

Desenvolvimento de uma aplicação radar para análise da implementação de uma rede mesh

Henrique Oecksler Bertoldi

Francisco Adell Péricas

Roteiro

- Motivação
- Objetivos
- Fundamentação teórica
- Trabalhos correlatos
- Especificação
- Implementação
- Resultados e comparações
- Conclusões
- Sugestões de melhorias

Motivação

- Pouco estudo sobre redes mesh e mobilidade em redes
- Desafios tecnológicos x benefícios humanitários
- Facilidade de adaptação de uma rede mesh
- Falta de um radar Wi-Fi simples para visualização de redes

Objetivos

O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de um aplicativo radar para visualização da topologia dos roteadores de uma rede mesh, bem como a implantação dessa rede mesh.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) utilizar roteadores Wi-Fi que servirão como “nós” mesh e também como “nós” access point (AP);
- b) utilizar recursos disponíveis no Firmware OpenWrt para tornar possível estas duas funcionalidades nestes “nós”;
- c) desenvolver uma aplicação que permitirá ao usuário visualizar em forma de radar e em forma gráfica a topologia (ligações) dos roteadores implantados na rede.

Redes sem fio locais padrão IEEE 802.11

História

- Com o surgimento dos notebooks em meados da década de 1990, LANs com fio não eram mais atrativas
- Cada marca criava seu aparelho de rádio, minando a comunicação sem fio somente entre mesmas marcas
- Comitê da IEEE fica responsável por padronizar uma tecnologia e cria o padrão 802.11, conhecido Wi-Fi

Tipos

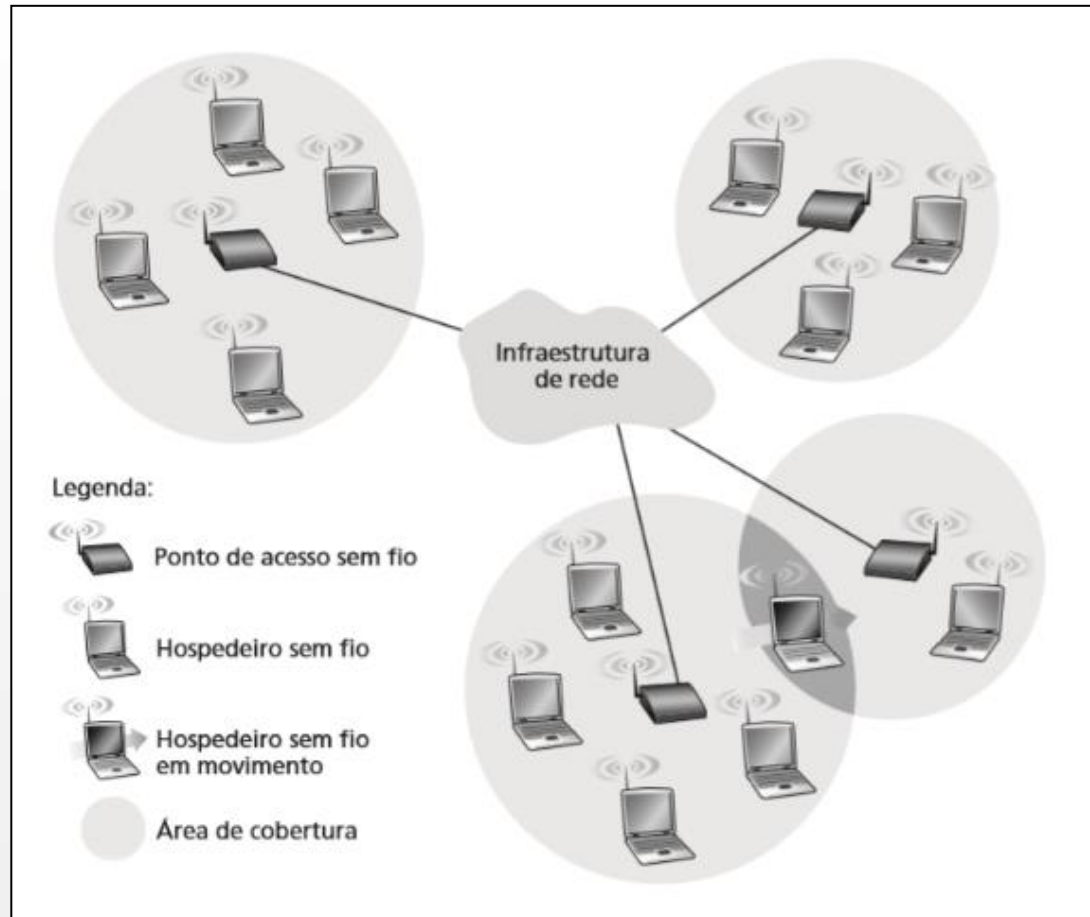
- 802.11a, 802.11b, 802.11g e 802.11n

Modos

- Infraestrutura e adhoc

Modo infraestrutura

Modo mais comum para conectar clientes, onde há uma unidade central responsável por controlar os APs da rede.



