

Lab 2 : Protocolos de Transporte – UDP/TCP

Rodrigo Seiji Piubeli Hirao (186837)

16 de dezembro de 2021

Conteúdo

1	Introdução	2
2	Metodologia	2
2.1	Primeiros passos	2
2.2	Acessando informações dos nós e o ambiente	2
2.3	Visualizando gráficos 2D e 3D	3
2.4	Wireshark: Análise de quadros IEEE 802.11	3
2.5	Modelos de Propagação	3
2.6	Relação Distância x Largura de Banda/RSS	3
2.7	Mobilidade	3
3	Resultados e Discussão	3
3.1	Primeiros passos	3
3.2	Acessando informações dos nós e o ambiente	4
3.3	Visualizando gráficos 2D e 3D	4
3.4	Wireshark: Análise de quadros IEEE 802.11	5
3.5	Modelos de Propagação	7
3.5.1	logDistance	7
3.5.2	logNormalShadowing	7
3.6	Relação Distância x Largura de Banda/RSS	8
3.7	Mobilidade	8
4	Conclusão	8

1 Introdução

Neste relatório foi emulado um sistema wireless usando o Mininet Wi-Fi, assim comparando seu comportamento com uma rede cabeada e analisando seu desempenho de acordo com seus diferentes modelos e posicionamentos geométricos.

2 Metodologia

2.1 Primeiros passos

Foi iniciado o mininet com a configuração de wifi

```
$ sudo mn --wifi
```

Assim criando a seguinte topologia

```
mininet-wifi> nodes
available nodes are:
ap1 c0 stal sta2
```

Então foi desligada a estação 1, como pode ser visto pelo ping

```
mininet-wifi> stal iw dev stal-wlan0 disconnect
mininet-wifi> stal iwconfig
stal-wlan0 IEEE 802.11 ESSID:off/any
            Mode:Managed Access Point: Not-Associated Tx-Power=20 dBm
            Retry short limit:7 RTS thr:off Fragment thr:off
            Encryption key:off
            Power Management:on

lo          no wireless extensions.

mininet-wifi> stal ping sta2
(...)
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
7 packets transmitted, 0 received, +6 errors, 100% packet loss, time 6149ms
pipe 4
```

E reconectado, para assim ser testado a conexão de stal e sta2.

```
mininet-wifi> stal iw dev stal-wlan0 connect my-ssid
mininet-wifi> stal iwconfig
stal-wlan0 IEEE 802.11 ESSID:"my-ssid"
            Mode:Managed Frequency:2.412 GHz Access Point: 02:00:00:00:02:00
            Bit Rate:5.5 Mb/s Tx-Power=14 dBm
            Retry short limit:7 RTS thr:off Fragment thr:off
            Encryption key:off
            Power Management:on
            Link Quality=70/70 Signal level=-36 dBm
            Rx invalid nwid:0 Rx invalid crypt:0 Rx invalid frag:0
            Tx excessive retries:0 Invalid misc:3 Missed beacon:0

lo          no wireless extensions.
```

2.2 Acessando informações dos nós e o ambiente

Foi então iniciado uma sessão no mininet para simular as posições das estações com

```
sudo mn --wifi --position --link=wmediumd
```

2.3 Visualizando gráficos 2D e 3D

Foram então gerados gráficos 2D e 3D das estações usando o comando no python

```
net.plotGraph(max_x=100, max_y=100, max_z=100)
```

2.4 Wireshark: Análise de quadros IEEE 802.11

Foi comparado o quadro de um ping entre 2 hosts por 802.3 com o ping entre 2 estações por 802.11, sendo que primeiramente foi preciso ser adicionado uma interface para monitorar uma estação para não ocorrer o pré-processamento dos dados pela interface do wireshark.

```
$ stal iw dev stal-wlan0 interface add stal-mon type monitor
$ stal ifconfig stal-mon up
```

2.5 Modelos de Propagação

Foi então executada um sistema com 1 access point e 3 estações posicionados como na figura 01 e executado com o modelo que já veio presente no script executado, o **logDistance**. Então foram testados outros modelos de propagação para ver como se comparavam.

