



**Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso**

# **Estudo sobre Instalação e Configuração de uma Rede VoIP no Departamento de Engenharia Elétrica**

Professor: **Antônio Marcus Nogueira Lima**

Aluno: **Thiago Bandeira Onofre**

Mat. : 20211203

Fevereiro de 2008.



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

## **Glossário**

**ISDN (*Integriertes Sprach- und Datennetz*)**

**PSTN (*Public Switched Telephone Network*)**

**VoIP (*Voice over Internet Protocol*)**

**SIP (*Session Initiation Protocol*)**

**UAs (*User Agents*)**

**CDR (*Call Detail Record*)**

**SDP (*Session Description Protocol*)**

**RTP (*Real-time Transport Protocol*)**

**UDP (*User Datagram Protocol*)**

**WLANs (*Wireless Local Area Networks*)**

**IETF (*Internet Engineering Task Force*)**

**CIP (*Cellular IP*)**

**RUP (*Route Update Packet*)**

**HHS (*Hard Handoff Scheme*)**

**IHS (*Indirect Handoff Scheme*)**

**EHHS (*Enhanced Hard Handoff Scheme*)**

**FIFO (*First In First Out*)**

**SyncScan (*Synchronized Scan*)**

# 1 - Introdução

É sabido que com o advento das telecomunicações, o homem encurtou as distâncias que o separavam dos seus pares. Entretanto, devido aos altos custos dos serviços de telefonia atual, a telefonia básica se mostrou muito onerosa para seus usuários, sendo assim relevante o investimento de tempo e capital em uma solução alternativa. Tal solução deve ser ao mesmo tempo barata e de fácil uso, tornando viável, do ponto de vista financeiro, chamadas telefônicas de qualquer duração, para qualquer ponto do globo.

Com o advento do ISDN, em português, rede digital de serviços integrados, a integração de voz e dados tornou-se uma realidade. O ISDN é uma rede de telefonia comutada a circuitos - PSTN - que permite a transmissão digital de voz e dados nos tradicionais cabeamentos de cobre das já instaladas redes PSTN, resultando em uma melhora na qualidade da voz se comparado à transmissão analógica, uma vez que a transmissão digital possui algoritmos complexos de detecção de erros e CODECS eficientes.

Com o passar dos anos e a evolução da internet, notou-se que a integração de voz e dados poderia ser feita usando esta rede, uma vez que a mesma já estava suficientemente madura e com um alcance que cobre praticamente todo o globo.

O VoIP[1] é uma solução para a integração do serviço de voz a internet que, originalmente, era uma rede de dados. Trata-se de um protocolo que viabiliza chamadas telefônicas em redes que usam comutação de pacotes, como a Internet ao invés do uso das tradicionais e caras redes de comutação de circuitos usadas pela telefonia desde seus primórdios.

Destarte, o VoIP possibilita uma convergência dos antigos conceitos de telecomunicações com as modernas e versáteis redes de dados. Além destas vantagens, há também uma melhora da qualidade da transmissão da voz, se comparado aos tradicionais serviços de comunicações analógicos, pois complexos algoritmos de

→ SIGNIFICADO EXATO  
NÃO É ISDN.

→ USUÁRIO.

correção de erros, roteamento e de processamento digital de sinais são aplicados à voz digitalizada.

Apesar de sua inerente complexidade, versatilidade e preço justificam este esforço, uma vez que, endossando o que dissemos, há uma tendência para que importantes centros tecnológicos disponibilizem para seu pessoal serviços de computação pervasiva gratuitos e de qualidade, reduzindo os custos para o uso das telecomunicações.

Este trabalho, em primeiro lugar, busca um estudo da tecnologia VoIP, focando nos problemas de mobilidade. Após esta etapa, buscar-se-á, como trabalhos futuros, a instalação e configuração da rede VoIP para todo o departamento de Engenharia Elétrica da UFCG, permitindo que toda a comunidade alvo tenha acesso a este serviço de computação pervasiva. Em um possível cenário, para se fazer uso dos serviços da rede, os usuários cadastrariam os dispositivos de acesso, tais como smartphones e notebooks adaptados com headsets previamente no sistema. A cobertura do serviço seria, a priori, a área onde se situam os prédios do departamento de Engenharia Elétrica, podendo expandir, a posteriori, para todo o campus.

Este documento está dividido da seguinte forma: na Seção 2, aborda-se toda a teoria necessária para se realizar o trabalho; na Seção 3, detalham-se as atividades desenvolvidas pelo aluno; na Seção 4, são apresentadas as considerações finais. Nos Anexos há código-fonte de um início de uma implementação de *handoff* e um dimensionamento dos pontos de acesso de uma rede sem fio para todo o departamento.

## 2 – VoIP em Dispositivos Celulares

### VoIP: uma abordagem geral

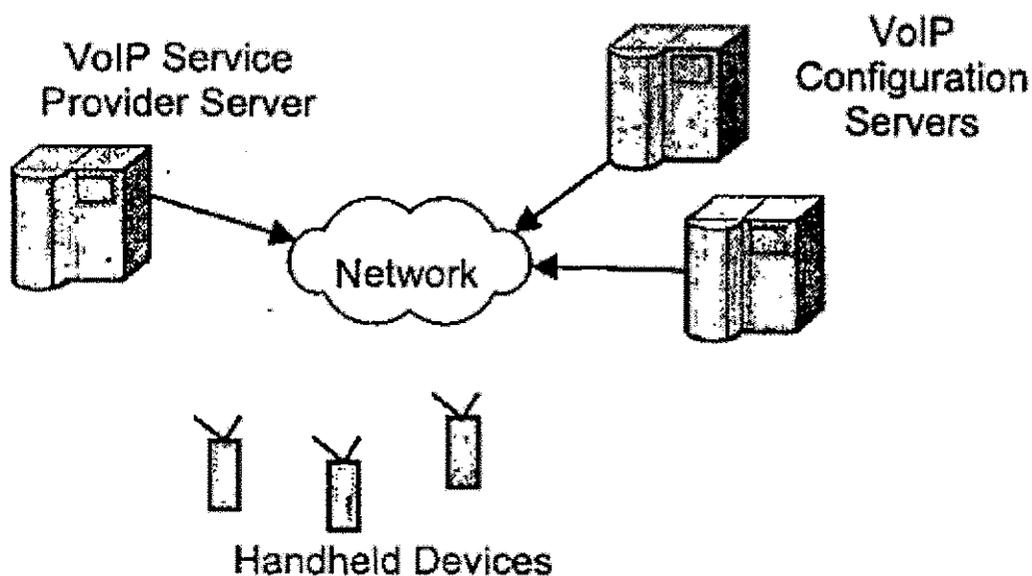
Com o avanço tecnológico dos últimos anos, houve um grande desenvolvimento dos aparelhos celulares, fazendo com que estes não somente possibilitasse seus usuários gerar e receber chamadas telefônicas. Hoje, com estes aparelhos, é possível enviar e-mails, tirar fotos, fazer filmes, navegar na Internet, escutar música e jogar jogos interativos, por exemplo.

Apesar da função original dos aparelhos celulares ainda ser a geração e a recepção de chamadas via as tradicionais redes de telefonia, alternativas surgiram para a geração e recepção de chamadas telefônicas, dentre as quais podemos citar chamadas de vídeo e chamadas pela Internet através da tecnologia VoIP. Neste trabalho, concentrar-nos-emos nesta última.

