

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

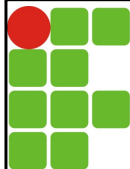


Infraestrutura de Redes de Computadores

Turma : TMS – 20171.3.01112.1M

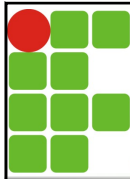
Camada de Enlace – Parte II

Prof. Thiago Dutra <thiago.dutra@ifrn.edu.br>



Agenda – Camada de Enlace

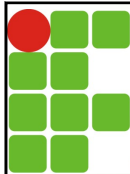
- Introdução
- Protocolos de Acesso Múltiplo
- Endereçamento
- Padrão Ethernet
- Padrão Wi-Fi



Agenda – Parte II

- Endereçamento
 - Endereço MAC
 - Protocolo ARP
- Padrão Ethernet
 - Topologia
 - Quadro Ethernet
 - Padrões Ethernet
- Padrão Wi-Fi
 - Introdução, Histórico e Padrões
 - 2,4 GHz x 5 GHz
 - Modos de Operação, Canais e Associação
 - CSMA/CA, Quadro Wi-Fi e Segurança

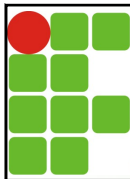
3



Endereço MAC

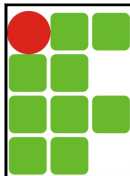
- **Todos os nós da rede possuem um identificador (endereço) de camada de enlace**
 - O endereço de camada de enlace é também chamado de endereço de LAN, endereço físico, endereço de hardware, etc., mas é popularmente conhecido como **endereço MAC** (Media Access Control – Controle de acesso ao meio)
- **Na verdade não é o nó, mas sim os adaptadores (placas de rede) que possuem o endereço**
 - Um nó com vários adaptadores (ex.: ethernet e wi-fi) possui um identificador correspondente para cada um
- **A função do endereço MAC é levar quadros de uma interface para outra fisicamente conectada na mesma rede**

4

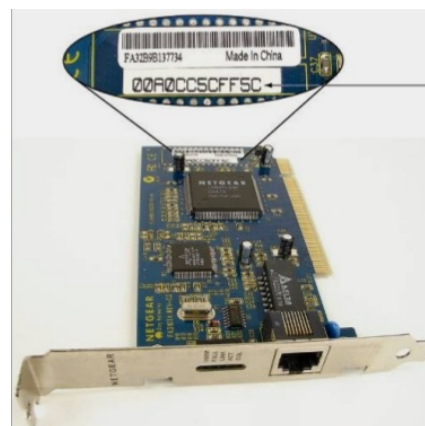


Endereço MAC

- O endereço MAC é um **identificador único no mundo**
 - Não deveriam existir placas de rede com MACs iguais
 - O endereço é **fisicamente gravado na ROM da placa**
 - É comum esse endereço poder ser alterado via software
 - Possui 48 bits, sendo representado por 6 octetos (bytes) de 2 caracteres hexadecimais cada
 - Ex.: **AB:34:C1:D4:A1:F3** ou AB-34-C1-D4-A1-F3
 - Os 3 primeiros octetos representam o fabricante
 - OUI (Organizationally Unique Identifier), controlados pelo IEEE
 - Os 3 últimos identificam o adaptador
 - Definidos pelo fabricante (24 bits -> Mais de 16 milhões de MACs)