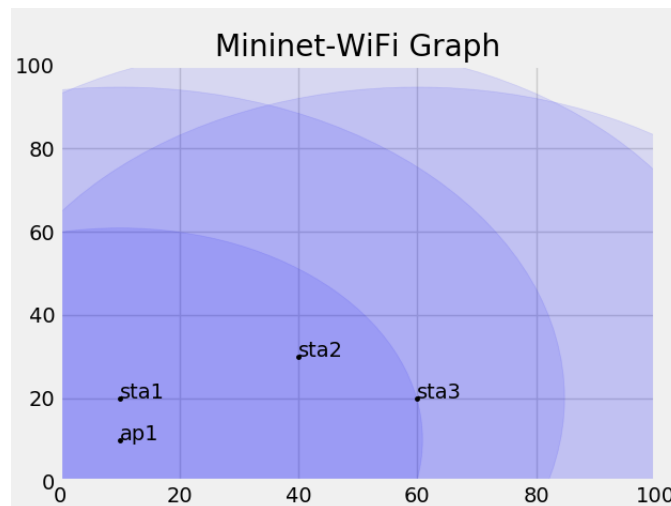


Figura 1: Posicionamento das estações para o teste de modelos de propagação

2.6 Relação Distância x Largura de Banda/RSS

Serão analisados diferentes desempenhos da rede de acordo com a distância entre 2 estações.

2.7 Mobilidade

Foi então emulada uma rede móvel que se movia entre um ap e outro.

3 Resultados e Discussão

3.1 Primeiros passos

Foi possível ver uma velocidade de download e upload próximos de 20Mbps/s e 0% de perdas de pacote. Isso provavelmente se deve ao fato do ambiente emulado não ter distâncias simuladas.

```
mininet-wifi> stal ping sta2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
(...)
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
15 packets transmitted, 15 received, 0% packet loss, time 14341ms
```

```

rtt min/avg/max/mdev = 0.097/0.606/6.428/1.559 ms
mininet-wifi> iperf stal sta2
*** Iperf: testing TCP bandwidth between stal and sta2
*** Results: ['19.8 Mbits/sec', '22.6 Mbits/sec']

```

3.2 Acessando informações dos nós e o ambiente

Foram obtidas as seguintes informações da topologia com posições simuladas:

```

mininet-wifi> py stal.params
{
    'ip': '10.0.0.1/8',
    'ip6': '2001:0:0:0:0:0:0:1/64',
    'channel': 1,
    'freq': 2.4,
    'band': 20,
    'mode': 'g',
    'isStation': True,
    'wlan': ['stal-wlan0']
}
mininet-wifi> py stal.ports
<managed stal-wlan0>: 0, <WirelessLink stal-wlan0>: 0
mininet-wifi> py stal.wintfs
0: <managed stal-wlan0>
mininet-wifi> py stal.position
[1.0, 0.0, 0.0]
mininet-wifi> py sta2.position
[3.0, 0.0, 0.0]
mininet-wifi> distance stal sta2
The distance between stal and sta2 is 2.0 meters
mininet-wifi> py stal.setPosition('10,20,0')
mininet-wifi> distance stal sta2
The distance between stal and sta2 is 21.19 meters

```

Que significam:

- **ip:** ipv4 atual atribuído à interface
- **ip6:** ipv6 atual atribuído à interface
- **channel:** canal de frequência em que está operando
- **freq:** frequência principal de operação
- **band:** largura da banda de operação
- **mode:** indica o protocolo usado (no caso 802.11g)
- **isStation:** indica se é uma estação
- **wlan:** interfaces wlan

E suas respectivas posições.

3.3 Visualizando gráficos 2D e 3D

Como pode ser visto na figura 02, foi possível simular as estações e visualizá-las em 2D, porém a renderização 3D não se comportou como o esperado, não mostrando os raios de operação e apenas mostrando a estação 1.

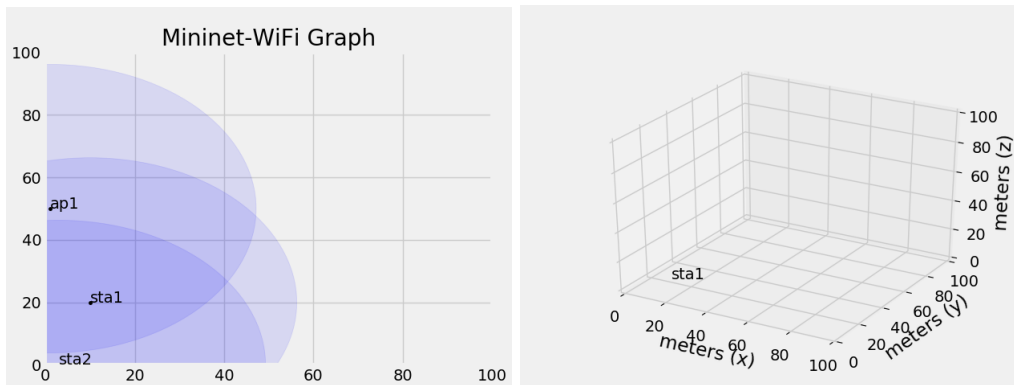


Figura 2: Gráficos 2D e 3D gerados da topologia

3.4 Wireshark: Análise de quadros IEEE 802.11

Foi então obtida o seguinte quadro para o envio do ping por cabo

```
Frame 3: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface h1-eth0, i
Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:01 (00:00:00:00:00:01), Dst: 00:00:00_00:00:02 (00:00:00:
  Destination: 00:00:00_00:00:02 (00:00:00:00:00:02)
  Source: 00:00:00_00:00:01 (00:00:00:00:00:01)
  Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
Internet Control Message Protocol
```