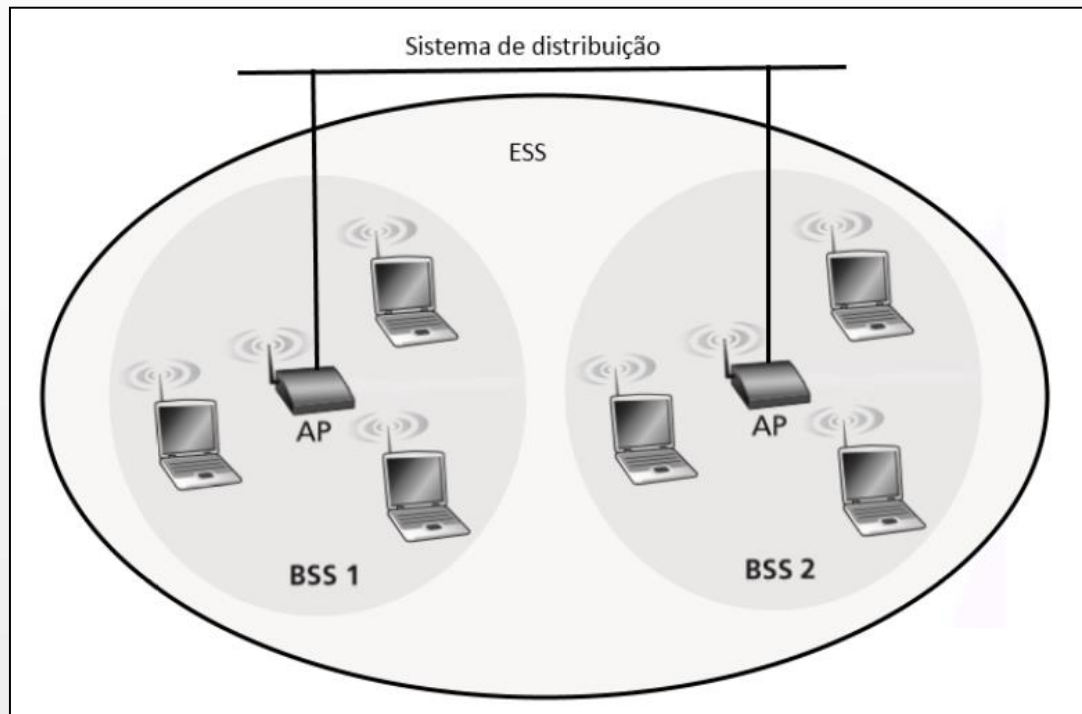
Modo infraestrutura – BSS e ESS

BSS

- Uma célula composta por 1 AP e seus clientes

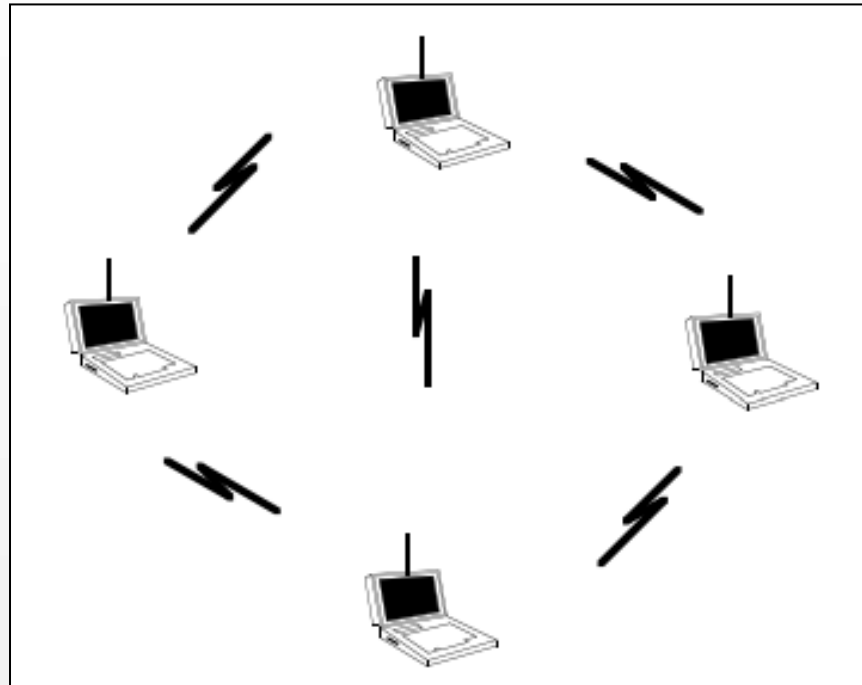
ESS

- Conjunto de duas ou mais células BSS
- Todo AP utilizam o mesmo SSID do ESS



Modo adhoc

- As estações se comunicam entre sem a interferência de um intermediador
- Não possui comunicação com o mundo exterior



Rede em malha IEEE 802.11 - mesh

Conceito

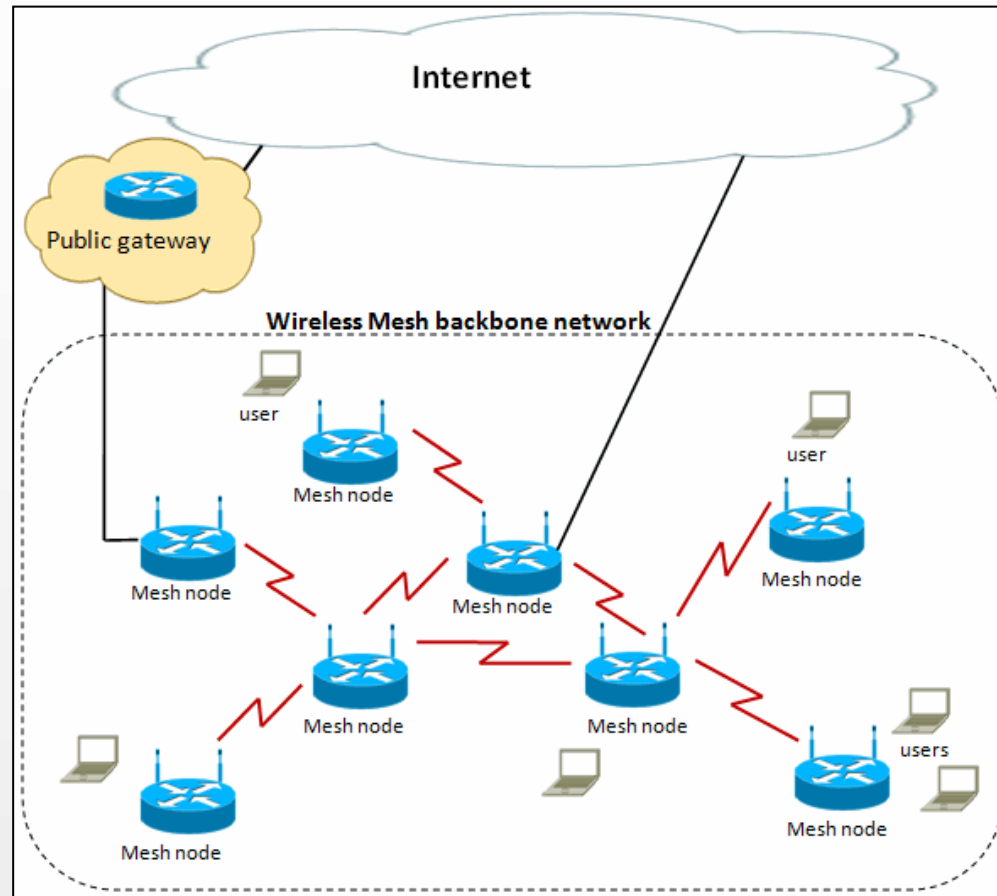
- São utilizadas em grandes áreas que não permitem uma infraestrutura cabeada de rede como parques, zonas de catástrofes naturais ou campos de batalhas
- Necessita de algoritmo de roteamento (B.A.T.M.A.N, OLSR)
- É um novo conceito no mundo wireless que utiliza os padrões IEEE 802.11 e evolui na base das redes ad hoc

