à sala de estar. Esse formato ainda existe como um bônus de qualquer pacote básico de televisão à cabo ou televisão por satélite, mas presa por baixa audiência e não goza de grande importância política ou mercadológica.

Um formato mais popular é a difusão de conteúdo radiofônico no formato DTRs (*Digital Television Radios*¹), que são rádios distribuídas no espectro da TV digital, que se tornaram muito populares em países que adotaram o formato. De maneira geral se usa um aparelho *stereo* caseiro ligado à um receptor de televisão digital para a reprodução; aparelhos portáteis para a reprodução das mesmas não são conhecidos do mercado.

Partindo do mesmo princípio, mas tirando vantagem de uma enorme cobertura, em 1997 entrou em funcionamento nos EUA as primeiras rádios via satélite. Com sua abrangência continental, disponibilizam hoje vários canais, desde conteúdos próprios e das principais rádios do país até canais específicos de DJs que tocam sem interrupção. Hoje, as duas únicas rádios juntas, XM[®] e Sirius[®], agregam cerca de 10 milhões de assinantes nos EUA, que pagam a partir de U\$12,95 para ter acesso à programação. Receptores dessas rádios já

¹ A sigla não é oficial e às vezes se refere a qualquer rádio que transmita em canais de televisão digital.

são equipamentos de linha das principais marcas de carros médios e de luxo nos EUA.

Apesar dos grandes investimentos e altíssimas portabilidades, especialistas já apontam desaquecimento do setor de rádios via satélite [9]. Parte disso é a concorrência com um modelo mais novo, que visa fazer a transição de rádios analógicas convencionais de AM e FM para a era digital, o *HD Radio* [10]. Este padrão faz transmissões na faixa de frequência de AM ou FM de conteúdo de áudio digitalmente comprimido. Esse formato pode operar em modo híbrido, o que significa que a transmissão digital é feita junto com a transmissão analógica, preservando a banda em que a rádio opera e os ouvintes que ainda usam equipamentos analógicos. Entre os benefícios para o usuário final, as *HD Radios* são livres de assinatura, podem transmitir vários canais na banda digital, e são muito boas para usuários de grandes centros urbanos, pois eliminam os problemas com ecos e ruídos que as rádios FM apresentam. Críticas vêm sendo feitas à este formato por ser um protocolo proprietário, o que incorre no pagamento de *royalties* para a empresa detentora da tecnologia, e por ser a única tecnologia digital que não diminui o uso de banda (em alguns casos até aumentando, chegando a ocupar até 500Hz além da faixa permitida).

Pela falta de alcance na cobertura e pelo alto preço de se instalar em outras cidades, muitas rádios convencionais já aderiram ao chamado *simulcast* (*simultaneous broadcast*), que é transmitir simultaneamente em vários meios. Como no caso da americana Virgin Radio, que transmite tanto em AM como em rádios via satélite, ou a BBC Radio 3, que tem versões em FM ou em maior fidelidade como DRT. Hoje boa parte da programação das rádios via satélite são grandes emissoras de rádio que fazem *simulcast*.

3.2. A Internet

O que deve-se observar nesses novos formatos é que nenhum tem a flexibilidade da internet. Graças ao protocolo IP (*internet protocol*), hoje é possível uma cobertura mundial independente de meio físico: passando por satélites, fibras-ópticas, centrais ATM, redes Ethernet, Wi-Fi, etc. A internet tem uma flexibilidade que nenhum dos meios citados tem. Ela pode ligar o usuário final, qual seja um grande servidor de conteúdo ou um pequeno dispositivo microcontrolado, à rede usando inúmeras tecnologias e larguras de banda extremamente flexíveis. A possibilidade de uma conexão possibilitar a um usuário um enorme número de serviços (tal como serviços de e-mails, compartilhamento de arquivos, espaço comum de conteúdos através da *World Wide Web*) a torna o meio com a melhor relação custo/benefício.

A internet tem um enorme contingente de usuários, representando um mercado potencial para qualquer serviço baseado nela de cerca 1 bilhão de usuários em 2005 [11]. O Brasil tem 25.9 milhões de usuários de internet, e já é um mercado muito mais valioso que os 71 milhões de aparelhos de rádio e os 36,5 milhões de aparelhos de televisão [11].

Cabe destacar que a grande vantagem das tecnologias de HD Radio e rádio via satélite é serem livres de cabos, enquanto a grande massa de conexões de internet ainda são dependentes de cabos telefônicos ou redes *wireless* de baixo alcance. Entretanto estima-se que ambos os formatos perderão campo para as tecnologias de banda larga sem fio tal como o Wi-Max

ou similares (WiBro ou HIPERMAN). Fabricantes de som automotivo estão trabalhando no intuito de colocar as *internet radios* nos carros já em 2008 [12]. Além disso, no mesmo ano, a Intel® entregará seus computadores com selo Centrino® com chips Wi-Max integrado. No momento que este documento é elaborado, tramita na justiça a maneira que o Wi-Max será licenciado no Brasil. O governo brasileiro está tentando tirar as empresas de telefonia fixa do leilão, o que deixaria a exploração da tecnologia para empresas de telefonia móvel, que já se pronunciaram publicamente quanto à intenção de disponibilizar o serviço a taxas mais baratas do que o ADSL. Na Tabela 1 observa-se um resumo comparativo de todas as tecnologias citadas. Analisou-se fatores como a mobilidade e cobertura, qualidade de som e quantidade de aparelhos dedicados no mercado.