VoIP possibilita chamadas telefônicas através da Internet usando o conceito de comutação por pacotes ao invés da comutação por circuitos usada desde os primórdios das telecomunicações, desta forma, VoIP busca a convergência de serviços de dados e de voz em um canal único, no caso, a Internet. Assim, o VoIP se propõe em criar um compromisso entre a qualidade (presente nas tradicionais redes PSTN) e baixos custos (existentes nos serviços de transmissão de dados atualmente).

Em termos de práticos e simplistas, VoIP funciona da seguinte maneira: a voz é digitalizada através de um conversor analógico-digital, pacotes usando os protocolos da internet são montados e transmitidos via a rede pública e, no destino, a voz é montada por um conversor digital-analógico. Deve-se notar que a arquitetura usual de uma rede VoIP é a *middle-man*, ou seja, há entre os clientes um servidor intermediando. Os motivos para o uso desta arquitetura são vários, dentre os quais a facilidade de captura de dados para cobrança do serviço.

Na Figura 1, retirada de Riaz e Chan [1], ilustra-se bem um esquema usual de uma rede VoIP sem fios nos moldes *middle-man*. Deve-se notar que a comunicação entre as estações móveis (*handheld devices*) se dá pela intermediação de vários servidores dedicados a uma atividade, no caso da figura em questão, ilustra-se um servidor de configuração e um provedor.



**Figura 1: Esquema de uma Rede VoIP sem Fios**

Outros fatores, além de questões de preço, importantes para a escolha de um sistema baseado na tecnologia voz sobre IP são:

- Se a solução via IP for bem implementada, haverá a integração de muitos serviços chave usados no mundo empresarial hoje, tornando-os mais baratos de operar, manter e melhorar.
- Soluções IP são poderosas, flexíveis e novas aplicações baseadas em IP aparecem constantemente.

Uma comunicação usando VoIP é formada por duas partes, são

elas: sinalização e transporte de dados.

Na primeira parte, de sinalização de uma sessão, usa-se o protocolo SIP. Trata-se de um protocolo da camada de aplicação usado para criar, modificar e encerrar sessões de multimídia ou conferências tais como chamadas telefônicas via internet. Para se usar o SIP, dois atores principais devem participar, são eles:

- **UAs:** considerados como um cliente que pode enviar a requisição e responder requisições. Isto inclui um UA cliente e um UA servidor.
- **Servidores:** usado para receber requisições dos clientes por serviço e para enviar as respostas de volta aos clientes. Os servidores estão incluídos basicamente em três categorias: servidores redirecionador, servidores *proxy* e *registers*.

Apesar das arquiteturas de rede tipo *middle-man* serem as mais difundidas, outras são possíveis. Em [9], por exemplo, uma arquitetura VoIP *peer-to-peer* é proposta. Nesta abordagem, há a ausência de servidores centrais (mecanismo *middle-man*), logo inexistente também a captura de CDR, que são as informações usadas para se gerar cobranças.

Abaixo, na Figura 2, ilustra-se o esquema usual da seqüência do funcionamento do protocolo SIP, de acordo com a figura em questão, retirada de [2], uma vez que ambos os clientes estão registrados em um servidor comum e um dos clientes desejar iniciar uma sessão com o outro, aquele enviará um *INVITE* para o servidor intermediário que repassa para o cliente alvo o convite para a sessão e este começa a tocar (*RINGING*) ou sinalizar para o usuário. O cliente que iniciou a sessão sinaliza também para seu usuário que o cliente alvo está sinalizando.

Quando o usuário do cliente alvo atende a chamada (OK) e os

dispositivos se reconhecem (Ack), ambos os clientes negociam a sessão diretamente via a internet, de acordo com as capacidades tecnológicas dos dispositivos e pode-se, após esta etapa, começar a conversação.

A medida que as funções de sinalização estão sendo feitas, o SIP vale-se do SDP para negociar a sessão de descrição de mídia entre os clientes.

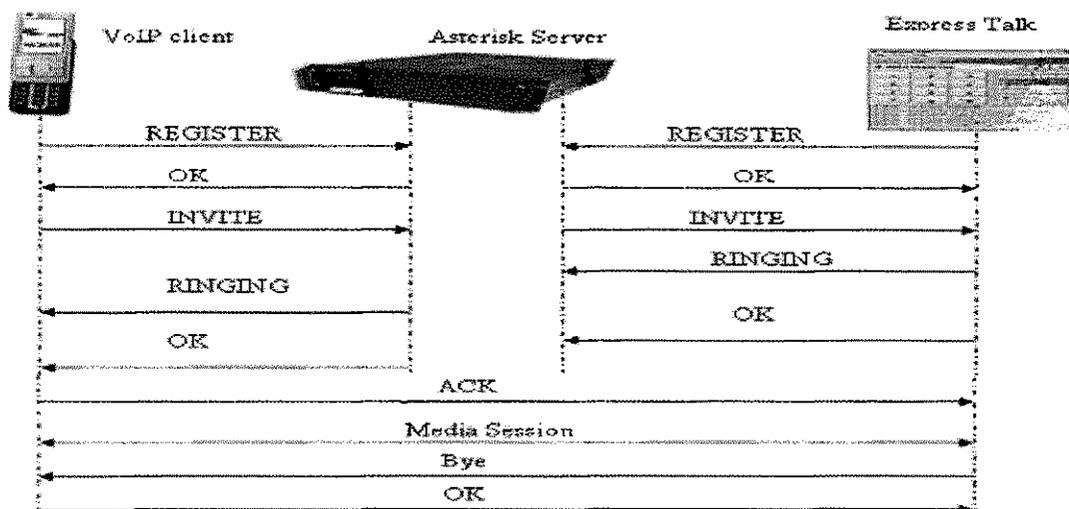


Figura 2: Esquema de Funcionamento do SIP

Na Figura 3, mostra-se o framework do protocolo RPT:

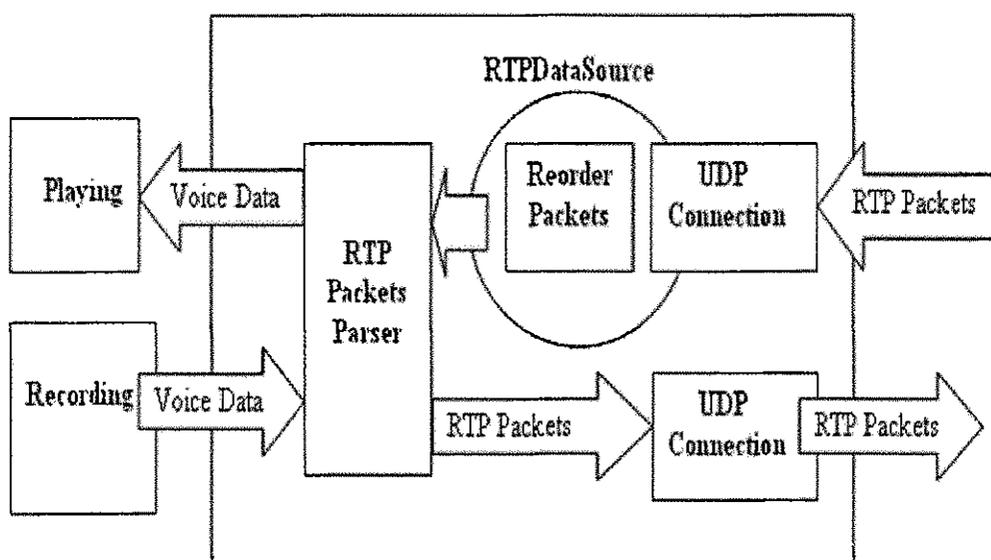


Figura 3: Framework RTP [Fonte?]