Funcionamento

- Os nós Mesh se comunicam entre si no modo adhoc sem intervenção de terceiro
- Nós Mesh são radiotransmissores, geralmente roteadores Wi-Fi com poder de hardware tendencialmente maior que em roteadores comuns

Rede em malha IEEE 802.11 - mesh

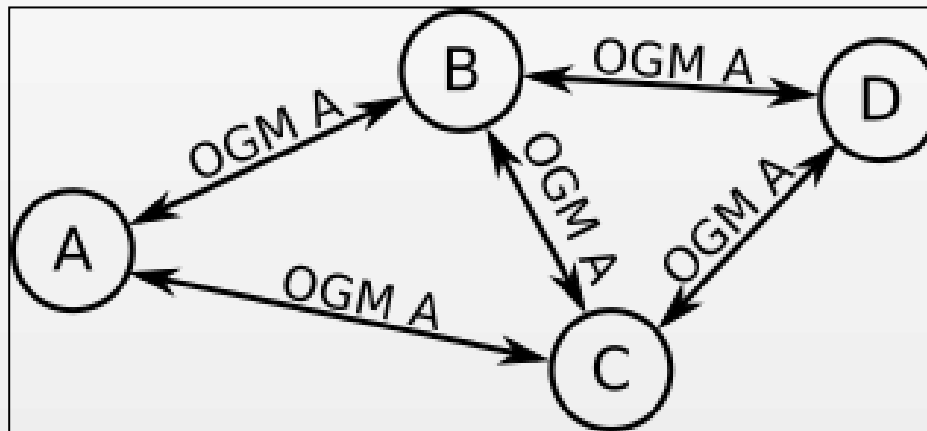
- Um (ou mais) nó Mesh é conectado à internet
- Para conectar clientes na rede é preciso configurar pontos de acesso que fazem a comunicação entre os dois



Protocolo B.A.T.M.A.N

(Better Approach To Mobile Ad hoc Networking)

- Dividir conhecimento da melhor rota fim-a-fim de todos os nós com todos os nós da rede
- Cada nó mantém somente a informação do melhor nó de saída para todos os nós alcançáveis
- Cada nó transmite uma mensagem OGM para todos os seus vizinhos, e estes para seus sucessivamente

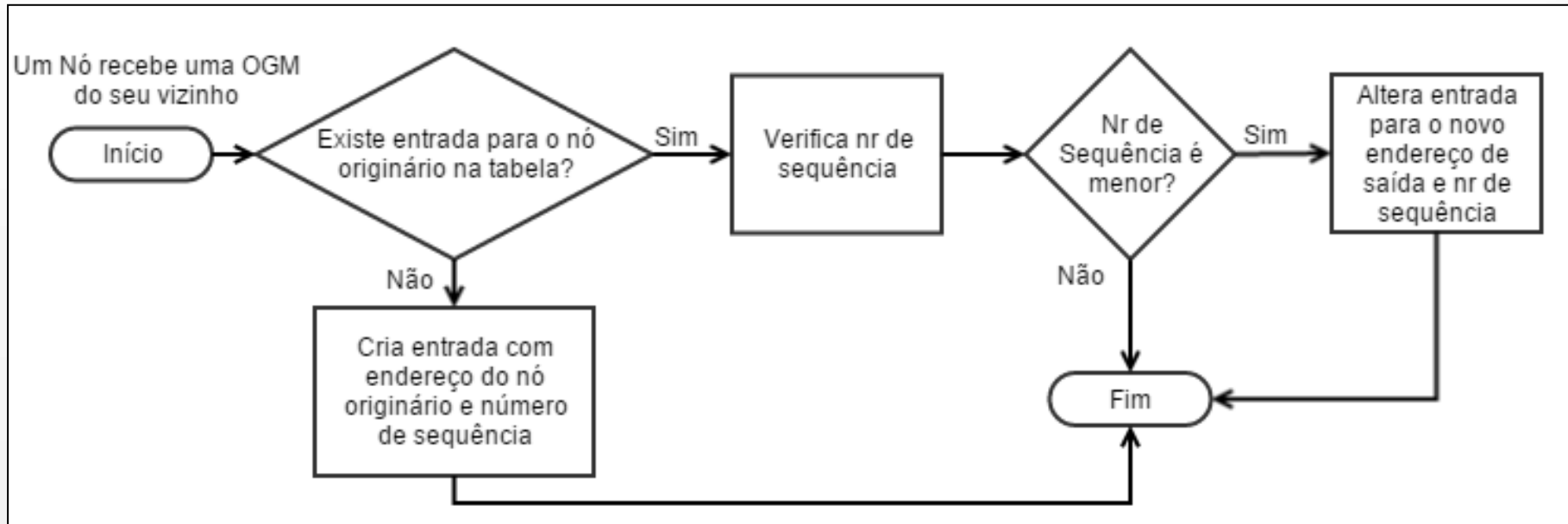


Protocolo B.A.T.M.A.N

(Better Approach To Mobile Ad hoc Networking)

- A mensagem OGM é bem pequena (52 byste) e transmite as seguintes informações:

Nó originário	Nó transmitindo	TTL	Nr. seqüência
---------------	-----------------	-----	---------------



OpenWrt

- *Firmware* desenvolvido com base no núcleo do Linux
- Para aparelhos de software embarcado, roteadores
- Sistema de pacotes de funcionalidades
- Ferramenta *toolchain* permite fazer a compilação do OpenWrt, pacotes e até programas

```

|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| .      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|_| WIRELESS FREEDOM
-----
CHAOS CALMER (15.05.1)
-----
* 1 1/2 oz Gin           Shake with a glassful
* 1/4 oz Triple Sec     of broken ice and pour
* 3/4 oz Lime Juice     unstrained into a goblet.
* 1 1/2 oz Orange Juice
* 1 tsp. Grenadine Syrup
-----
```

Trabalhos correlatos (rede mesh)

Projeto ReMesh (2005)

- Desenvolvido pelo grupo de pesquisa da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). Tem o objetivo de prover uma alternativa de acesso à internet para usuário que residem próximo a Universidade Federal do Fluminense e diversas outras universidades brasileiras

Implementação e avaliação do desempenho de Redes Wi-Mesh de baixo custo (Gómez, 2012)

- Criação de um projeto e implementação de uma rede mesh. Após isso, foram feitas várias análises de desempenho sobre a rede.