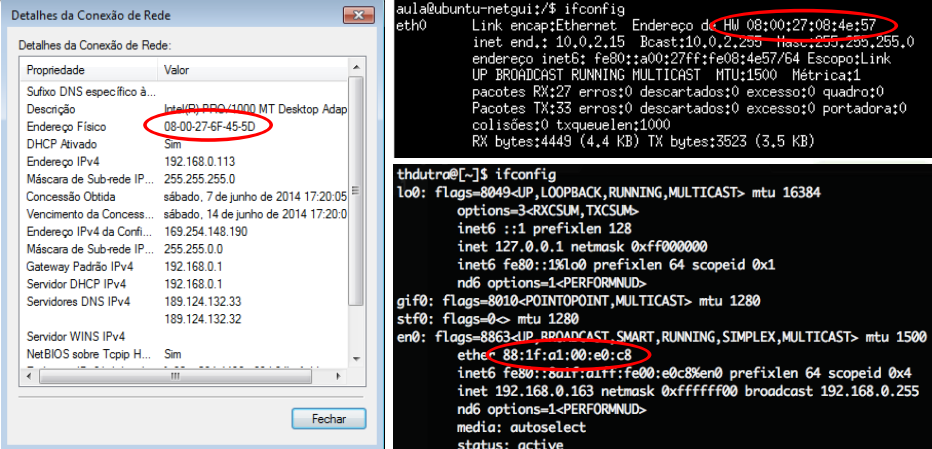


Endereço MAC



6

Endereço MAC



The image shows two screenshots. The left one is a Windows 'Detalhes da Conexão de Rede' window for 'Intel(R) PRO/1000 MT Desktop Adap'. The 'Endereço Físico' field is circled in red and contains '08:00:27:6F:45:5D'. The right screenshot shows terminal output from 'ifconfig' on a Linux system. The MAC address for the 'eth0' interface is circled in red and is 'HW 08:00:27:08:4e:57'. The MAC address for the 'en0' interface is also circled in red and is '88:1f:a1:00:e0:c8'.

```
aula@ubuntu-netgui:/$ ifconfig
eth0: Link encap:Ethernet Endereço HW 08:00:27:08:4e:57
      inet end.: 10.0.2.15 Bcast:10.0.2.255 Masc:255.255.255.0
      endereço inet6: fe80::a00:27ff:fe08:4e57/64 Escopo:Link
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Métrica:1
      pacotes RX:27 erros:0 descartados:0 excesso:0 quadro:0
      Pacotes TX:33 erros:0 descartados:0 excesso:0 portadora:0
      colisões:0 txqueuelen:1000
      RX bytes:4449 (4.4 KB) TX bytes:3523 (3.5 KB)

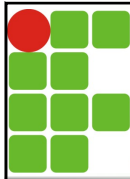
thdutra@[-]$ ifconfig
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> mtu 16384
      options=3<RXCSUM, TXCSUM>
      inet6 ::1 prefixlen 128
      inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
      inet6 fe80::1%lo0 prefixlen 64 scopeid 0x1
      nd6 options=1<PERFORMNUD>
gif0: flags=8010<POINTOPOINT,MULTICAST> mtu 1280
stf0: flags=0<> mtu 1280
en0: flags=8863<UP,BROADCAST,SMART,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
      ether 88:1f:a1:00:e0:c8
      inet6 fe80::8a1f:a1ff:fe00:e0c8%en0 prefixlen 64 scopeid 0x4
      inet 192.168.0.163 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.0.255
      nd6 options=1<PERFORMNUD>
      media: autoselect
      status: active
```

7

Endereço MAC

- Ao contrário do endereço de rede (endereço IP), que apresenta estrutura hierárquica, o endereço MAC apresenta uma estrutura linear
 - A placa de rede possui sempre o mesmo endereço MAC, independente da rede que esteja -> portabilidade
 - Já o endereço IP da placa de rede sempre depende da sub-rede a qual estiver conectada
 - Analogia
 - MAC = CPF
 - IP = CEP

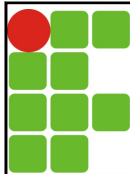
8



Endereço MAC

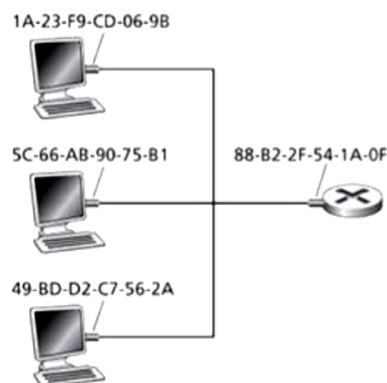
- Quando um adaptador quer enviar um quadro, ele coloca o MAC do adaptador de destino na estrutura do quadro e envia para o meio físico
 - Numa LAN broadcast, todos os adaptadores irão receber o quadro
 - Cada adaptador verifica se o MAC de destino do quadro é igual ao seu MAC
 - Se são iguais -> extrai o datagrama e sobe na pilha
 - Se são diferentes -> datagrama descartado
 - Se o remetente quer que todos processem o datagrama?
 - Endereço de broadcast MAC -> FF:FF:FF:FF:FF:FF

9

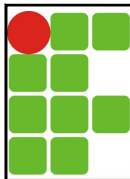


Protocolo ARP

- Pergunta: como um adaptador sabe o MAC do adaptador destino com o qual quer se comunicar?