No momento da negociação da sessão é que será definido entre os clientes detalhes como: CODEC, *payload*, IP, porta e taxa de amostragem. A parte que lida com transporte de dados, usa o RTP, este despacha os pacotes de dados com a voz digitalizada entre os clientes.

Proposto pelo IETF, o protocolo é composto de duas partes:

- **RTP**: usado para tratar dados de voz.
- **RTCP**: usado para monitorar a qualidade dos serviços e informações sobre os participantes de uma dada sessão.

De acordo com o framework a conversa entre dois clientes VoIP acontece da seguinte maneira: na parte do falante, a voz é gravada, os pacotes RTP são montados e enviados via UDP pela internet para o ouvinte. Chegando no cliente alvo, os pacotes UDP são reorganizados, caso tenham saído de ordem durante a transmissão pela Internet, e são desmontados, obtendo-se a voz original que será ouvida pelo ouvinte.

## O Processo de Handoff em **Wireless** VoIP

O padrão IEEE 802.11[3] é o mais difundido no mundo para redes sem fios ou WLANs. Tais redes atingiram um extraordinário sucesso, pois possibilitam aos seus usuários a movimentação dentro da área de cobertura da mesma. Esta cobertura é provida pela distribuição racional de pontos de acesso, um *hardware* barato se comparado ao preço de uma estação móvel e de configuração simples.

Apesar do uso principal do IEEE 802.11 ser possibilitar o acesso a Internet e de seus serviços de dados, com o advento do VoIP o padrão passou a ser estudado sob a ótica da viabilidade do uso de redes desta natureza para se estabelecer uma conversa telefônica via

VoIP de forma satisfatória.

O processo no qual a estação móvel se desliga de um ponto de acesso e conecta-se em outro se chama *handoff*.

Considerando o modelo OSI, o *handoff* é uma questão pertencente à camada de rede. Segundo a descrição do modelo, detalhadamente vista em [4], a terceira camada ou camada de rede está relacionada com o controle de operação de subredes e questões de roteamento entre estas. Uma vez que um *handoff* é feito a subrede onde se situa a estação móvel muda, mudando portanto a rota para se alcançar este nodo.

A terceira camada lida também com outras questões além do fato do roteamento e otimização de rotas para se evitar gargalos. Por exemplo: cabe a esta camada tratar a questão do endereçamento, caso informação trafegue entre redes distintas com faixas de IP diferentes e questões remunerativas, como captura de CDRs para criação contas a serem cobradas.

Fazendo alusão ao modelo TCP-IP, a camada de internet deste equivale à camada rede do modelo OSI. Na Figura 4 baixo mostra-se a equivalência de cada camada para ambos modelos.

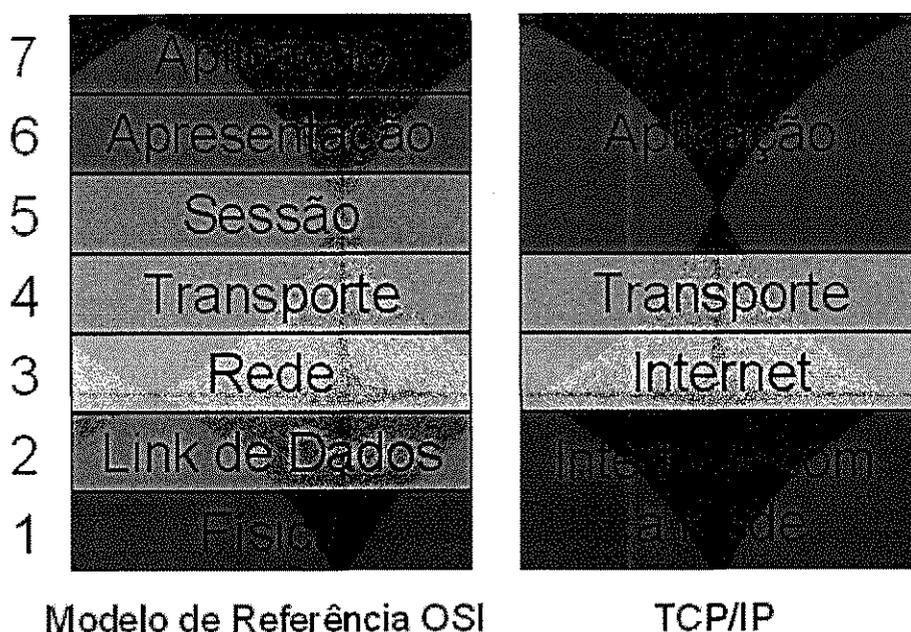


Figura 4: Modelo OSI e TCP-IP

Apesar da possibilidade de se estabelecer uma conversa VoIP usando o IEEE 802.11, um problema maior ocorre quando o usuário da estação móvel se movimenta na área de cobertura da rede sem fio. Neste caso, se o usuário sair da área de cobertura do ponto de acesso onde se iniciou a chamada, o serviço será interrompido, perdendo-se a ilusão de conectividade contínua da rede para este usuário. Isto acontece porque uma estação móvel que esteja usando o IEEE 802.11 não pode enviar ou receber pacotes no intervalo em que a estação móvel desconecta de um ponto de acesso, cuja área de cobertura dá-se, em média, em um raio de cem metros, e registra-se em outro adjacente. Notar-se que este senão é um problema inaceitável em uma chamada VoIP, pois interromperia a chamada. Destarte, o IEEE 802.11 necessita de uma otimização para que possa embarcar serviços VoIP satisfatoriamente, preservando a ilusão de uma conectividade contínua em toda a área coberta pela rede.

No IEEE 802.11, o *handoff* funciona da seguinte forma: quando a estação móvel detecta que a força do sinal do ponto de acesso corrente está em um nível inaceitável, a estação móvel desliga-se deste ponto de acesso e procura por outros pontos de acesso, criando uma lista de possíveis candidatos priorizados pela força do sinal. Posteriormente, a estação móvel irá se re-autenticar na rede de acordo com o ponto de acesso encontrado cujo sinal seja o mais forte. Por sua vez, o ponto de acesso retorna à estação móvel um reconhecimento (*acknowledgement*). Passado esta etapa, a estação móvel envia uma requisição de associação e o processo de *handoff* termina com a recepção, pela estação móvel, da mensagem de resposta à requisição de associação do novo ponto de acesso. Como posto anteriormente, durante este processo, a estação móvel está impossibilitada de enviar e receber pacotes.

Na Figura 5, retirada de [5], observa-se detalhadamente o diagrama de tempo do processo de *handoff* para IEEE 802.11.