Tabela 1: Tecnologias de transmissão de áudio

Tecnologia	Mobilidade ²	Cobertura ³	Qualidade de Som	Nº de aparelhos dedicados	●	nenhuma/ muito baixa
					●	Baixa
					●	Moderada
					●	Alta
					●	muito alta
AM	●	●	●	●		
FM	●	●	●	●		
DTR	●	●	●	●		
Satellite Radio	●	●	●	●		
HD Radio	●	●	● a ● ⁴	●		
Web Radio	DSL/Wi-Fi	●	●	●		
	Mesh	●	●	● a ● ⁵		
	Wi-Max	●	●	●		

3.3. Streaming

A transferência de conteúdo com relação temporal pela internet, de maneira a disponibilizar o conteúdo sem que haja um *download* completo, é dado o nome de *streaming*. É comum usar o termo para arquivos multimídia, arquivos de *log*, leituras de sensor em tempo real, mas não para a transferência de arquivos estáticos como fotos ou documentos. Sem dúvida foi o serviço que mais cresceu na internet no ano de 2006, impulsionado principalmente pela popularização de meios de conexão com maior largura de banda e por novos formatos e algoritmos de compactação.

Esse conteúdo é armazenado em um servidor, que o transmite em pacotes, num formato que permita a reprodução semi-independente dos mesmos⁶. É comum denominar o *streaming* com conteúdo não estático (conteúdo que não correspondem a um arquivo armazenado em um servidor,

² Capacidade de se deslocar de um ponto a outro sem perder a conexão.

³ Relativo à quantidade de pessoas cobertas pela tecnologia.

⁴ Dependendo do uso da banda.

⁵ Dependendo do uso da banda e algoritmo de compressão de áudio.

⁶ A reprodução de alguns pacotes podem depender de anteriores, mas há um limite para essa dependência, visando que um erro em um pacote comprometa no máximo uma pequena janela de tempo de reprodução.

mas sim, criado dinamicamente, como programas de notícias ou servidores de música com *playlists* dinâmicas), como *livestreaming*.

O site que mais cresceu no primeiro semestre de 2006 foi o YouTube, que compartilha vídeos entre usuários através de *streamings*. Outro caso de sucesso do uso de *streamings* são os Podcasts, que são pequenos fragmentos de multimídia baixados da internet à medida que se tornam disponíveis, explodiu em popularidade desde que surgiu em 2003. Pode ser feito o *download* completo ou reproduzido à medida que este é feito, ao que se denomina *download* parcial, e é um tipo de *streaming*. Os *podcasts* têm conteúdos como programas de rádio, usam um serviço de notificação para informar os assinantes quando um novo programa está disponível. Em pouco mais de três anos de popularização do formato, só o número de Podcasts de notícias já ultrapassam o número de rádios existentes no mundo, atingido mais de 1,5 milhão de assinantes [13].

Sem dúvidas o formato mais popular e de maior sucesso que usa *streamings* são as rádios de internet, ou *web radios*. A primeira *web radio* foi colocada no ar em 1993 usando uma tecnologia de *multicast* na internet, o que ainda hoje não é muito comum, uma vez que a maioria dos roteadores não aceita esse tipo de transmissão. Em 1995 surgiu a primeira rádio apenas de internet, a Radio HK, que usava a tecnologia CU-SeeMe, funcionando com P2P, o que se adaptava melhor às características da rede, mas exige que uma conexão seja criada para cada ouvinte, comprometendo a qualidade do som e aumentando a quantidade de banda necessária para o servidor.

Em 1997 a RealNetworks® lançava uma solução para servidores que viria a diminuir os problemas de processamento e conexão. O formato dominou as *web radios* na época, que se popularizaram a partir da adoção da tecnologia. Outras tecnologias apareceram mais tarde e hoje existem milhares de estações, transmitindo programas extremamente diversos e com enorme liberdade de conteúdo através do mundo. A maioria das grandes rádios do mundo já aderiram ao formato e fazem *simulcast* na internet.

Para diminuir a dependência que as *web radios* tem dos computadores, em 2006 foram lançados alguns aparatos capazes de trazer as *web radios* para a sala de estar. Ter conteúdo de toda a parte do mundo, sendo entregue em casa, sem custo adicional além da conexão com a *internet*, é um mercado muito interessante. A existência de *web radios* para mercados segmentados, como rádios especiais para apreciadores de *jazz* ou rádios que tocam *progressive rock* 24hrs. tem alcançado grande audiência. Hoje, inúmeros estabelecimentos utilizam *web radios* para sonorização do ambiente, em especial pela baixa quantidade de anúncios e programação variada, que atende melhor a diferentes tipos de ambientes.

3.4. Soluções Existentes

As soluções de dispositivos *stand-alone* que visam à reprodução desse conteúdo ainda não são amplamente disponíveis no mercado, sendo vendidas em mercados segmentados nos EUA e Europa. Espera-se que em 2007 uma grande quantidade desses aparelhos se tornem disponíveis à medida que investimentos em publicidade e venda de serviços diferenciados aconteçam. Atualmente os mais populares reproduzem MP3, OGG, AAC e RealAudio, alguns apresentam conexão Wi-Fi e controle remoto.