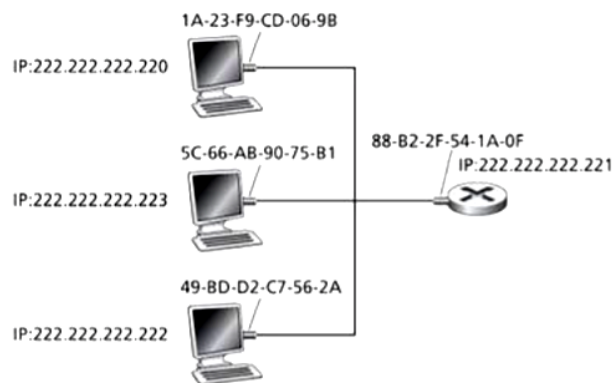


10

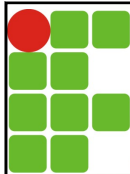


Protocolo ARP

- Antes, temos que saber que cada adaptador, além do MAC, também possui um endereço de rede (IP)



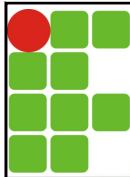
11



Protocolo ARP

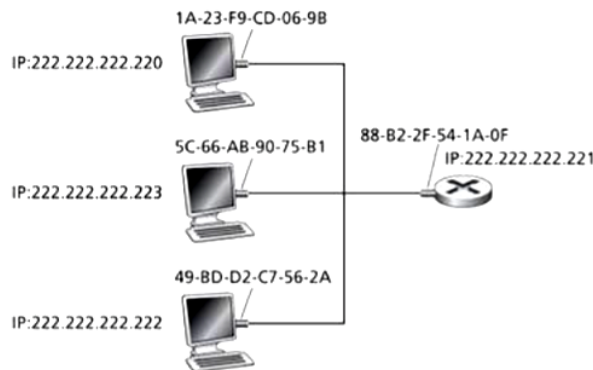
- A troca de informações nas redes TCP/IP são baseadas nos endereços IP
 - Ainda vamos aprender mais sobre isso!
- Nova pergunta: como saber o endereço MAC de um nó sabendo o seu endereço IP?
 - Resposta: ARP (Address Resolution Protocol) – Protocolo de resolução de endereços
 - Função: dado um IP descobrir o endereço MAC correspondente na mesma rede

12

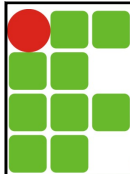


Protocolo ARP

- Cenário 01 : nó com IP 222.222.222.220 quer se comunicar com nó que possui o IP 222.222.222.222
 - Mesma rede



13



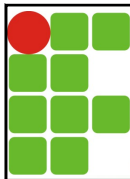
Protocolo ARP

- Funcionamento
 - Cada nó possui na sua RAM uma **tabela ARP**, a qual faz o mapeamento IP<->MAC de alguns nós da LAN

Endereço IP	Endereço MAC	TTL
222.222.222.221	88:B2:2F:54:1A:0F	13:45:22
222.222.222.223	5C:66:AB:90:75:B1	13:52:00

- TTL (Time To Live) = tempo após o qual o mapeamento de endereço será esquecido, em geral é de 20min
 - Se o IP esta na tabela ARP, quadro com endereço MAC de destino é criado
 - Não estando, é necessário realizar uma **consulta ARP**