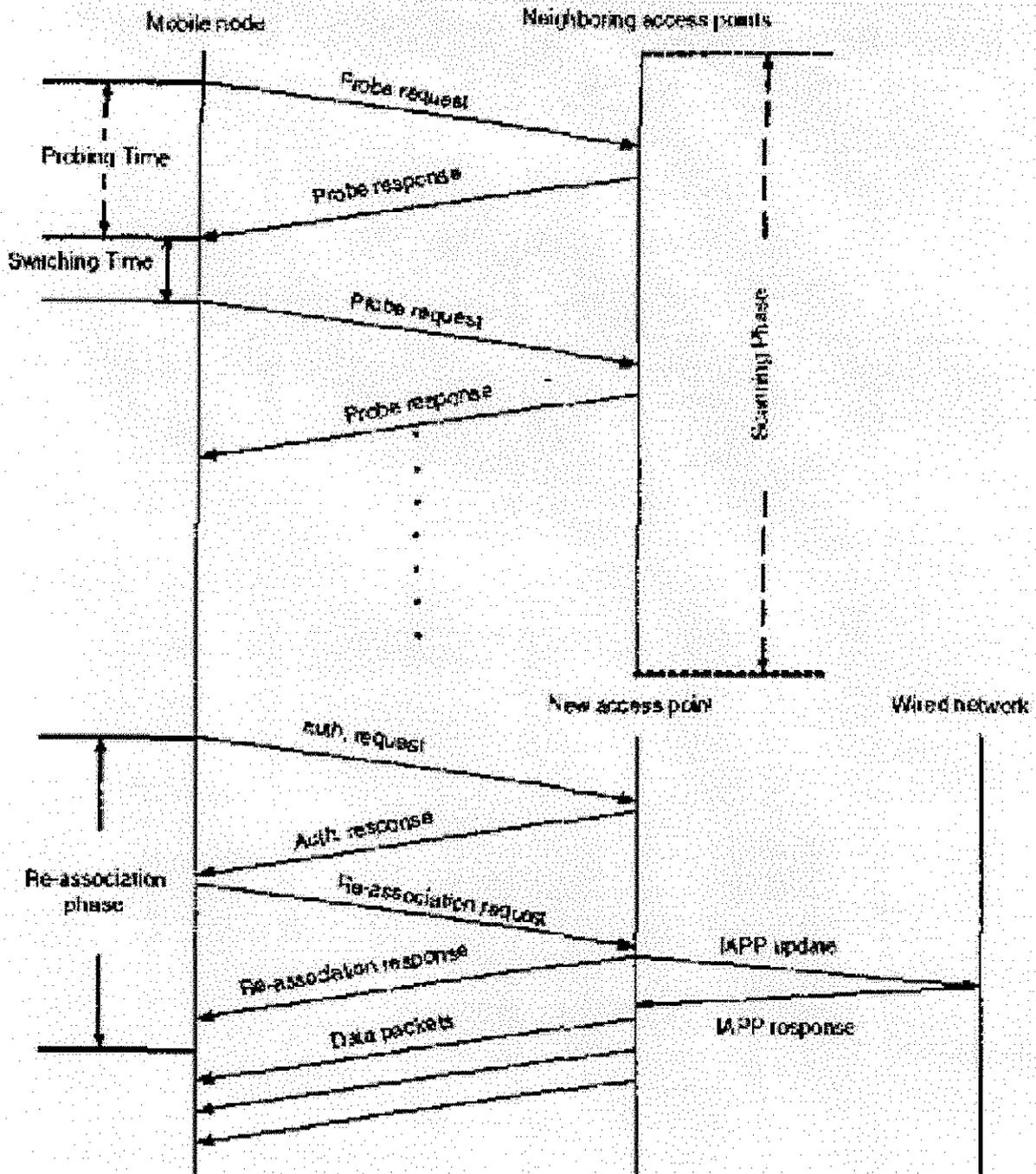


Figura 5: Procedimento Handoff para IEEE 802.11

Inicialmente, os nodos m3veis procuram em cada canal separadamente por potenciais pontos de acesso (*Probe Request e Response*). Isto se d3 da seguinte forma: a est3o3 m3vel calibra sua circuitaria radiofreq3encia para uma dada freq3encia, envia um pacote *probe* e espera a recep33o dos pacotes *beacon* do ponto ou pontos de acesso que transmitem neste canal. Importante notar que

a estação móvel não poderá receber nem enviar pacotes, caso esteja analisando um canal diferente do ponto de acesso onde está hospedado. Terminado a procura em um canal, a estação muda de canal e procura por outro possível ponto de acesso no novo canal. Esta fase é conhecida como *scanning phase*.

Escolhido um novo ponto de acesso, inicia-se a fase de reassociação. Aqui, a estação móvel autentica-se (*Auth Request e Response*) e faz um pedido de associação (*Reassociation request e Response*) com o ponto de acesso recém descoberto. O ponto de acesso, por sua vez, vale-se da rede cabeada para avisar aos servidores que a estação que fez o *handoff* agora está hospedada em si, permitindo reconfiguração das rotas para a estação móvel em questão.

O problema com este *handoff*, apesar do mesmo funcionar bem com serviços de dados, é que o somatório do tempo necessário para fazê-lo é muito alto, havendo uma possível perda de qualidade em uma chamada VoIP.

Devido a este problema, vários protocolos foram propostos para sanar o processo de gerenciamento de mobilidade em IEEE 802.11. O IETF indica o protocolo CIP [6] como uma escolha razoável para gerenciar otimizações de rotas uma vez que este aborda processos de roteamento, *paging e handoff*, além de possuir um bom desempenho.

O CIP possui dois esquemas de *handoff*, são eles:

- HHS (*Hard Handoff Scheme*);
- IHS (*Indirect Handoff Scheme*);

O HHS funciona da seguinte forma: a estação móvel sintoniza sua circuitaria de radiofrequência em um novo ponto de acesso de acordo com a força do sinal. Um pacote RUP é então enviado para o *gateway* de acesso à Internet pela estação móvel via o novo ponto de

acesso. O pacote RUP, à medida que vai do novo ponto de acesso até o *gateway*, cria uma nova rota que é configurada para a estação móvel nos roteadores. Assim, os pacotes endereçados para a estação móvel serão redirecionados do ponto de acesso antigo para o novo.

O IHS funciona de maneira similar ao HHS, só que aquele cria uma conectividade com o novo ponto de acesso antes da estação móvel se registrar no novo ponto de acesso, melhorando o desempenho do *handoff*.

Apesar do CIP oferecer soluções de *handoff*, nota-se que tais soluções acontecem somente depois que a estação móvel associa-se com um novo ponto de acesso. Isto significa que no intervalo de tempo em que a estação móvel desconecta do ponto de acesso antigo e cria uma nova rota do ponto de acesso novo para o *gateway*, todos os pacotes para esta estação móvel ainda transmitido para o ponto de acesso antigo são invariavelmente perdidos.

Em [7] outras modalidades de *handoffs* para o CIP são descritas.

Estas soluções, apesar de resolverem efetivamente problemas de mobilidade para serviços de dados, não atendem as necessidades para se estabelecer uma conversa via VoIP, uma vez que haveriam perdas de pacote e, por conseguinte, parte da conversa seria perdida durante o processo.

Devido a este problema, outras estratégias de *handoff* foram propostas na literatura para dar suporte ao serviço de VoIP. Um exemplo interessante delas é o EHHS.

O EHHS é uma modificação do HHS. O EHHS funciona da seguinte forma: quando a estação móvel detecta que a força do sinal do ponto de acesso atual está abaixo de um nível aceitável, a estação móvel manda para este ponto de acesso um pacote especial chamado de pacote *teardown* e encerra imediatamente a conexão com o ponto de acesso antigo.

Após a recepção do pacote *teardown*, o ponto de acesso antigo irá armazenar todos os pacotes que chegarem para esta estação

móvel em um *buffer* FIFO e, por sua vez, a estação móvel fará todo o procedimento previamente descrito para o HHS.

Terminado este procedimento, a estação móvel enviará para o ponto de acesso antigo um pacote *buffer-request* (BRQ). Quando o ponto de acesso antigo recebe o BRQ, este transmitirá os pacotes armazenados no *buffer* para a estação móvel, via a rede cabeada, retornando pela rota antiga e passando pela nova rota até o novo ponto de acesso novo.

O novo ponto de acesso, por sua vez, repassará os pacotes para a estação móvel e, a partir deste ponto, a conversação continuará normalmente. Na figura 6, retirada de [8] ilustra-se o procedimento, diagrama de tempo, do EHHS.