E o seguinte quadro para o ping por wireless

```
Frame 74: 142 bytes on wire (1136 bits), 142 bytes captured (1136 bits)
on interface stal-mon, id 0
Radiotap Header v0, Length 26
  Header revision: 0
  Header pad: 0
  Header length: 26
  Present flags
  MAC timestamp: 1632951047857374
  Flags: 0x00
  Data Rate: 54.0 Mb/s
  Channel frequency: 2412 [BG 1]
  Channel flags: 0x00c0,
    Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM), 2 GHz spectrum
  Antenna signal: -36dBm
  Antenna: 0
  RX flags: 0x0000
802.11 radio information
  PHY type: 802.11g (ERP) (6)
  Short preamble: False
  Proprietary mode: None (0)
  Data rate: 54.0 Mb/s
  Channel: 1
  Frequency: 2412MHz
  Signal strength (dBm): -36dBm
  TSF timestamp: 1632951047857374
  [Duration: 40µs]
IEEE 802.11 Data, Flags: .....F.
  Type/Subtype: Data (0x0020)
  Frame Control Field: 0x0802
  .000 0000 0000 0000 = Duration: 0 microseconds
```

```

Receiver address: 02:00:00:00:01:00 (02:00:00:00:01:00)
Transmitter address: 02:00:00:00:02:00 (02:00:00:00:02:00)
Destination address: 02:00:00:00:01:00 (02:00:00:00:01:00)
Source address: 02:00:00:00:00:00 (02:00:00:00:00:00)
BSS Id: 02:00:00:00:02:00 (02:00:00:00:02:00)
STA address: 02:00:00:00:01:00 (02:00:00:00:01:00)
.... .... 0000 = Fragment number: 0
0000 0011 1001 .... = Sequence number: 57

```

Logical-Link Control

```

DSAP: SNAP (0xaa)
SSAP: SNAP (0xaa)
Control field: U, func=UI (0x03)
Organization Code: 00:00:00 (Officially Xerox, but
Type: IPv4 (0x0800)

```

Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
Internet Control Message Protocol

E não apenas esse quadro, pois foi enviado um segundo quadro para o ping

Frame 75: 129 bytes on wire (1032 bits), 129 bytes captured (1032 bits)
on interface stal-mon, id 0

Radiotap Header v0, Length 13

```

Header revision: 0
Header pad: 0
Header length: 13
Present flags
Data Rate: 12.0 Mb/s

```

802.11 radio information

```

Data rate: 12.0 Mb/s
[Duration: 100µs]

```

IEEE 802.11 Data, Flags:T

```

Type/Subtype: Data (0x0020)
Frame Control Field: 0x0801
.000 0000 0011 0100 = Duration: 52 microseconds
Receiver address: 02:00:00:00:02:00 (02:00:00:00:02:00)
Transmitter address: 02:00:00:00:00:00 (02:00:00:00:00:00)
Destination address: 02:00:00:00:01:00 (02:00:00:00:01:00)
Source address: 02:00:00:00:00:00 (02:00:00:00:00:00)
BSS Id: 02:00:00:00:02:00 (02:00:00:00:02:00)
STA address: 02:00:00:00:00:00 (02:00:00:00:00:00)
.... .... 0000 = Fragment number: 0
0000 0010 0101 .... = Sequence number: 37

```

Logical-Link Control

```

DSAP: SNAP (0xaa)
SSAP: SNAP (0xaa)
Control field: U, func=UI (0x03)
Organization Code: 00:00:00 (Officially Xerox, but
Type: IPv4 (0x0800)

```

Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
Internet Control Message Protocol

Pode ser visto que há muito mais informações no 802.11, este tendo 4 subcamadas de cabeçalho a mais

- **Radiotap Header** - contendo as informações físicas do quadro, como frequência, sinal, etc
- **802.11 radio information** - contendo informações do protocolo 802.11
- **IEEE 802.11 Data** - contendo os endereço MAC, sendo que é preciso ter mais endereços que o 802.3
 - **Receiver address** - mac do próximo sistema a receber o pacote (como não há nesse caso é o mesmo que o SA)