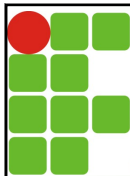
14



Protocolo ARP

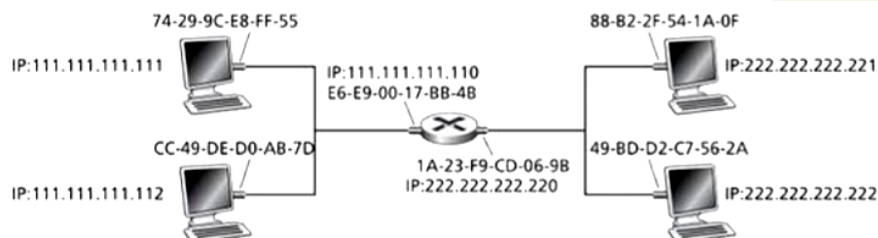
- **Consulta ARP**
 - Pacote ARP, contendo o IP de destino (222.222.222.222), é enviado em quadro MAC broadcast (FF:FF:FF:FF:FF:FF)
 - Todos os nós processam o pacote ARP e aquele que tiver o mesmo IP de destino do pacote, responde com um pacote ARP em quadro MAC unicast (1A:23:F9:CD:06:9B)
 - Nó 222.222.222.220 atualiza sua tabela ARP com o mapeamento 222.222.222.222 <-> 49:8D:D2:C7:56:2A e agora pode enviar quadro com MAC de destino correto
- O protocolo ARP é "plug-and-play"
 - Os nós criam suas tabelas ARP sem intervenções

15

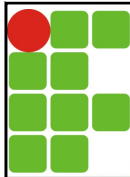


Protocolo ARP

- **Cenário 02 : nó com IP 111.111.111.111 (A) quer se comunicar com o nó de IP 222.222.222.222 (B)**
 - **Redes diferentes!**



16



Protocolo ARP

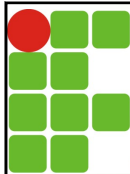
■ Questionamentos

- A consegue saber o MAC de destino de B?
- E se souber, um quadro com esse MAC de destino será processado?

■ Observações

- Devemos saber que o pacote precisa ser roteado para chegar a uma rede diferente
- Esse roteador, possui interfaces com endereços IP de cada uma das redes de que faz parte

17

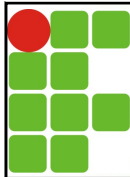


Protocolo ARP

■ Como se dá então essa comunicação?

- A cria datagrama com IP de origem **A** e de destino **B**
- A usa ARP para obter MAC do roteador (**R**)
- A cria quadro com MAC de **R** como destino
 - Esse quadro encapsula o datagrama IP A-para-B
- NIC de **A** envia quadro; NIC de **R** recebe quadro
- **R** extrai datagrama IP do quadro e vê que **B** é o destino
- **R** usa ARP para obter MAC de **B**
- **R** cria quadro com MAC de **B** como destino
 - Esse quadro encapsula o datagrama IP A-para-B
- NIC de **R** envia quadro; NIC de **B** recebe quadro

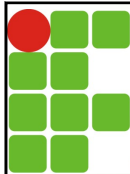
18



Padrão Ethernet

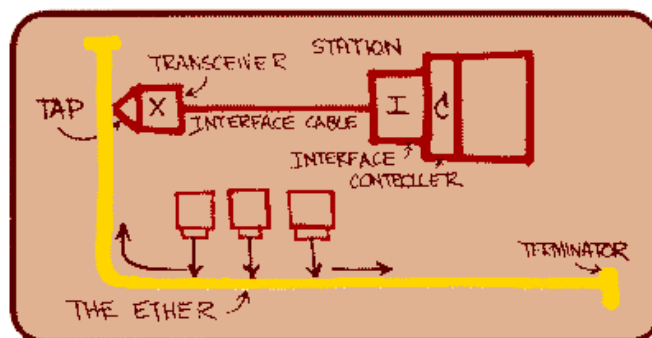
- Padrão IEEE 802.3
- Tecnologia de LAN mais utilizada atualmente
 - Primeira tecnologia de LAN utilizada em larga escala
 - Mais barata e mais simples que outras tecnologias
 - Ex.: Token Ring, FDM e ATM
 - Barata -> NICs a partir de R\$ 25,00
 - Acompanhou a "corrida pela velocidade"
 - 10 Mbps -> 100 Mbps -> 1 Gbps -> 10 Gbps