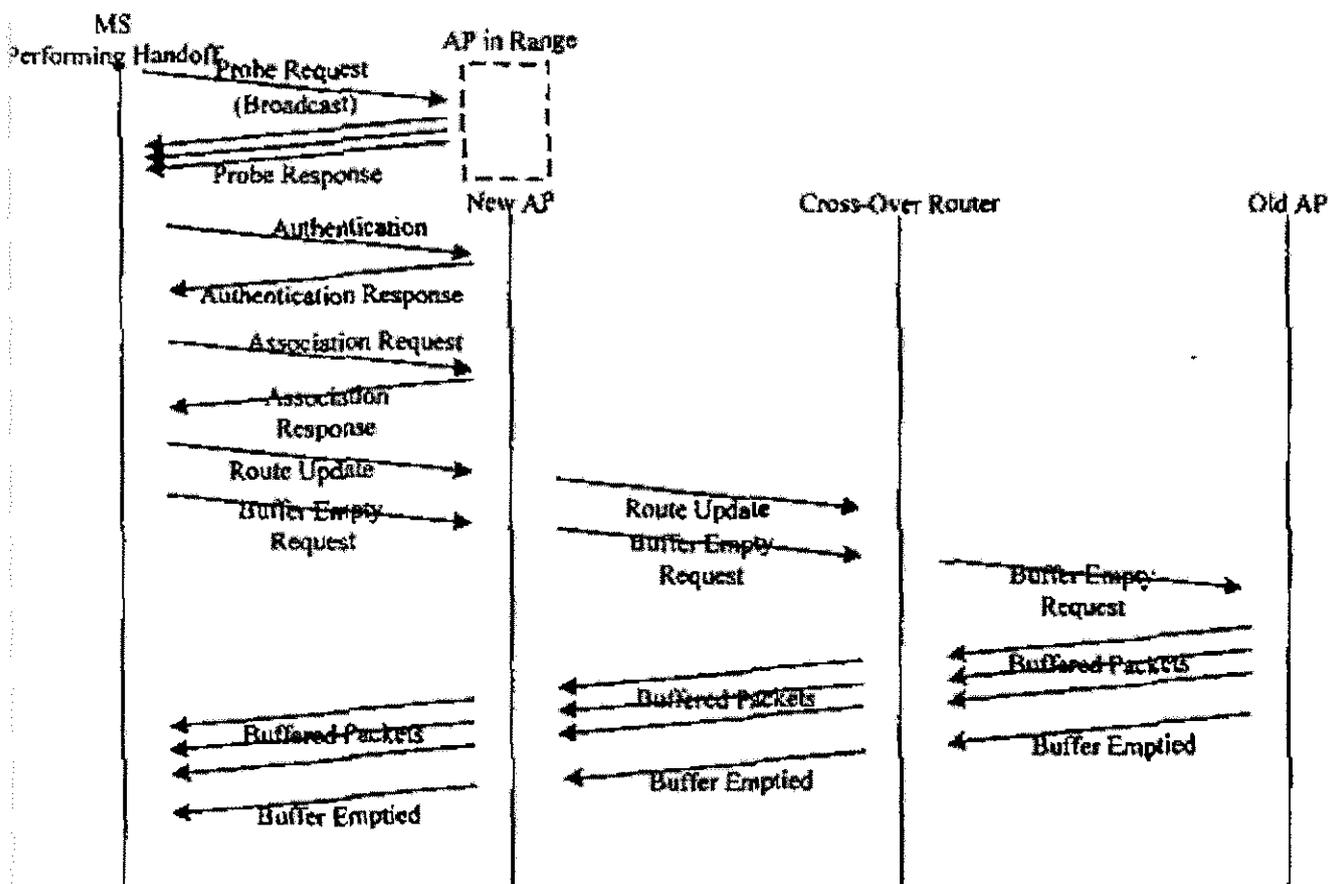


Figura 6: Procedimento Handoff para EHHS

O EHHS é uma das muitas propostas de protocolos para se viabilizar VoIP em IEEE 802.11, entretanto, todas estas propostas

partem do princípio da alteração do protocolo IEEE 802.11, assim como das implementações das estações móveis e dos pontos de acesso. Caso uma delas for aceita como padrão, mais de dez milhões de interfaces de rede IEEE 802.11 deveriam ser modificadas para adequar a mudança de protocolo. Certamente há um custo muito alto para isso.

Recentemente, uma outra solução foi desenvolvida para *handoff* em IEEE 802.11. Trata-se de um sistema denominado SyncScan [5]. A idéia em que se embasa esta estratégia de *handoff* é fazer um monitoramento contínuo e passivo de todos os canais a procura de possíveis pontos de acesso IEEE 802.11.

Destarte, quando o nível do sinal do ponto de acesso atual cair para um nível inaceitável, a estação móvel já possuiria um ponto de acesso alternativo para fazer *handoff*, evitando, assim, muito do *overhead* da troca de pontos de acesso feito de maneira usual pelo IEEE 802.11.

Na Tabela 1, está uma tabela com todos os tempos, em média, de cada fase do *handoff* em IEEE 802.11. Deve-se notar que o *overhead* de monitoramento dos canais é muito maior que o tempo de todas as outras fases do processo de *handoff*.

| PHASE          | TIME      |
|----------------|-----------|
| Scanning       | 350-500ms |
| Authentication | <10ms     |
| Association    | <10ms     |
| Wired update   | <20ms     |

**Tabela 1: Overheads Aproximados do Handoff em IEEE 802.11**

O SyncScan funciona da seguinte forma: partindo do princípio que o ponto de acesso IEEE 802.11 emite periodicamente pacotes *beacon* contendo informações sobre si mesmo para potenciais clientes, pode-se calibrar o ponto de acesso e sincronizar as estações

móveis com o tempo de *broadcast* dos pacotes *beacon* em cada canal. Desta forma, as estações móveis podem passivamente monitorar os canais no momento imediatamente anterior a chegada do pacote *beacon*.

Usando esta estratégia, grande parte do tempo, senão a totalidade, da fase de monitoramento é poupada, diminuindo dramaticamente o tempo de *handoff* durante uma chamada VoIP, estando este reduzido ao somatório dos *overheads* de autenticação, reassociação e o tempo de reconfiguração via uso da rede cabeada.

Deve-se também notar que, apesar de elegante, esta solução possui muitos fatores críticos para seu bom funcionamento, dentre as quais podemos citar, por exemplo: a acurácia dos relógios dos pontos de acesso para que o sistema funcione corretamente, sincronizando globalmente os pacotes *beacon* nos canais evitando interferência entre pontos de acesso que façam uso dos mesmos canais.

Este problema pode ser minimizado se o projetista da rede distribuir bem os pontos de acesso que façam uso dos mesmos canais geograficamente pela rede, evitando pontos de acesso adjacentes que trabalhem em canais idênticos.

Outro senão é que o SyncScan adiciona um *overhead* advindo da condição de que enquanto as estações estão escutando os outros canais, elas não podem enviar ou receber informação de seus respectivos pontos de acesso, podendo haver perdas de pacotes durante este processo de exploração de outros canais.

Na Figura 7, retirada de [5] há um esquema temporal do funcionamento do SyncScan. Nela mostra-se um cenário fictício onde três pontos de acesso emitem pacotes *beacon* de identificação continuamente.

Deve-se notar que cada ponto de acesso não emitem seus pacotes *beacon* no mesmo instante, mas sim, em instantes cuidadosamente calculados de forma que não haja conflitos entre pontos de acesso que usem o mesmo canal. No caso da figura, cada ponto de acesso possui um canal dedicado.