- **Transmitter address** - mac do sistema que está diretamente transmitindo o quadro
- **Destination address** - destino
- **Source address** - emissor
- **BSS Id** - endereço do grupo reunido pelo AP
- **STA address** - endereço dessa estação

- **Logical-Link Control** - funcionando como uma camada entre a MAC e a camada de rede

3.5 Modelos de Propagação

3.5.1 logDistance

Neste modelo de propagação de acordo com o log da distância foi notado o seguinte comportamento, que mostrou que o sta3 sequer conseguiu conectar nas outras estações, evidentemente pois não estava no alcance do access point devido à perda devido à propagação.

- **sta1 - sta2** - ['5.40 Mbits/sec', '5.92 Mbits/sec']
- **sta1 - sta3** - sem conexão
- **sta2 - sta3** - sem conexão

Sendo que neste modelo sta1 teve a seguinte relação com o access point: **Link Quality=48/70, Signal level=-62 dBm**

3.5.2 logNormalShadowing

Neste modelo de propagação de acordo com o log e a normal da distância foi notado um comportamento muito melhor, pois sta3 estava conectado ao access point.

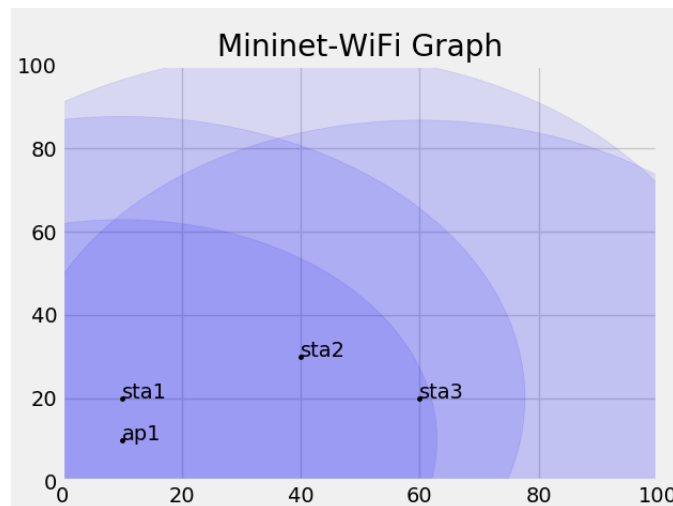


Figura 3: Estações e propagação de acordo com o modelo logNormalShadowing

- **sta1 - sta2** - ['5.86 Mbits/sec', '6.41 Mbits/sec']
- **sta1 - sta3** - ['3.47 Mbits/sec', '3.78 Mbits/sec']
- **sta2 - sta3** - ['3.26 Mbits/sec', '3.71 Mbits/sec']

Sendo que neste modelo sta1 teve a seguinte relação com o access point: **Link Quality=49/70, Signal level=-61 dBm**, o que é uma pequena melhora em relação ao modelo anteriormente usado.

3.6 Relação Distância x Largura de Banda/RSS

Pode ser visto na figura 4 um decaimento quase que linear do sinal, porém exponencial (negativo) da banda. E que a uma certa distância o sinal caiu abaixo de -90dB então foi possível fazer uma conexão.



Figura 4: Função do sinal e banda em relação à distância

3.7 Mobilidade

O ping resultante do movimento foi o seguinte, que possuiu uma queda na conexão no momento que a sta2 conectou em outro ap, ficando então num ap diferente de sta1.

```
mininet-wifi> stal ping sta2
PING 10.0.0.3 (10.0.0.3) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=1 ttl=64 time=1035 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=2 ttl=64 time=8.37 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=3 ttl=64 time=2.84 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=4 ttl=64 time=2.43 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=5 ttl=64 time=4.85 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=6 ttl=64 time=2.47 ms
Pacotes perdidos
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=7 ttl=64 time=2.48 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=8 ttl=64 time=2.93 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=9 ttl=64 time=2.51 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=10 ttl=64 time=2.81 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=11 ttl=64 time=2.67 ms
64 bytes from 10.0.0.3: icmp_seq=12 ttl=64 time=2.92 ms
```

4 Conclusão

A partir dos experimentos foi possível ver que o 802.11 (wireless) é um protocolo muito mais complicado que o 802.3 (ethernet), possuindo muitas subcamadas a mais e endereços MAC para poder se comunicar.

Também foi possível ver a sensibilidade do sinal à distância e como o modelo de propagação muda o comportamento, assim cabendo ao desenvolvedor escolher o melhor modelo para emular com mais fidelidade o sistema previsto.