19

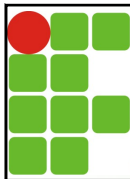


Padrão Ethernet

- Projeto original da Ethernet de Metcalfe



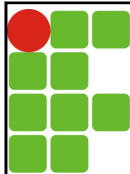
20



Topologia

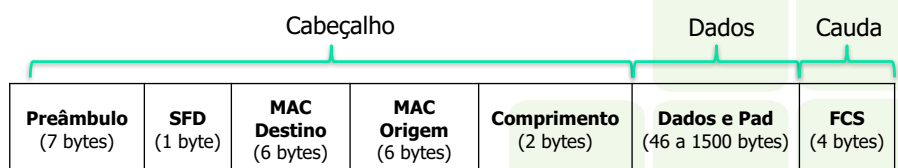
- A LANs utilizavam popularmente **Ethernet com a topologia em barramento, com cabo coaxial, até meados dos anos 90**
 - Todos os nós compartilhando o mesmo cabo -> **colisões**
- **No fim da década de 90**, grande parte das LANs já tinham migrado para a **Ethernet com topologia em estrela com a utilização de Hubs**
 - O problema das **colisões** ainda continuavam
- No começo dos **anos 2000** a LANs Ethernet passam por mais **uma grande mudança revolucionária**
 - Continuam com a **topologia estrela**, mas agora utilizam **comutadores (switches)** no lugar dos hubs
 - Resolve-se então o problema das **colisões!**

21

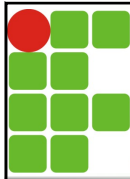


Quadro Ethernet

- O nó na camada de enlace encapsula o datagrama em um **quadro Ethernet**
- O quadro Ethernet é formado por :
 - **Um cabeçalho** de 22 bytes
 - **Área de dados** = de 46 à 1500 bytes
 - **Uma cauda (trailer)** de 4 bytes



22



Quadro Ethernet

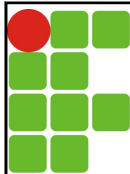
■ Dados e Pad

- São os dados enviados pela camada superior
- Caso os dados sejam < 46 bytes um conjunto de dados chamado *pad* é inserido para que a área de dados fique ao menos com 46 bytes

■ FCS (Frame Check Sequence)

- Sequência para Checagem do Frame
- Informações para o controle de correção de erros
 - Ex.: CRC

25



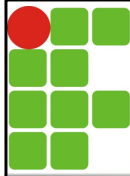
Padrões Ethernet

- Existem diversos padrões Ethernet que **em geral diferem em relação a velocidade e ao meio físico**
 - O protocolo MAC e o formato do quadro são comuns
- Sua nomenclatura segue o formato:

[Taxa]Base[Cabo]

- Taxa de Transmissão : em Mbps
- Tipo de Transmissão : na Ethernet é baseband (banda base) -> Base
- Tipo do Cabo : Coaxial (2 e 5), Par Trançado sem blindagem (T), Fibra Óptica (FL, FX, SX e LX)

26

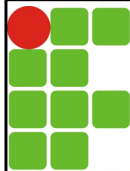


Padrões Ethernet – Exemplos

Padrão	Taxa	Cabo	Comp. Máx.
10Base2	10 Mbps	Coaxial fino	185 m
10Base5	10 Mbps	Coaxial grosso	500 m
10BaseT	10 Mbps	UTP	100 m
10BaseFL	10 Mbps	Fibra óptica	2 Km
100BaseT ⁽¹⁾	100 Mbps	UTP	100 m
100BaseFX	100 Mbps	Fibra óptica	412m / 2Km / 20Km
1000BaseT ⁽²⁾	1 Gbps	UTP	100 m
1000BaseSX	1 Gbps	Fibra óptica	220 m
1000BaseLX	1 Gbps	Fibra óptica	550 m / 5 Km

- (1) Fast Ethernet
(2) Gigabit Ethernet

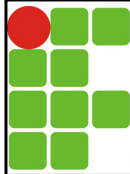
27



Padrão Wi-Fi – Introdução

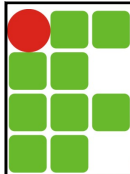
- Tecnologias envolvidas nas transmissões de informações sem a necessidade de ligações físicas **já estão dominadas há muito tempo e encontram-se bastante sedimentadas**
- Redes Wireless (sem fio)
 - Porque então não utilizar estes conhecimentos na **implantação de redes de computadores onde não se deseja, ou onde não é fácil, a existência de ligações físicas entre os equipamentos?**