3.4.1. Squeezebox [14]:

Alta qualidade de som e *design*, como observa-se na figura Figura 1. Baseado em um processador RISC à 250MHz e um processador DSP proprietário da empresa (Slim Devices®). Reproduz todos os principais formatos de *streaming*, incluindo MP3, OGG e WMA. Vem com conexão de rede Wi-Fi imbutida além da Ethernet. Pode ser comprado por U\$249,00 nos EUA.



Figura 1: Squeezebox.

3.4.2. Roku Soundbridge[15]:

Concorrente direto do Squeezebox, o Soundbridge (Figura 2) é baseado no processador DSP Blackfin de 400MHz da Atmel®, além de oferecer todos os formatos que o seu concorrente, também suporta compartilhamento de arquivos com um PC, de mídia com o iTunes e reproduz canções AAC legalmente compradas pela internet e criptografadas com DRM (*Digital Rights Management*). Não tem rede Wi-Fi e custa a partir de U\$149,00.



Figura 2: Roku Soundbridge.

3.4.3. Reciva MagicBox IMP[16]:

Solução da empresa Reciva, que além de produzir dispositivos de reprodução de *web-rádios* de menor custo, também fornece um serviço para seus parceiros que disponibiliza uma lista com mais de 5 mil das principais estações de *web radio* do mundo. O seu equipamento mais barato custa U\$149,00, tem caixas de com integradas e Wi-Fi.

3.4.4. Barix Extremer [16]:

Empresa com soluções próprias para sistema de som de empresas tanto para fins de sonorização como para informações. O produto é baseado em *streaming* em redes IP.

3.4.5. Torian Wireless InFusion[16]:

Primeiro MP3 Player e rádio FM com reproduzidor de web radio integrado (Figura 3). O dispositivo vem com conexão Wi-Fi (802.11b) e suporta os principais formatos áudio. O produto ainda não foi lançado e custará U\$229,04.



Figura 3: Torian Wireless InFusion.

4. O trabalho a ser Desenvolvido

Do ponto de vista do usuário, o produto deste projeto será um meio de integrar sua sala de estar com o mundo multimídia do seu computador e da internet de forma rápida e fácil. Será possível tomar um café confortavelmente no sofá enquanto ouve as rádios de Londres ou as notícias de Berlim; sem a necessidade de esperar o computador iniciar e abrir o seu *player* favorito para então, finalmente começar a reprodução do áudio nos *speakers* de baixa qualidade que geralmente acompanham os computadores domésticos.

Do ponto de vista técnico, o protótipo desenvolvido deve ser capaz de se conectar em redes IP e reproduzir *streams* de áudio que lhe sejam transmitidos; a escolha de qual *stream* reproduzir deverá ser feita pelo usuário através de uma interface simples (painel com *display* e controles) onde seja possível fornecer as informações básicas necessárias para conexão (endereço URL do servidor). Essa interface com o usuário deve garantir que mesmo um usuário com pouca experiência no uso de dispositivos eletrônicos seja capaz de utilizá-lo de forma satisfatória.

O funcionamento do protótipo proposto executa (em uma explicação simplificada) os seguintes passos: recebe do usuário a ordem de qual rádio reproduzir, efetiva a conexão com a rádio solicitada e por fim reproduz o conteúdo que está sendo transmitido. De acordo com estas macro ações criou-se um modelo básico de construção composto por três módulos essenciais: um módulo de conectividade, um módulo de controle e uma interface de saída. O diagrama que ilustra esta configuração é apresentado na Figura 4.

O módulo de conectividade é o responsável por estabelecer a comunicação do dispositivo com o provedor de *stream* escolhido. Este provedor pode estar localizado na internet ou até mesmo na rede local (se feito corretamente as configurações necessárias é possível um computador enviar para reprodução as músicas guardadas em uma pasta pessoal pré-determinada, por exemplo). O módulo de controle atua como gerenciador do conteúdo recebido, coordenando os fluxos de informações recebidos e

preparando os dados do áudio para a interface de saída; onde este conteúdo será finalmente convertido para reprodução em aparelhos de som domésticos.