A estação móvel, por sua vez, escuta todos os canais periodicamente de forma que, quando esta muda de um canal  $a$  para um canal  $b$ , um pacote de identificação esteja a ponto de ser emitido neste último.

Mais informações sobre esta estratégia de *handoff* pode ser encontrada em [5].

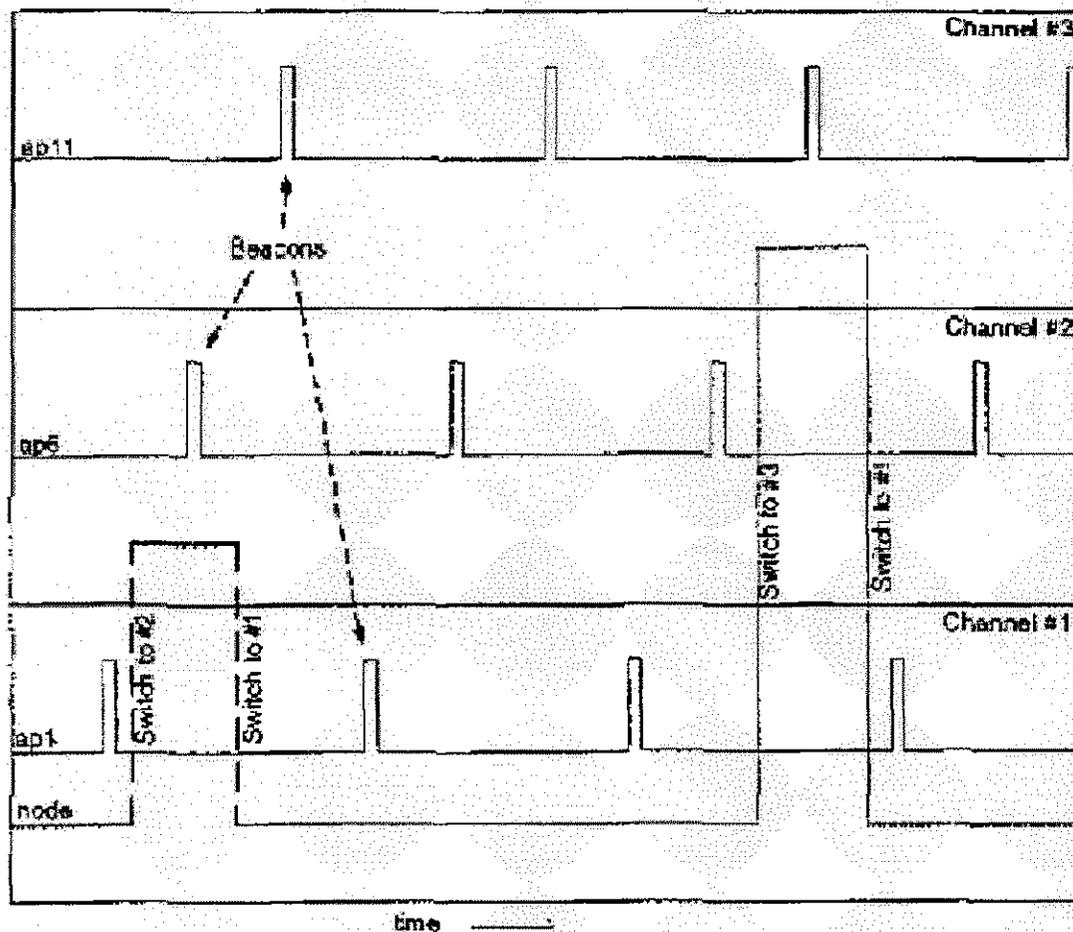


Figura 7: Processo de monitoramento de canais do SyncScan

### 3 - Atividades Práticas durante o Estudo

#### Teste da Rede para VoIP

A rede *wireless* com suporte a VoIP de nosso departamento está confinada nas imediações do Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva. Esta rede é composta por dois pontos de acesso situados no interior do bloco: Embedded-Ap1 e Embedded-Ap2. Nas Figuras 8 (piso superior) e 9 (térreo), observa-se a localização dos pontos de acesso no bloco.

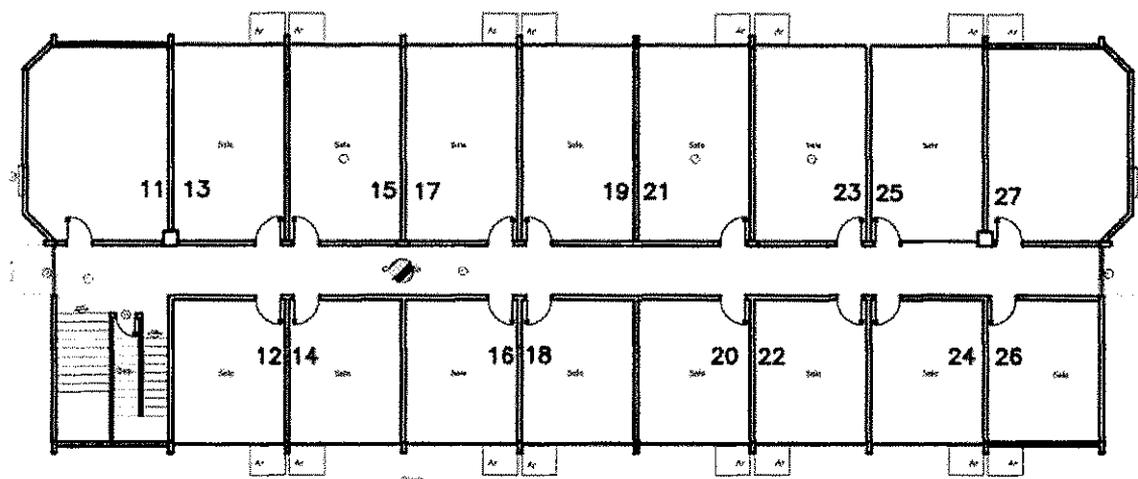


Figura 8: Localização de Embedded-Ap1

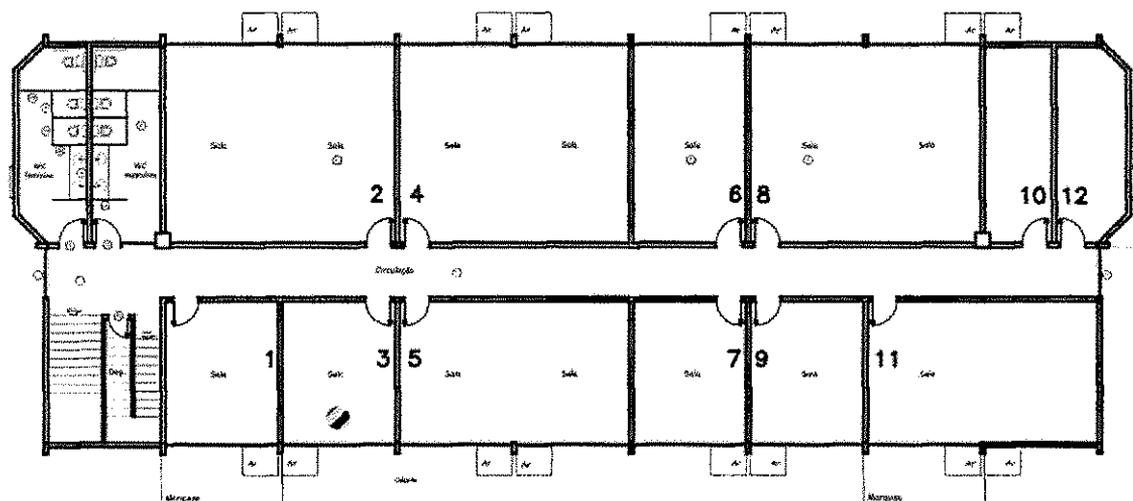


Figura 9: Localização de Embedded-Ap2

Os dois pontos de acesso em questão tratam de todo o tráfego sem fio do bloco, provendo serviços de dados para mais de vinte dispositivos sem fio e, além disso, ambos estão conectados a um servidor Asterisk, sendo possível realizar chamadas VoIP.