Requisitos

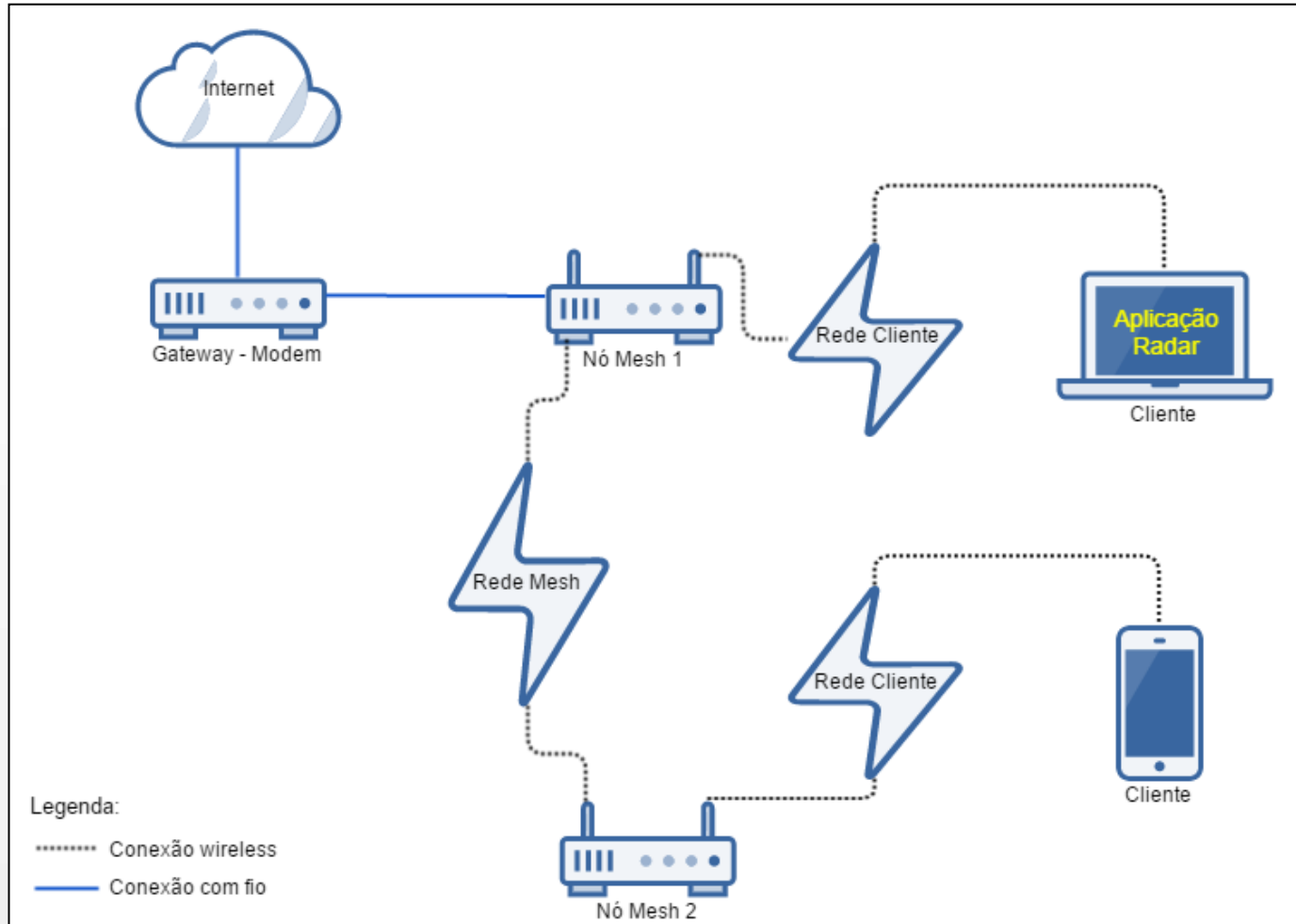
Funcional	Não Funcional
permitir acesso de clientes	possuir um <i>gateway</i> já configurado com acesso à internet
permitir ao usuário informar o nome da rede	utilizar 2 roteadores TP-LINK WR841-ND Hardware v9.4
permitir visualizar a topologia dos roteadores na rede em tempo real	utilizar o firmware OpenWrt
permitir visualizar a qualidade do sinal e o endereço MAC dos roteadores	utilizar o protocolo B.A.T.M.A.N-adv
permitir visualizar o roteador Wi-Fi em que o usuário está conectado	utilizar a linguagem C#
	utilizar a biblioteca NativeWi-Fi