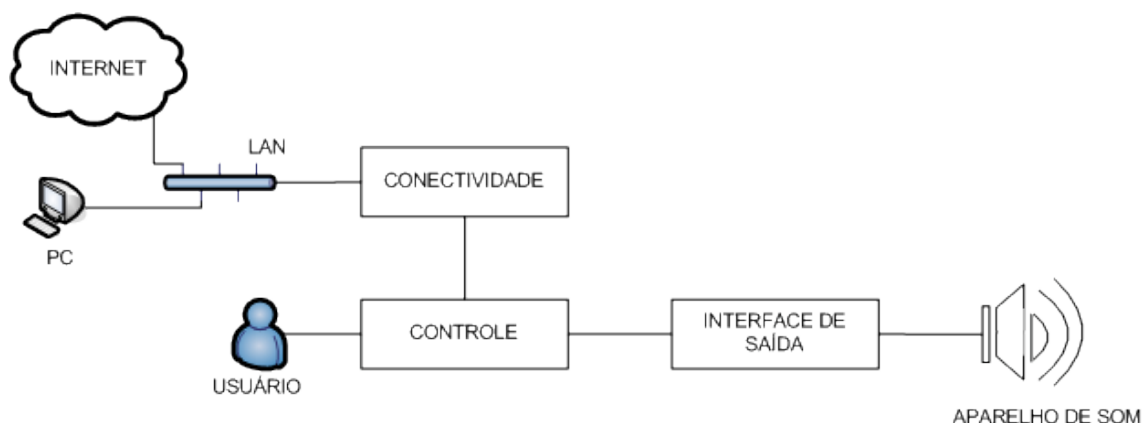


Figura 4: Diagrama geral.

O módulo de conectividade e a interface de saída possuem o comportamento de prestadores de serviços convocados pelo módulo de controle de acordo com a sua necessidade; portanto é o módulo de controle a unidade principal, nele será implementada a lógica de funcionamento que representa a maneira de atuação do dispositivo para com o ambiente.

De um ponto de vista mais específico, cada um desses módulos pode ser decomposto em unidades menores. O novo diagrama pode ser visto na Figura 5 onde o módulo de conectividade é composto por uma unidade de conexão, o módulo de controle foi subdividido em 'Processamento' e 'Interface com Usuário' e a Interface de saída contém uma unidade de Decodificação e uma unidade de Reprodução.

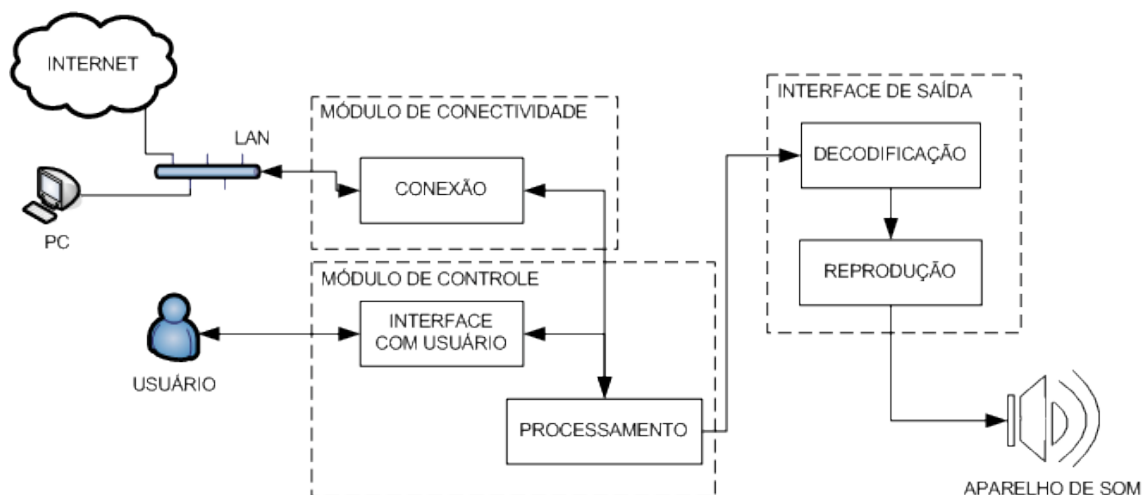


Figura 5: Diagrama detalhado.

O módulo de conectividade, como dito anteriormente, deve ser capaz de se conectar em redes IP, para tanto utilizará uma interface *Ethernet* que possibilitará não só um meio de comunicação suficiente para uma rede local, mas também à Internet, caso esta rede esteja conectada à ela. Este módulo fornecerá suporte à utilização de protocolos como o TCP e UDP e sua

implementação é facilmente encontrada em microprocessadores e kits de desenvolvimento como o Rabbit, por exemplo, restando à equipe a implementação em Software de uma correta utilização dos protocolos a serem utilizados.

O módulo de controle é composto de duas unidades distintas, uma unidade de Processamento e uma unidade de Interface com usuário. Ambas são desenvolvidas utilizando-se como componente principal um microprocessador que poderá ser programado em C, Java ou Assembly.

No caso da Interface com o usuário, o microprocessador será responsável pela conexão com botões que representam as ações do usuário e com um *display* de LCD que transmite as informações de status do dispositivo (como, por exemplo, qual *stream* está sendo executado).

A unidade de processamento é o software do microprocessador que age de tal forma a possibilitar comunicação com o módulo de conectividade, recebendo pacotes do *stream*, retirando as informações de transporte e enviando os dados pré-processados para a interface de saída.

A linguagem utilizada será definida pelo modelo de microprocessador escolhido, de maneira geral a preferência é dada para dispositivos que possam utilizar a linguagem C.

A interface de saída é o módulo responsável pela conexão com sistemas de som, irá receber os dados pré-processados do módulo de controle e decodificá-los de acordo com o formato de áudio utilizado. O processo de decodificação será realizado por um componente dedicado a tal tarefa; como por exemplo, o VS1011b da VLSI Solution[®], que fornecerá na saída o sinal final, restando apenas uma etapa de amplificação e adequação aos padrões de conexão de sistemas de som.