28



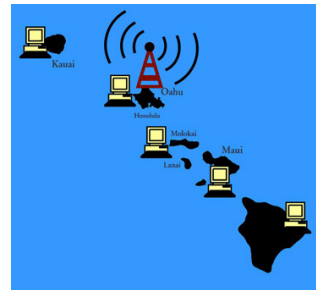
Padrão Wi-Fi – Introdução

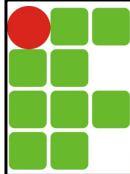
- Cenários propícios as redes wireless
 - Locais impróprios para instalação da infraestrutura de cabeamento estruturado (construções antigas, prédios tombados, locais de difícil acesso, ...)
 - Áreas de desastre (desabamentos, terremotos, ...)
 - Áreas de eventos (exposições, feiras, congressos, ...)
 - Locais com grande mobilidade das estações (shoppings, rodovias, ...)



Padrão Wi-Fi – Histórico

- Em **1970** na University of Hawaii foi criado o projeto de pesquisa AlohaNet
 - A AlohaNet permitia a **comunicação dos computadores situados em 7 campus divididos em 4 ilhas com um computador central através de uma rede sem fio, usando radio difusão**
 - Comunicação bidirecional através de uma topologia em estrela
 - Projeto de grande importância para as redes atuais, sua continuação deu origem às redes ethernet (cabeadas)

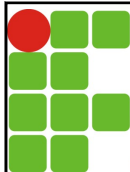




Padrão Wi-Fi – Histórico

- Em **1980** “ganha força” um projeto de pesquisa entre os EUA e o Canadá, que:
 - Visa o desenvolvimento e experimentos de novas tecnologias de redes sem fio;
 - Cria um FORUM para o desenvolvimento das Wireless LANs

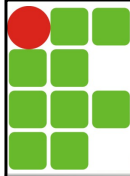
31



Padrão Wi-Fi – Histórico

- No ano de **1985** a FCC (Federal Communications Commission) impulsionou o desenvolvimento comercial de componentes para redes sem fio, pela autorização do uso público das bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical)
 - Fabricantes e usuários **não terão que pagar concessões**
 - No entanto a **banda é bastante “poluída”**
- Após a liberação das bandas ISM surgem diversos fabricantes de equipamentos wireless, porém todos desenvolvendo produtos com tecnologia proprietária

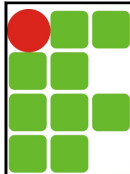
32



Padrão Wi-Fi – Histórico

- Para evitar a falta de interoperabilidade entre as novas tecnologias que estavam surgindo, O IEEE percebeu a necessidade da criação de padrões para o desenvolvimento das redes sem fio
- Os seguintes Working Groups do IEEE são dedicados a padronização redes sem fio:
 - Working Group 11: Responsável pelo padrão 802.11, para redes sem fio locais
 - Working Group 15: Responsável pelo padrão 802.15, para redes de área pessoal
 - Working Group 16: Responsável pelo padrão 802.16, para redes metropolitanas

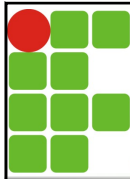
33



Padrão Wi-Fi – Histórico

- Em 1990 o IEEE formou o workgroup 802.11
 - Objetivo: “Desenvolver um padrão para redes sem fio corporativas de alto desempenho”
 - O padrão deveria se utilizar do “conhecimento prévio” existente sobre a transmissão de dados no ar
 - Utilizar faixas de frequência “conhecidas” (como rádio ou infravermelho)
 - Utilizar mecanismos de codificação no ar conhecidos (FHSS, DHSS)