Rede Mesh

Radar Wi-Fi

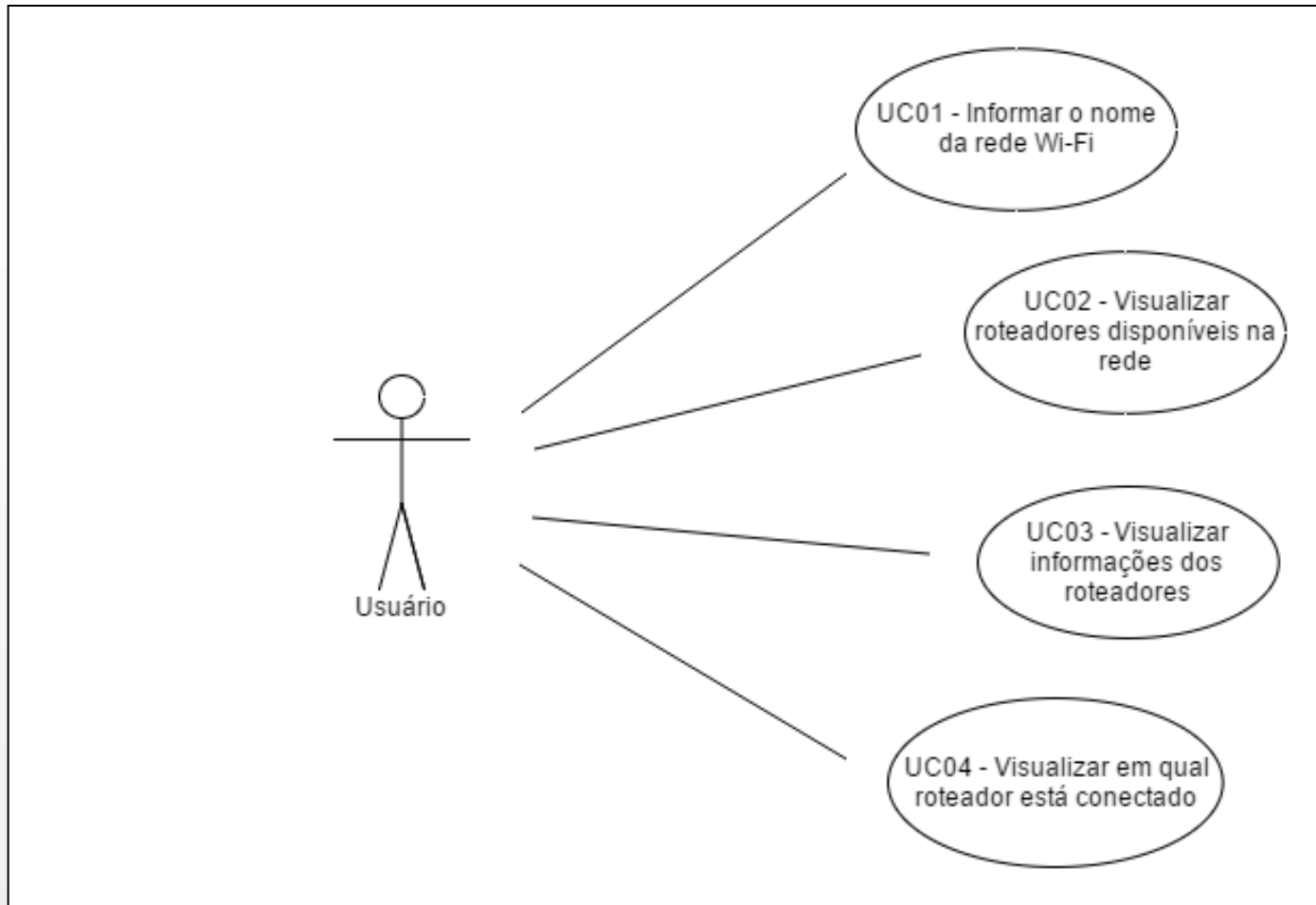
Especificação

Diagrama de topologia



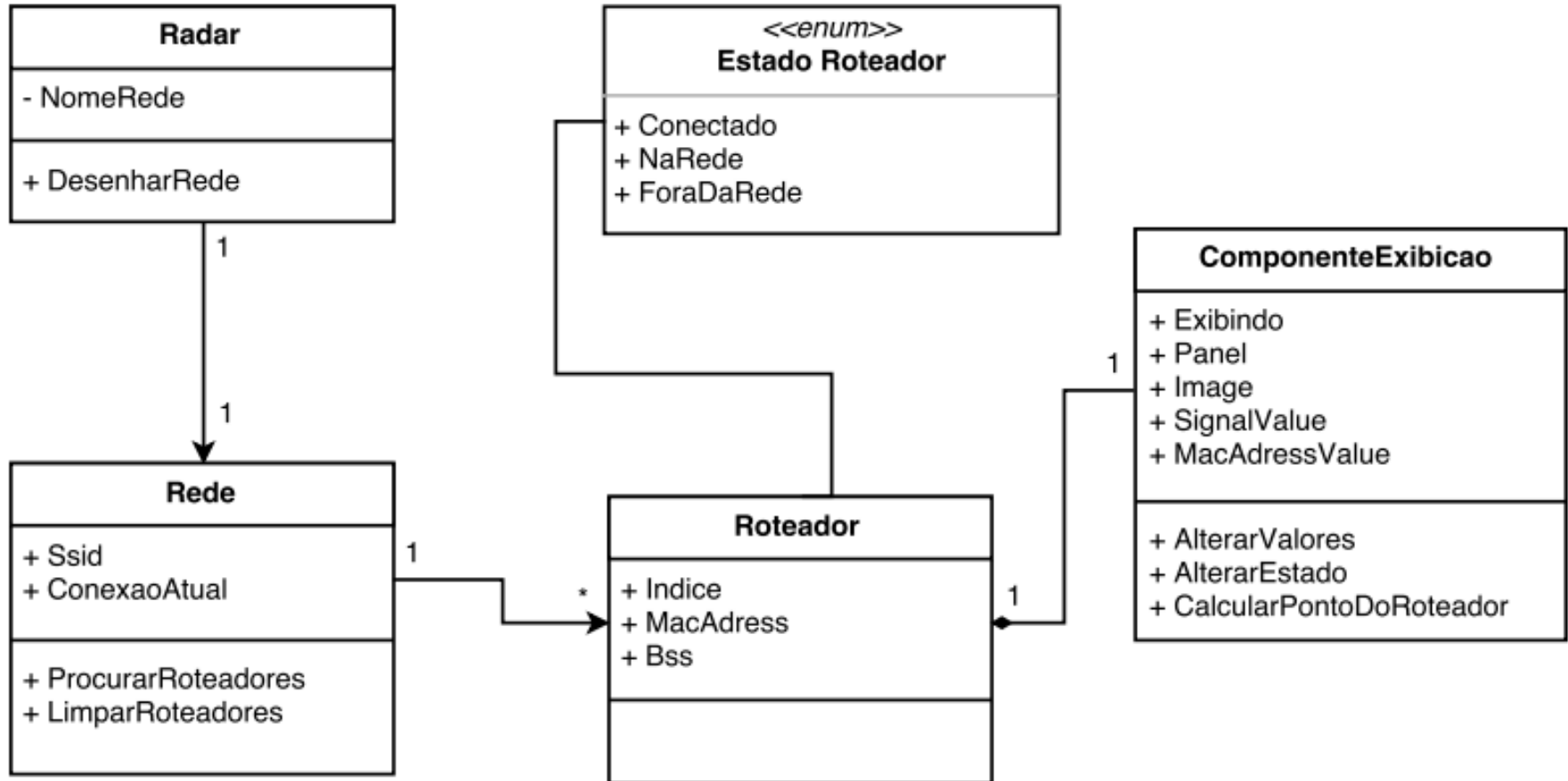
Especificação

Diagrama de casos de uso



Especificação

Diagrama de classes



Implementação – Compilação do OpenWrt

```
.config - OpenWrt Configuration

Target Profile
Use the arrow keys to navigate this window or press the
hotkey of the item you wish to select followed by the <SPACE
BAR>. Press <?> for additional information about this
^(-)
( ) TP-LINK TL-WR741N/ND
( ) TP-LINK TL-WR743N/ND
( ) TP-Link TL-WR810N
(X) TP-LINK TL-WR841N/ND
( ) TP-LINK TL-WR842N/ND
( ) TP-LINK TL-WR843N/ND
+ (+)

<Select> < Help >
```