5. Tecnologias

A descrição das tecnologias que serão utilizadas é discutida a seguir, separada por módulos.

5.1. Módulo de Conectividade

O módulo de conectividade utiliza basicamente tecnologias de rede; que envolvem principalmente os protocolos de comunicação entre dispositivos.

Os protocolos de rede mais utilizados hoje, para distribuição de conteúdos multimídia, são: RTP – *Real-time Transport Protocol*, HTTP – *Hyper Text Transfer Protocol*, RDT – *Real Data Transport* e MMS – *Microsoft Media Services*. O HTTP, RDT e MMS fazem parte da camada de aplicação e utilizam protocolos da camada de transporte como o RTP, UDP e TCP.

A demanda por serviços multimídia impulsionou as empresas Real Networks[®] e Microsoft[®] a desenvolverem os protocolos RDT e MMS respectivamente. Estes surgiram como aprimoramentos do que já existia, proporcionando a popularização de *streamings* multimídia na internet. Ambos os protocolos trafegam sob TCP, UDP ou HTTP; e o RDT particularmente também pode utilizar o RTP. A principal diferença entre eles reside na forma como são coordenados os *streamings*; para a Real, cada tipo de dados (áudio, vídeo e etc) forma um *stream* separado e com a ajuda de um arquivo tipo SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language*) a reprodução é sincronizada;

no entanto para a Microsoft® todo o conteúdo é agrupado em um único arquivo tipo do ASF (*Active Stream File*).

Em contrapartida aos protocolos proprietários surgiu uma alternativa mais simples, uma forma de reutilizar o protocolo HTTP, já amplamente utilizado para exibição de conteúdos estáticos na web, ampliando sua abrangência para conteúdos multimídia. Como o HTTP não foi desenvolvido para este tipo de conteúdo essa forma de utilização gera um tráfego muito maior e menos adaptável que os outros protocolos; mas permite o funcionamento de sistemas de pequeno porte de forma satisfatória, barata e menos complexa de ser implementada. Essa adaptação funciona como um *download* que pode ser exibido antes de o arquivo ser totalmente recebido e portanto exige a manutenção de arquivos completos no servidor.

O protocolo RTP foi especificado tendo em mente aplicações de multimídia em tempo real; grande parte de sua popularização advém da sua utilização em sistemas VoIP; onde há a necessidade de baixa latência e alta qualidade. Informações importantes, que fazem parte do seu cabeçalho, têm relação com a ordenação dos pacotes, sincronização de exibição e controle de alternativas de fontes do *streaming*. Geralmente não é utilizado sozinho, trabalha com o apoio de outros protocolos como RTCP – *Real-time Transport Control Protocol* e RTSP – *Real Time Streaming Protocol*. No conjunto obtêm-se um sistema robusto e adaptável à utilização de banda.

O protocolo RTCP é responsável por informações de controle do *streaming* gerado pelo RTP, funciona similarmente ao ICMP com relação ao TCP; podendo modificar características do *streaming* de acordo com a situação atual da camada de transporte provendo qualidade de serviço; tipicamente utiliza uma porta acima da porta utilizada pelo RTP. O protocolo RTSP é responsável por prover ao cliente uma capacidade de controle sob o que está recebendo, através dele é possível ao cliente enviar ordens de parar ou continuar a apresentação entre outras funções.

Foi realizada uma pesquisa em relação ao protocolo RTP, essencialmente três bibliotecas foram testadas em plataforma PC/UNIX. *Common Multimedia Library*, Live555 e RTPLib. Todas as três funcionaram de acordo com o esperado, no entanto os pacotes gerados pela última não foram reconhecidos como protocolo RTP pelo programa Ethereal. Das duas primeiras, a Live555 é mais completa e possui maior documentação.

Abaixo, na Tabela 2, comparamos os quatro protocolos de acordo com algumas funcionalidades e características inerentes à sua utilização no desenvolvimento de um novo produto. Com relação ao desenvolvimento consideramos a complexidade, o protocolo de transporte suportado e a Licença de Uso. A utilização de uma licença proprietária implica, de forma legal, na compra do direito de uso da tecnologia. A respeito das funcionalidades, a classificação é feita de acordo com a capacidade de fornecer *LiveStream* (ver O Problema) e QoS - *Quality of Service* que são serviços de redes que permitem garantir a entrega e evitar problemas como o atraso na transmissão, por exemplo.

Tabela 2: Tabela comparativa das características dos protocolos

	Licença de Uso	LiveStream	Complexidade	Transporte				QoS
				UDP	TCP	RTP	HTTP	
RDT	Proprietário	✓	Alta	✓	✓	✓	✓	✓
MMS	Proprietário	✓	Alta	✓	✓	-	✓	-
RTP	Livre	✓	Média	✓	✓	-	-	✓
HTTP	Livre	-	Baixa	✓	✓	-	-	-

De acordo com as pesquisas realizadas a opção escolhida para o desenvolvimento do dispositivo MoIP foi o protocolo HTTP, apesar de não suportar QoS e *LiveStream*, a decisão foi baseada no fato de aliar o pouco tempo de desenvolvimento com a simplicidade de Implementação e documentação abundante sobre a tecnologia. Foi considerada a utilização do protocolo RTP, no entanto descartada pela complexidade encontrada e possível dificuldade em adaptação das bibliotecas existentes para um sistema embarcado. Os protocolos RDT e MMS também foram descartados devido ao fato de serem protocolos proprietários e existir pouca documentação aberta para desenvolvedores.