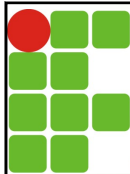
34



Padrão Wi-Fi – Histórico

- Apesar da “reutilização tecnológica”, a primeira versão do padrão 802.11 foi publicada apenas em 1997 (sete anos após o início dos trabalhos)
 - Faixa de 900 MHz (ISM) e velocidade de 1 e 2 Mbps
- Desde 1999 vem sendo publicadas varias adições e revisões do padrão inicial
 - 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac, 802.11ad
 - Basicamente alteram dois aspectos do padrão inicial
 - Velocidade: 1, 2, 11, 54, 150, 300, 1000 Mbps, 6.75 Gbps
 - Faixa de frequência: 900MHz, 2.4GHz, 5GHz, 60GHz

35

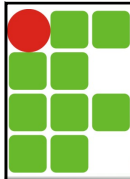


Padrão Wi-Fi – Histórico

- Atualmente as redes 802.11_ são comumente chamadas simplesmente de redes sem fio ou wireless
- Mundialmente conhecidas como Wi-Fi



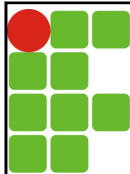
36



Padrões Wi-Fi

- **802.11a**
 - Outubro de 1999
 - Até **54 Mbps**
 - Frequência de **5GHz**
- **802.11b/g**
 - Outubro de 1999 (b), Junho de 2003 (g)
 - Até **11 Mbps (b)**, **54 Mbps (g)**
 - Frequência de **2,4 GHz** ("poluída")
- Ambos apresentam **alcance teórico de 100 m (bem menos na prática)** e são **incompatíveis entre si**

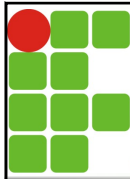
37



Padrões Wi-Fi

- **802.11n**
 - Setembro de 2009
 - Até **600 Mbps**
 - Frequência de **2,4 GHz e/ou 5 GHz**
 - Alcance por volta de **200 m**
 - Compatível com 802.11b/g
 - Incompatível com 802.11a

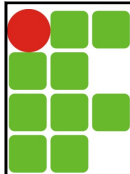
38



Padrões Wi-Fi

- **802.11ac**
 - Janeiro de 2014
 - Pelo menos **1 Gpbs**
 - Frequência de **5 GHz**
 - Alcance por volta de **200 m**
 - Compatível com 802.11b/g/n

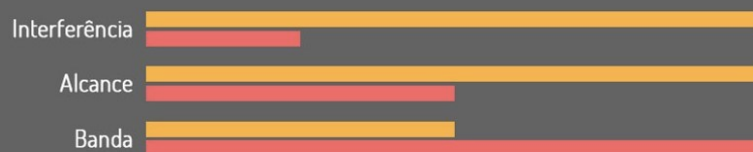
39

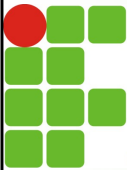


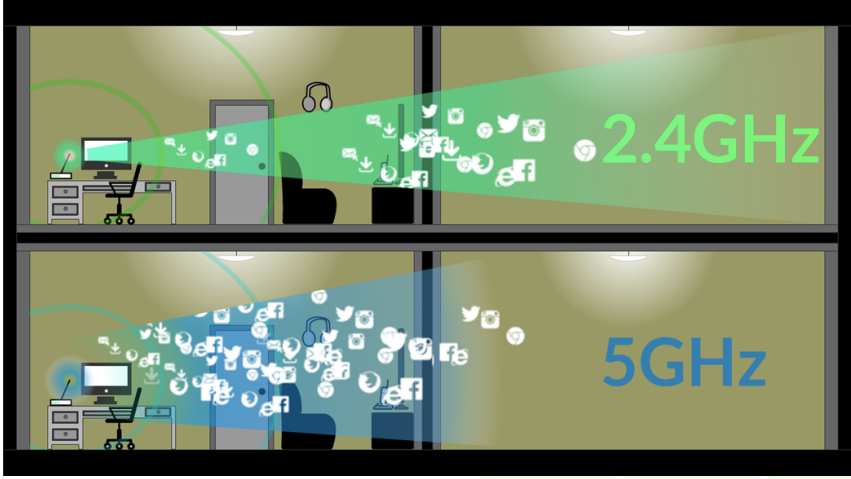
2,4 GHz x 5 GHz

- Diferente das CPUs, **um equipamento Wi-Fi de 5 GHz não obrigatoriamente é melhor do que outro de 2,4 GHz**
 - É necessário analisar o ambiente para saber qual das frequências atende melhor as necessidades
 - Existem equipamentos que operam nas duas frequências (**Dual-Band**)