- Execução do *toolchain*
- Selecionando o roteador

```
.config - OpenWrt Configuration
> Kernel modules > Network Support

Network Support
Arrow keys navigate the menu. <Enter> selects submenus ---> (or empty
submenus ----). Highlighted letters are hotkeys. Pressing <Y>
includes, <N> excludes, <M> modularizes features. Press <Esc><Esc> to
exit, <?> for Help, </> for Search. Legend: [*] built-in [ ]
^(-)
< > kmod-ax25.....
<*> kmod-batman-adv..... B.A.
[ ] enable verbose debug logging (NEW)
[*] enable bridge loop avoidance (NEW)
[*] enable distributed arp table (NEW)
[*] enable multicast transmission optimization (NEW)
[ ] enable network coding [requires promisc mode support] (NEW)
[ ] enable batman v routing algorithm (NEW)
< > kmod-bonding..... Ethernet bo
< > kmod-bridge..... Ethernet brid
+ (+)

<Select> < Exit > < Help > < Save > < Load >
```

- Selecionando o pacote B.A.T.M.A.N-adv
- Feita a compilação e gerado o arquivo
- Instalação feita nos 2 roteadores

Configuração do B.A.T.M.A.N-adv

- Nó Mesh 1 é conectado fisicamente ao modem
- Utilizando o UCI (sistema de configuração) e o vi (editor de texto), são feitas configurações nos seguintes arquivos:
 - `Network`: configuração de switch, vlans, interface e rotas
 - `Wireless`: define uso do(s) dispositivo(s) Wi-Fi do roteador
- Dentro do Nó Mesh, são configuradas as redes “Rede Mesh” e “Rede Cliente”

Configuração do Nó Mesh 1

Arquivo Network

```
config interface 'lan'
    option type bridge
    option ifname 'eth0 bat0'
    option proto static
    option ipaddr '192.168.99.25'
    option mask '255.255.255.0'

config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'
```

Arquivo Wireless

```
config wifi-iface
    option device    radio0
    option network  lan
    option mode      ap
    option ssid      RedeCliente
    option channel  1
    option encryption none

config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'
    option mode 'adhoc'
    option ssid 'RedeMesh'
    option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'
```

Configuração do Nó Mesh 2

Arquivo Network

```
config interface lan
    option type bridge
    option ifname eth0
    option proto static
    option ipaddr 192.168.1.1
    option mask 255.255.255.0

config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'

config interface mb
    option ifname bat0
    option type bridge
    option proto static
    option ipaddr 192.168.99.26
    option netmask 255.255.255.0
```

Arquivo Wireless

```
config wifi-iface
    option device radio0
    option network mb
    option mode ap
    option ssid RedeCliente
    option channel 6
    option encryption none

config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'
    option mode 'adhoc'
    option ssid 'RedeMesh'
    option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'
```

Implementação da Aplicação Busca dos Roteadores

Inicia com a busca dos bss's da rede:

```
67 public List<Wlan.WlanBssEntry> BuscarBssExato()  
68 {  
69     wlan.WlanBssEntry[] wlanBssEntries = ConexaoAtual.GetNetworkBssList();  
70  
71     return (from wlanBssEntry in wlanBssEntries  
72             where BuscarStringDoSsid(wlanBssEntry.dot11Ssid) == SSID  
73             select wlanBssEntry).ToList<Wlan.WlanBssEntry>();  
74 }
```

→ wlanClient.Interfaces[0];
(dispositivo wi-fi)

→ Nome da rede

Após isso, é feita uma iteração nessa lista e populada algumas informações dos roteadores encontrados:

```
38 public Roteador(int index, Wlan.WlanBssEntry bss)  
39 {  
40     Indice = index;  
41     this.bss = bss;  
42     ComponenteExibicao = new ComponenteExibicao(index, (int)bss.linkQuality, BuscarMacAdress(bss.dot11Bssid));  
43 }
```

- `Indice`: número de roteadores existentes
- `bss`: possui informações detalhadas do roteador/enlace

Além dessas informações, é preciso saber o estado do roteador...

Estado do Roteador

O roteador pode ter os seguintes estados:



- a) **CONECTADO**: é o roteador atual em que o usuário está conectado à rede;
- b) **NA REDE**: o roteador está na rede ao alcance do usuário;
- c) **FORA DA REDE**: o roteador já foi reconhecido anteriormente na rede, porém no momento está fora do alcance do usuário.

Definição do Estado

Para identificação do estado do roteador é feito um backup dos roteadores já dispostos no radar:

```
List<Roteador> roteadoresParaRemover = Roteadores.ToList<Roteador>();
```

No meio da iteração, os roteadores que ainda permanecem ativos na rede são removidos `roteadoresParaRemover.Remove(roteador);` e os novos são adicionados na lista de roteadores `Roteadores.Add(roteador);`. Então o estado é verificado:

```
VerificarSeEhRoteadorConectado(roteador.Bss.dot11Bssid) ? EstadoRoteador.CONECTADO : EstadoRoteador.NAREDE;
```

e os que ainda permanecem no backup:

```
roteadorParaRemover.Estado = EstadoRoteador.FORADAREDE;
```

Exibição dos Roteadores

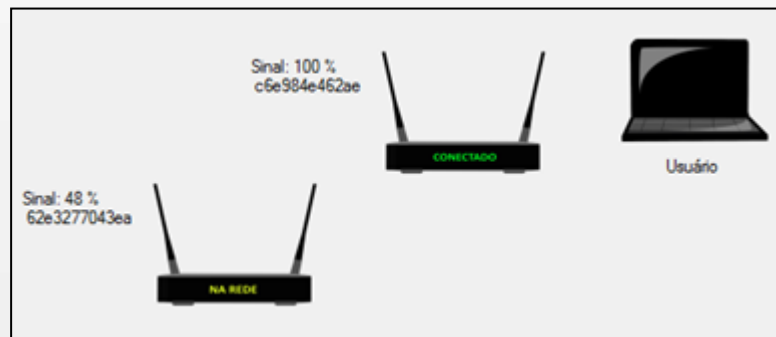
Foi utilizado um Form em uma aplicação Windows Form. A cada 0.5 segundos é realizada a busca dos roteadores da rede informada e são exibidos no radar.

```
timer.Tick += new EventHandler(ExecutarTimer);  
// 0.5 segundos  
timer.Interval = 500;
```

```
radar.VerificarRede();  
radar.DesenharRede();
```

O roteadores são dispostos um abaixo do outro com relação de distância em relação ao usuário referente a qualidade de sinal.