Para testarmos a rede e o processo de *handoff* do IEEE 802.11, criou-se um experimento que tinha como objetivo testar a qualidade das chamadas VoIP geradas em uma determinada área de cobertura.

### **Experimento:**

- Reconfigurar o ponto de acesso Embedded-Ap1 para a rede sem fio existente;
- Instalar um ponto de acesso, Embedded-Ap3, fora do bloco } onde o outro ponto de acesso, Embedded-Ap1, deve ser instalado; ?
- Fazer uma chamada VoIP via um dispositivo hospedado em Embedded-Ap1 para outro dispositivo também hospedado em Embedded-Ap1, sem mobilidade;
- Fazer uma chamada VoIP via um dispositivo hospedado em Embedded-Ap1 para um dispositivo situado fora do bloco, hospedado em Embedded-Ap3, sem mobilidade;
- Fazer uma chamada VoIP de um dispositivo hospedado em Embedded-Ap3 para um dispositivo hospedado em Embedded-Ap1, sem mobilidade;
- Fazer uma chamada VoIP via um dispositivo hospedado em Embedded-Ap3 para outro dispositivo também hospedado em Embedded-Ap3, sem mobilidade;

- Fazer uma chamada VoIP via um dispositivo hospedado em Embedded-Ap1 para um outro dispositivo também hospedado em Embedded-Ap1 e caminhar em direção ao ponto de acesso Embedded-Ap3;
- Fazer uma chamada VoIP via um dispositivo hospedado em Embedded-Ap3 para um outro dispositivo hospedado em Embedded-Ap1 e caminhar em direção ao ponto de acesso Embedded-Ap1;

### **Material Utilizado:**

- Roteador *Assus WL-500G Premium* ;
- Roteador *Link-Sys WRT54G*;
- Cabo de rede par trançado 100-base-T;
- Conectores RJ-45;
- *Switch Fast Ethernet* situado em nosso laboratório;
- Nokia n-800;
- Nokia E-61;
- Computador Pessoal com sistema operacional Linux;

### **Procedimento Experimental:**

Inicialmente, configurou-se o roteador *Link-Sys WRT54G* como o ponto de acesso Embedded-Ap1 usando o Computador Pessoal.

Para tal, atualizamos o firmware do roteador, setando-o como ponto de acesso e implantando uma chave WEP e o IP no mesmo.

Posteriormente, o mesmo foi feito com o roteador *Assus WL-500G Premium* de tal forma que criamos o ponto de acesso *Embedded-Ap3*.

O *Embedded-Ap1* foi instalado interiormente ao Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva via rede cabeada, enquanto que, usando os conectores, o cabo e o switch, instalou-se o *Embedded-Ap3* em um bloco vizinho.

Com o computador, checkou-se via as ferramenta *ping* e *traceroute* a existência dos dois pontos de acesso previamente instalados na rede.

Uma vez terminado estes procedimentos, configurou-se o Nokia n-800 e o Nokia E-61 para a rede VoIP, registrando um novo número de telefone para a rede existente e gerou-se as chamadas VoIP previamente descritas com os mesmos.

### **Resultados:**

A instalação e configuração dos pontos de acesso e das estações móveis se deram sem maiores problemas, exceto que o *firmware* do *Link-Sys WRT54G* teve que ser diversas vezes atualizado por estar inconsistente. Apesar desta inconsistência, conseguiu-se o objetivo e o ponto de acesso foi configurado.

As chamadas VoIP geradas sem mobilidade possuíram, a grosso modo, uma qualidade boa e a conversa se deu perfeitamente.

Entretanto, quando geramos chamadas com a estação móvel hospedada em *Embedded-Ap1* e caminhamos em direção de *Embedded-Ap3*, notamos que, durante o percurso, houveram intervalos em que perdemos parte da conversa, perda de pacotes UDP, e, ao continuarmos caminhando, a chamada foi encerrada, pois o nível de sinal de *Embedded-Ap1* caiu para um nível inaceitável pela estação móvel e esta iniciou o procedimento padrão do IEEE 802.11 para achar outro ponto de acesso e registrar a estação móvel no

mesmo. Fato idêntico ocorreu quando geramos chamadas com a estação móvel hospedada em Embedded-Ap3 e caminhamos em direção de Embedded-Ap1.

Destarte, e experimento foi bem sucedido, pois provou as suposições teóricas sobre o processo de *handoff* do IEEE 802.11, entretanto, para nossas necessidades, um *handoff* com estas características não são interessantes, sendo necessário uma estratégia de *handoff* que ofereça a ilusão de continuidade nos serviços VoIP.

Para tal intento, propomo-nos a criar uma rotina que imitasse parte do funcionamento para o SyncScan. Para tal escolhemos a linguagem de programação Python por dois motivos:

- Codificação simples e enxuta;
- Alta legibilidade para outros programadores;

Originalmente, Python não possui suporte para a programação de rede, entretanto, a linguagem dispõe de um mecanismo muito interessante para sanar esta falta, os *bindings*.

*Bindings* consistem em uma camada de *software* intermediária entre o código da aplicação e o código de rotinas escritas na linguagem de programação C. Destarte, desde que o *binding* esteja feito, as rotinas escritas em C podem ser usadas sem mais problemas por códigos python que implemente a biblioteca de *binding*.

Conhecendo esta possibilidade, usamos uma biblioteca escrita em Python, a Python-wifi [10] para criar um esquema de *handoff* para chamadas VoIP em dispositivos Nokia n-800.

Esta biblioteca permite que informações da placa Wlan de dispositivos sem fio sejam capturadas e manipuladas. Um possível código fonte de nosso *handoff* seria:

A cada 100 milisegundos escaneie a rede;

Capture o ponto de acesso *P* de maior potência no momento;

Se o nível do sinal do ponto de acesso atual cair para  $-85\text{dBm}$ ;

Troque o ponto de acesso atual por *P*;

O algoritmo acima se propõe ao seguinte: a cada cem milisegundos, recuperaremos as estatísticas da placa Wlan da estação móvel e escanearmos a rede. Deve-se notar que o tempo de cem milisegundos é o tempo imediatamente anterior a todos os pontos de acesso emitirem seus pacotes *beacon*.

Note-se que a temporização torna-se complexa, uma vez que deve-se considerar o tempo de escaneamento de cada canal neste cálculo durante a varredura dos canais. Para uma rede de grandes proporções, este cálculo não seria eficiente o suficiente e cairíamos em um caso de *handoff* similar ao *handoff* padrão do IEEE 802.11.

Caso o nível do sinal do AP atual caia para abaixo de oitenta e cinco dBm, selecionar-se-á o AP cuja potência seja a maior possível e se fará o *handoff*, setando este ponto de acesso como o atual via uma chamada de kernel.

ESSE TERMO É USADO  
ORIGEM EM RECURSOS  
É MELHOR USAR VISUALIZ

## 4 – Considerações Finais

O trabalho se mostrou muito proveitoso no quesito conhecimento adquirido pelo o aluno, entretanto, devido a questões de tempo, as atividades tiveram que ser interrompidas e o projeto inicial do trabalho não foi concluído.