5.2. Módulo de Controle

O módulo de controle tratará do início e fim da reprodução e de qual *host* o conteúdo será recebido. Além disso uma interface simples com o usuário deverá ser fornecida. Em todo caso, a lógica é simples e possivelmente será parte do módulo de conectividade, que em geral fornece processamento suficiente para essa tarefa.

5.3. Interface de Saída

A utilização de dados de áudio no formato RAW (com nenhum processo de compactação ou compressão) é impraticável, pois gera um volume de dados extremamente grande para transmissão; assim, a interface de saída, sendo responsável pela decodificação do conteúdo definirá o padrão de codificação a ser utilizado. Existe hoje inúmeros padrões e técnicas de codificação, no entanto alguns se sobressaem devido a sua popularização. Abaixo descrevemos os principais padrões encontrados hoje.

MP3 - MPEG-1 Layer III (or MPEG Audio Layer III)

Foi apresentado como parte do padrão oficial do MPEG-1, em 1992 e se tornou o formato de áudio mais popular desde o WAV. Tudo por ter sido o primeiro a possibilitar que usuários finais de PCs pudessem gravar CDs de áudio em seus discos rígidos com até a décima parte do espaço usado pelo formato WAV, isso sem nenhuma perda perceptível de qualidade. O algoritmo é parte de um desenvolvimento iniciado em 1987 no centro alemão de pesquisas aeroespaciais (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*) e é dele a patente do algoritmo até os dias de hoje [1].

Além da grande capacidade de compactação, outra característica que tornou o MP3 popular, e mais tarde o WMA, é a possibilidade de reprodução de arquivos parciais, ou seja, mesmo com o *download* não concluído é possível iniciar a reprodução, o que nunca foi possível nos formatos precedentes como o WAV e o AU. Essa característica deu início aos primeiros sistemas de tele difusão de conteúdo de áudio pela internet [2] e tem origem na organização interna dos arquivos MP3.

Um arquivo digital geralmente é constituído de um cabeçalho, onde estão informações gerais como o tipo de conteúdo, tamanho e etc; e logo em seguida os dados do conteúdo. Um arquivo do tipo MP3 não possui somente um cabeçalho e sim vários, e seguido de cada cabeçalho uma pequena porção de dados do conteúdo. O conjunto formado por um cabeçalho e seus dados de conteúdo é denominado *frame* e este é a menor unidade reproduzível representando 27 milissegundos de áudio [7].

WMA - Windows Media Audio

O padrão *Windows Media Audio* é a resposta da Microsoft® para o MP3. Ele está presente desde 2000 e é até o hoje o produto do pacote Windows Media de maior sucesso. O sucesso deste padrão se deve em grande parte por ter sido o primeiro produto a alcançar popularidade e concomitantemente oferecer proteção digital de direitos integrado (DRM - *Digital Rights Management*).

AAC - Advanced Audio Coding

É um padrão desenvolvido pelos desenvolvedores do MP3, a Sociedade Fraunhofer (FhG), junto com AT&T, Sony e Nokia, e foi oficialmente declarado padrão internacional em 1997 nas especificação da parte 7 do MPEG-2 e na parte 3 do MPEG-4. Por isso pode ser referido como *MPEG-2 part 7, MPEG-4 part 3* dependendo da implementação; assim é referido simplesmente como AAC. É o padrão que mais cresce, pois além de trazer inúmeras melhoras técnicas sobre o MP3, é livre de patente e pagamento de taxas de uso para distribuição (como o MP3). É o formato padrão do iPod, MS Zune, e inúmeros outros aparelhos de reprodução de áudio.

OGG Vorbis

Dos formatos mais populares, é o único que é de origem *open source* e, portanto, livre de patente. Foi desenvolvido especificamente como alternativa ao MP3 e ao WMA e hoje está se tornando quase tão popular quanto. O algoritmo do OGG está sendo constantemente aperfeiçoado, o que é possível devido à sua estrutura, que comporta melhorias no algoritmo enquanto suporta as versões legadas (não necessitando de uma nova versão do *decoder* para reprodução)[2]. Com isso hoje o OGG diz oferecer melhor qualidade que o MP3 mesmo ocupando 75% do tamanho do seu concorrente para uma mesma qualidade [3]. O formato é de grande popularidade nas comunidades *open source* e tem *codecs* para inúmeras plataformas, entretanto não é muito popular nos aparatos portáteis de reprodução de áudio e todas as soluções de *hardware* encontradas são totalmente *software* embarcado.