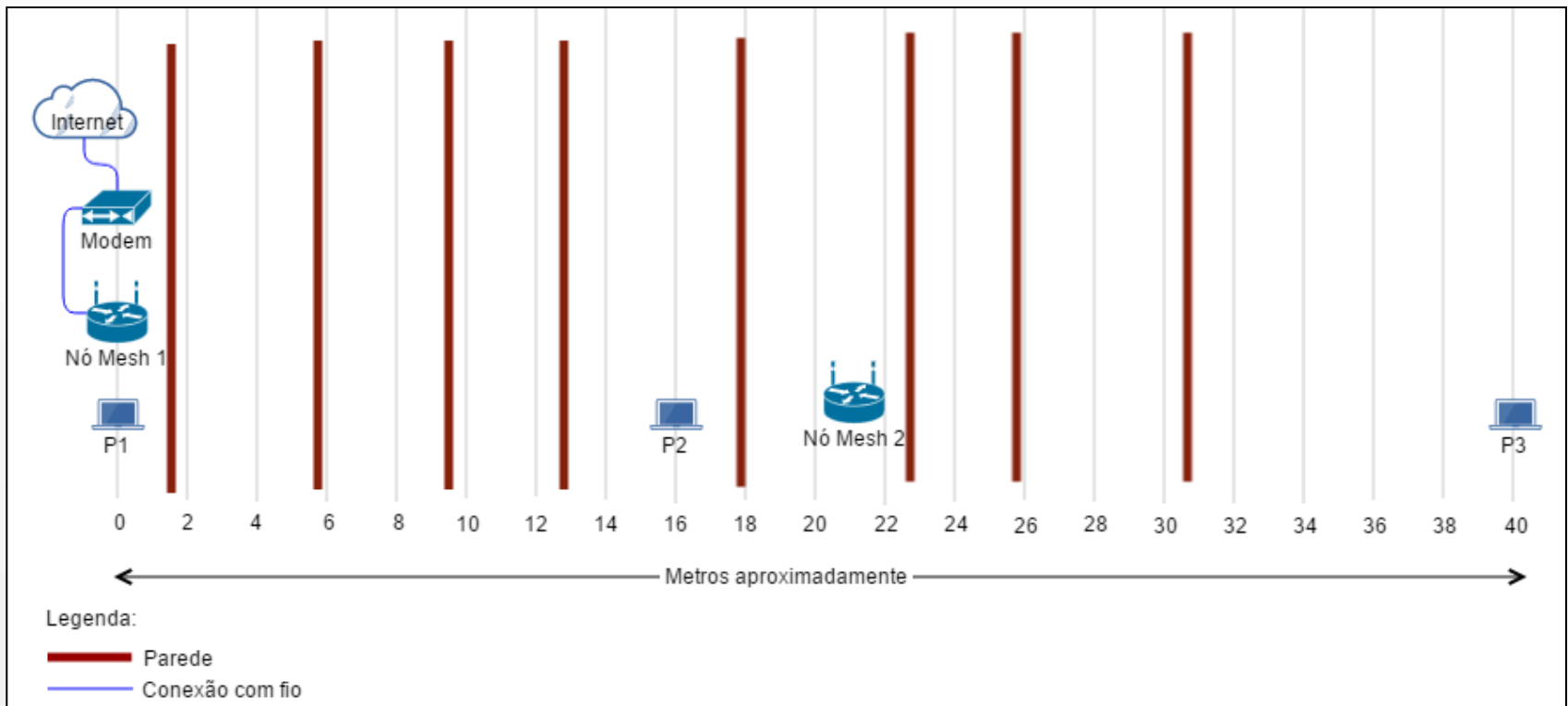
```
.Point(marginEsquerda + ((int)qualidadeSinal * 3), marginTopo + (indice * alturaPainel));
```



Operacionalidade por experimento

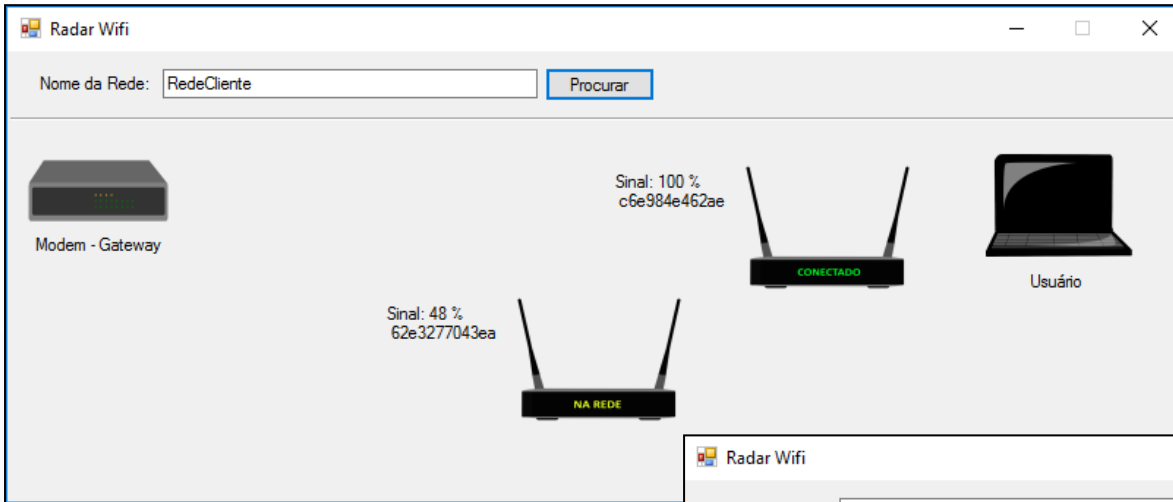
Foi feito um experimento para demonstrar a funcionalidade da rede mesh e do aplicativo radar Wi-Fi.