Problemas de natureza material foram encontrados durante o trabalho na fase do experimento. Felizmente isto foi sanado e a experiência aconteceu com resultados satisfatórios e previstos.

Durante a fase de codificação para um suposto *handoff*, notamos que a biblioteca que usamos ainda não estava completa, apesar do código desenvolvido conseguir detectar quando o nível do sinal cai a um nível inaceitável, a parte de escaneamento da rede retornou muitos erros que foram devidamente comunicados aos desenvolvedores da biblioteca para facilitar na correção dos mesmos.

## 5 - Referências

- [1] Riaz, Ali; Chan, H. Antony. Wireless VoIP Phone Architecture and Hardware Requirements.
- [2] Mao, Guo Fang; Talevski, Alex; Chang, Elizabeth. Voice over Internet Protocol on Mobile Devices.
- [3] <http://www.ietf.org/rfc/rfc3990.txt> acessada em 22/02/2008
- [4] Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks – Third Edition. Prentice Hall.
- [5] Ramani, Ishwar; Savage, Stefan. SyncScan: Practical Fast Handoff for 802.11 Infrastructure Networks. → Disk, local?
- [6] <http://comet.columbia.edu/cellularip/overview.htm> acessada em 22/02/2008
- [7] Jaiswal, Suraj; Orvalho, Joao; Boavida, Fernando. Handoff Mechanisms in Cellular IP: Enhancement into the Indirect Handoff Mechanism.
- [8] Liu, L.; Yao, W.; Song, Y.H. Mobility Management for VoIP in IEEE 802.11 Based Wireless LAN.
- [9] Sangham, Suchaya; Hasam, Md Maruf. Intelligent P2P VoIP through Extension of Existing.
- [10] <http://www.romanofski.de/downloads/pywifi> acessada em 22/02/2008

## 6 - Anexo

```
#!/usr/bin/env python
import sys
import types
import time
from pythonwifi.iwlibs import Wireless, getNICnames

#VARIABLES GLOBAIS
ifnames = getNICnames()
wifi = Wireless(ifnames[0])

def handoff(AP):
    wifi.setAP(AP)

def main():
    if ifnames == []:
        print "No wireless devices present or incompatible OS."
        sys.exit(0)

    while True:
        stat, qual, discard, missed_beacon = wifi.getStatistics()
        results = wifi.scan()

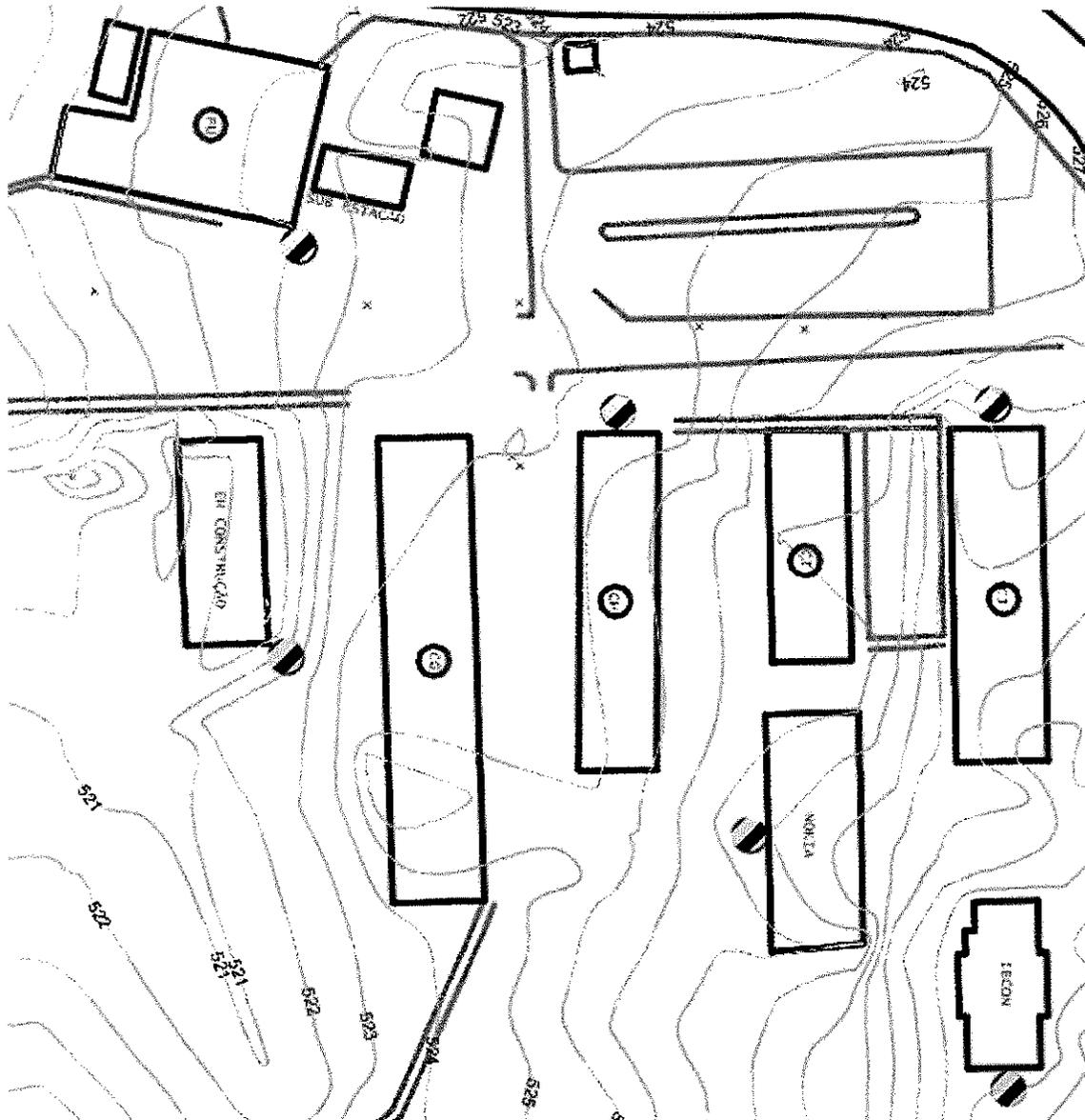
        if qual.signallevel < -85:
            now = result[0]
            for result in results:
                if result.qual.signallevel > now.qual.signallevel:
                    AP = result
                else: pass
            handoff(AP)
        time.sleep(0.1)
```

A decisão tomada  
for mais suave.

```
if __name__ == "__main__":  
    main()
```

## 7 - Anexo

A Figura 10 mostra uma distribuição de seis pontos de acesso para a cobertura total da área em uma única rede sem fios. Consideramos que os pontos de acesso estarão exteriores aos blocos a uma altura equivalente aos tetos dos mesmos (o mais alto possível).



**Figura 10: Distribuição de Pontos de Acesso nos blocos do DEE**

Devido à irregularidades geográficas da área onde se situam os blocos do departamento, fazer o cabeamento estruturado para que este convirja para o bloco nomeado na figura como "nokia", onde

está a rede VoIP instalada, será um desafio para futuros trabalhos.

Deve-se notar que, como os pontos de acesso estarão exteriores aos blocos, os mesmos devem ser protegidos de alguma forma contra intempéries e vândalos. Um anteparo de acrílico resolveria o problema. Uma pequena calha de proteção também seria interessante. Outra possibilidade para proteger os pontos de acesso seria confiná-los em caixas de metal tal qual caixas de força e abrir uma saída para que a antena do ponto de acesso fique livre.