TwinVQ

É um dos formatos que apareceram como alternativa ao MP3 no fim do século XX. Grandes avanços foram feitos em relação à diminuição da taxa de bits por segundo necessários para uma reprodução de baixa distorção, e por conseqüência o espaço necessário para armazenamento e transmissão de um arquivo de áudio. Não obstante o ganho de até 30% de *bitrate* em comparação à um MP3 não valeu, uma vez que se demora duas vezes mais para se criar um arquivo TwinVQ e até três vezes mais processamento para a decodificação. Hoje o formato é considerado obsoleto e não há registros de *streaming* nesse formato.

mp3PRO

Havia uma promessa de ser o sucessor do MP3, atingindo a mesma qualidade em até metade do tamanho. O projeto mantido pela RCA foi abandonado sem conclusão. Não há relatos de que tenha sido usado para *streaming*.

WAV

Tendo praticamente a mesma qualidade de CDs de áudio, WAVE-file é um dos primeiros formatos padrões de áudio. Por conter dados brutos, sem qualquer tipo de compressão, os arquivos de áudio nesse formatos são muito grandes, ocupando normalmente 10MB/min.

De acordo com os padrões discutidos anteriormente optou-se por utilizar o MP3 devido à sua estrutura interna que permite reprodução parcial de arquivos e a sua grande popularização que disponibiliza muito conteúdo e principalmente técnicas embarcadas de decodificação neste formato. Eventualmente outro componente poderá ser usado, mas o MP3 tem várias soluções *stand-alone*, não necessitando de *codec* embarcado. Alguns exemplos de circuitos integrados que podem ser usados são: os dedicados STA013 e o VS1011b, apenas para MP3, o microcontrolador Atmel® AT8xC51SND2c, com MP3 decoder integrado, e outras solução que utilizam *codec* embarcado, dos quais pode-se citar o Blackfin DSP, o que aumenta muito a complexidade do projeto e só será relevado se nenhuma solução mais simples for utilizada.

6. Testes e Validação do Projeto

O protótipo será testado primeiramente em módulos, para a verificação do correto funcionamento dos mesmos. O módulo de conectividade, além de verificar a recepção e transmissão de pacotes simples, será submetido a testes de conexão para se observar o seu comportamento quanto a desempenho e velocidade máxima de tráfego, o que poderá limitar a largura de banda dos *streams* de áudio que ele poderá suportar.

O módulo de decodificação será testado com as várias versões que o formato de áudio suportar e também serão feitos testes com arquivos defeituosos para observar as reações do módulo a erros na transmissão.

Após a integração dos módulos, o protótipo deverá ser capaz de se conectar a um local de rede remoto e, uma vez estabelecida a conexão, iniciar a recepção e reprodução do conteúdo de áudio.

7. Riscos

Abaixo, na Tabela 3 a Tabela 5, encontra-se a análise de riscos do projeto. O item Impacto no projeto representa o quanto a ocorrência deste risco afetará o desenvolvimento do projeto de maneira global, e o item severidade indica uma graduação para classificação de importância dos riscos, é calculado levando-se em consideração a Probabilidade de Ocorrência (Alta=3, Média=2, Baixa=1) e o Impacto (Alto=3, Médio=2, Baixo=1); seu valor máximo é 9.

Tabela 3: Risco 01.

RISCO 01 - Aquisição dos dispositivos escolhidos.			
Descrição:	A aquisição dos dispositivos escolhidos deverá ser feita através de solicitação de amostras para representantes dos produtos (geralmente localizados em São Paulo) ou mesmo, através de contato direto com fabricantes no exterior. Existe possibilidade de a solicitação ser negada e/ou ocorrerem problemas na entrega.		
Probabilidade de Ocorrência:	Média	Impacto no projeto:	Alto
Responsável:	A equipe.	Severidade:	6
Ações para prevenção:	<ul style="list-style-type: none"> Entrar em contato e solicitar amostras para modelos de diversos fabricantes; Realizar o contato através do professor orientador; Anexar às solicitações descrição do projeto. 		
Ações de Contingência:	<ul style="list-style-type: none"> Solicitar compra para coordenação do curso; 		

Tabela 4: Risco 02

RISCO 02 – Complexidade na decodificação.			
Descrição:	O módulo de decodificação utilizará um componente específico, que a equipe não possui conhecimento prévio para utilização.		
Probabilidade de Ocorrência:	Média	Impacto no projeto:	Médio
Responsável:	A equipe.	Severidade:	4
Ações para prevenção:	<ul style="list-style-type: none"> Pesquisa prévia do requisitos de funcionamento do componente. 		
Ações de Contingência:	<ul style="list-style-type: none"> Alteração de componente; Implementação em software. 		

Tabela 5: Risco 03

RISCO 03 – Liberação de Recursos para Aquisição de componentes específicos			
Descrição:	Demora e/ou não liberação de recursos para aquisição de componentes específicos para o projeto pela Coordenação do curso.		
Probabilidade de Ocorrência:	Média	Impacto no projeto:	Médio
Responsável:	A equipe.	Severidade:	4
Ações para prevenção:	<ul style="list-style-type: none"> Envio de documentação necessária com antecedência; Adequação de cronograma. 		
Ações de Contingência:	<ul style="list-style-type: none"> Efetuar a compra dos dispositivos como pessoa física; com recursos da equipe. 		

8. Cronograma

Abaixo, na Tabela 6, é possível verificar o cronograma para o primeiro semestre do projeto. De acordo com a legenda, os itens em azul identificam processos de pesquisa, desenvolvimento e testes; e os itens em cinza produção e entrega de documentação. As linhas em vermelho representam as defesas a serem realizadas pela equipe.