A topologia da rede montada é demonstrada a seguir:

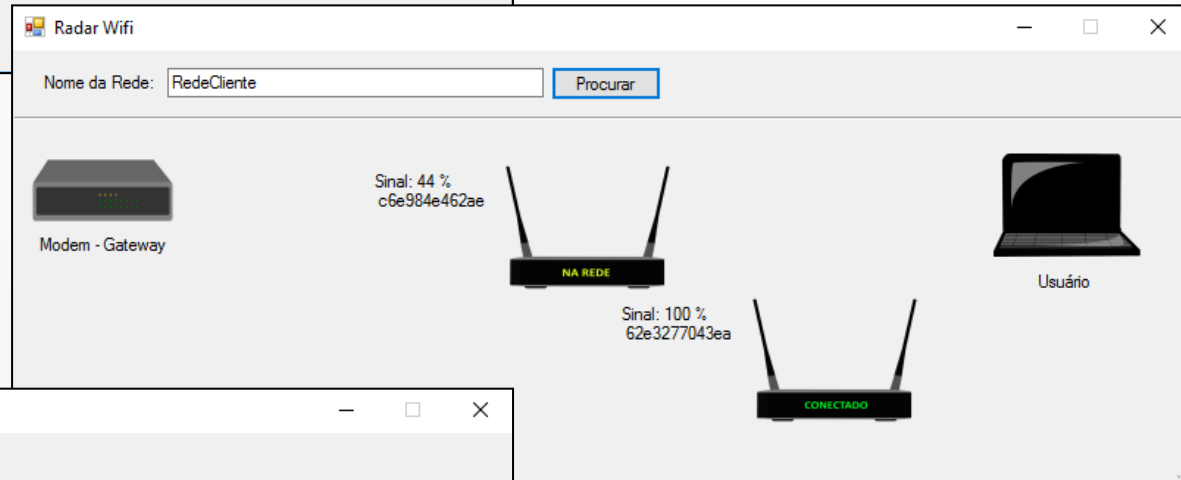


As posições P1, P2 e P3 são as percorridas pelo usuário

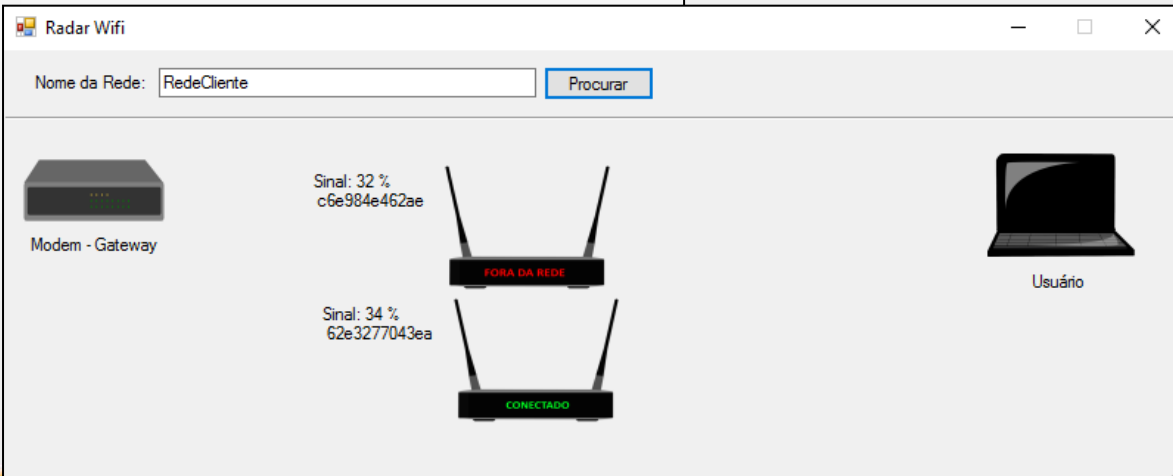
Leitura em P1



Leitura em P2



Leitura em P3



Resultados e Comparações

Os resultados obtidos, como visto no experimento feito, foram satisfatórios, pois a rede mesh e o aplicativo radar Wi-Fi funcionaram.

Comparação com o projeto ReMesh:

- Utiliza roteadores mais potentes (WRT54G e WRT55AG) que os utilizados no trabalho
- Utiliza o mesmo *firmware*, OpenWrt, porém utiliza os protocolos OLSR e AODV, enquanto neste trabalho utilizou-se o B.A.T.M.A.N
- Tem o objetivo de construir uma rede completa com otimização de banda, sistema de segurança e permissões bem definidos. Neste trabalho somente é construída a parte essencial da rede para funcionamento

Comparação com o trabalho de Gómez:

- Igualmente o projeto ReMesh, utiliza roteadores mais potentes (WRT54GL) que os utilizados no trabalho
- Utiliza 2 tipos de roteadores, um para formar o backbone da rede mesh e outro para servir como ponto de acesso aos clientes. No roteador backbone utiliza o *firmware* Freifunk com o protocolo OLSR. No roteador ponto de acesso é utilizado o *firmware* DD-WRT
- Tem o objetivo de construir uma rede com otimização de velocidade e fazer a medição de estatísticas relacionadas a essa característica da rede

Comparação com a ferramenta Xirrus:

- Oferece muitas ferramentas de análise e visualização de redes Wi-Fi, diagnóstico e correção de erros na rede. Enquanto este trabalho apenas monitora e exibe alterações nos roteadores de uma rede

Conclusões

- O principal objetivo do trabalho foi alcançado. Os roteadores serviram como nós “mesh” e como nós “access points” utilizando somente os recursos disponibilizados pelo OpenWrt
- O radar Wi-Fi funcionou como esperado. Porém a biblioteca NativeWifi não mapeia em tempo real as mudanças ocorridas na rede. Dessa forma há um atraso para refletir as mudanças do radar
- Os resultados obtidos e documentados são de grande valia aos usuários e técnicos da área de rede. Demonstra o essencial para montagem de uma rede mesh e criação de um aplicativo radar Wi-Fi

Sugestões de Melhorias

- Permitir rastrear a rota de um pacote através dos nós da rede mesh. Utilizar pacote *batctl*.
- Implementar sistema de segurança na rede mesh. OpenWrt permite tal configuração.
- Realizar testes de performance na rede mesh em um ambiente controlado. Configurações avançadas no protocolo B.A.T.M.A.N.
- Disponibilizar informações da rede em tempo real. Verificar outras opções de biblioteca ou até mesmo linguagens

Obrigado