Tabela 6: Cronograma para o 1º semestre.

	Ago			Set				Out				Nov				Dez		
	13 a 19	20 a 26	27 a 2	3 a 9	10 a 16	17 a 23	24 a 30	1 a 7	8 a 14	15 a 21	22 a 28	29 a 4	5 a 11	12 a 18	19 a 25	26 a 2	3 a 9	10 a 16
Proposta Inicial	■																	
Pesquisa e Definição de Tecnologias		■	■	■	■	■	■											
Plano de Projeto								■	■									
Solicitação dos Dispositivos									■	■								
Módulo de Conectividade										■	■							
Interface de saída											■	■	■					
Módulo de controle												■	■	■				
Especificação Física											■	■	■	■	■	■	■	■

■	Documentação
■	Desenvolvimento e Testes

9. Conclusão

Assim optou-se pelas tecnologias que apresentam maior facilidade de se encontrar componentes no mercado, tal como o MP3, que tem várias soluções em componentes específicos, e os protocolos TCP e UDP, que apresentam inúmeras implementações livres e grande facilidade de uso. Tecnologias como RTP e AAC aumentariam demais a complexidade do projeto e os riscos de falha. O presente projeto apresenta-se como uma oportunidade de incorporar conhecimentos sobre tecnologias novas e muito usadas num mercado em franca expansão, que é o mercado de aparelhos dedicados à reprodução de multimídia.

Há uma dificuldade evidente de integração e reutilização de componentes de *hardware* e *software* que a equipe deverá enfrentar e aprender a trabalhar. A execução do projeto envolve o reconhecimento de componentes no mercado, projeto de placa de circuito impresso, entendimento de protocolos de rede extremamente usados hoje em dia, tal como o RTP, conectividade de software embarcado com redes locais e com a internet, etc. São etapas de complexidade média, mas que se encadeiam em alta interdependência. A falha em qualquer momento pode determinar o fracasso do projeto, necessitando-se de extremo cuidado na condução do projeto.

Ao final, espera-se conseguir um produto completo e que, além de funcional, tenha maneiras de expansão, podendo ser levado a um equipamento completo de reprodução de multimídia num momento futuro, que além de

incluir outros formatos populares de áudio, também possibilite a reprodução de vídeos, fotos, reprodução de IPTVs, etc.

10. Referências Bibliográficas

- [1]. Institucional Fraunhofer. "MP3: MPEG Audio Layer-3"; [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.iis.fraunhofer.de/amm/techinf/layer3/>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [2]. Institucional Vorbis. "Vorbis.com FAQ"; [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.vorbis.com/faq/>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [3]. Anônimo: "Dare to Compare"; [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.xiph.org/vorbis/listen.html>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [4]. Institucional Fraunhofer. "Frequently Asked Questions about the MPEG-4 Audio Patent Licensing Program"; [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.vialicensing.com/products/mpeg4audio/MPEG-4_Audio_FAQ.html#Q6. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [5]. Institucional Fraunhofer. "MPEG-2 Advanced Audio Coding: Data Compression for the 21st Century"; [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.iis.fraunhofer.de/amm/techinf/aac/>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [6]. "All for MP3"; [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.all4mp3.com/info/mp3pro_about.html. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [7]. "Description of popular audio formats"; [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://all-streaming-media.com/streaming-media-faq/faq-Description-of-popular-audio-formats-MP3-WMA-OGG-AAC-WAV.htm>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [8]. BOUVIGNE, Gabriel. "MP3' Tech". [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.mp3-tech.org/>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006
- [9]. Business Week Online; "Investor tune out of radio stock" [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.businessweek.com/investor/content/oct2006/pi20061004_262467.htm?chan=top+news_top+news+index_investing. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [10]. Institucional HD Radio; "How does it work?" [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.hdradio.com/how_does_hd_digital_radio_work.php. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [11]. Institucional CIA. "Facts of the World" [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <https://www.cia.gov/cia/publications/factbook/print/br.html>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [12]. RW Online; "HD Radio Will Impact Satellite Growth; Wi-Max in Cars by '08" [on line] Disponível na Internet via WWW. URL:

- <http://www.rwonline.com/dailynews/one.php?id=9634>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [13]. Podcasting News; “Podcasts Surpass Radio Stations Worldwide; Podcast Demand Growing Faster Than Supply” [on line] Disponível na Internet via WWW. URL:
http://www.podcastnews.com/archives/2006/04/podcasts_surpas.html
- [14]. Institucional SlimDevices®; “Squeezebox” [on line] Disponível na Internet via WWW. URL:
http://www.slimdevices.com/pi_squeezebox.html. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [15]. Institucional Roku; “Soundbridge” [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.rokulabs.com/products/soundbridge/>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [16]. Institucional Reciva; “Reciva player” [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <https://www.reciva.com/joomla/>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [17]. Institucional Barix; “Barix Exstreamer-Technology” [on line] Disponível na Internet via WWW. URL:
http://www.barix.com/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=75&Itemid=182. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.
- [18]. Institucional Torian; “InFusion” [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://store.torianwireless.com/products.php?cat=9>. Arquivo capturado em 08 de outubro de 2006.