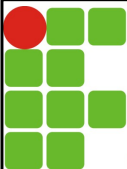
2.4 GHz VS 5 GHz

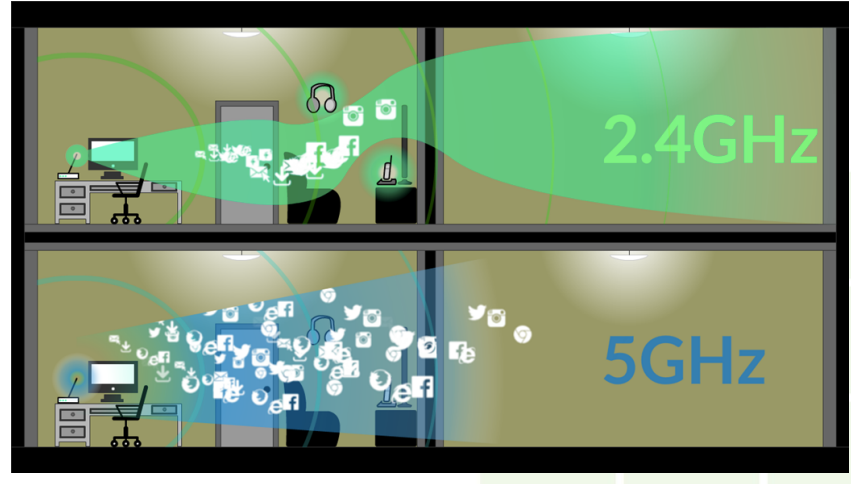


 2,4 GHz x 5 GHz

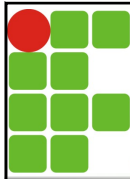


41

 2,4 GHz x 5 GHz



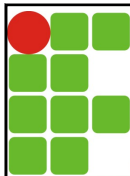
42



Modos de Operação

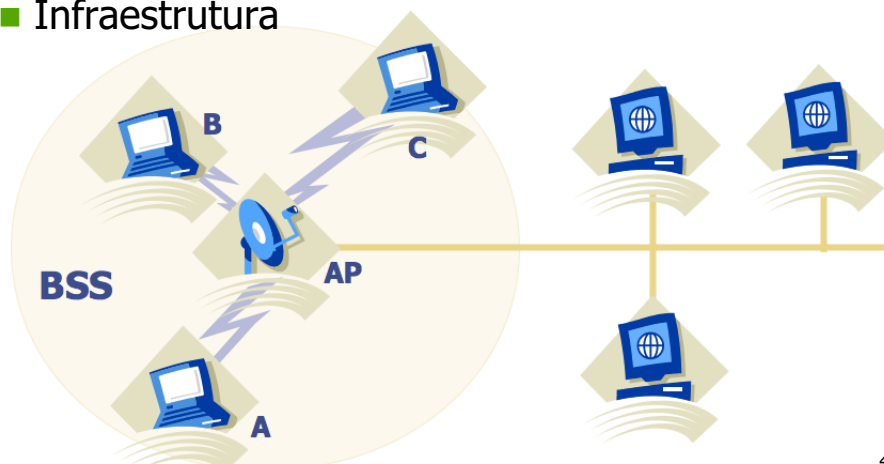
- As redes Wi-Fi (IEEE 802.11) podem funcionar com base em dois “modos de operação”:
 - Infraestrutura
 - As estações se comunicam por intermédio de uma estação-base central conhecida como ponto de acesso (AP – access point)
 - Cada WLAN pode conter vários AP’s
 - Ad Hoc
 - As estações se comunicam diretamente sem nenhum controle central
 - A rede é formada, conforme a necessidade, pelos equipamentos que se encontram próximos e têm interesse em se comunicarem

43

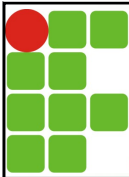


Modos de Operação

- Infraestrutura

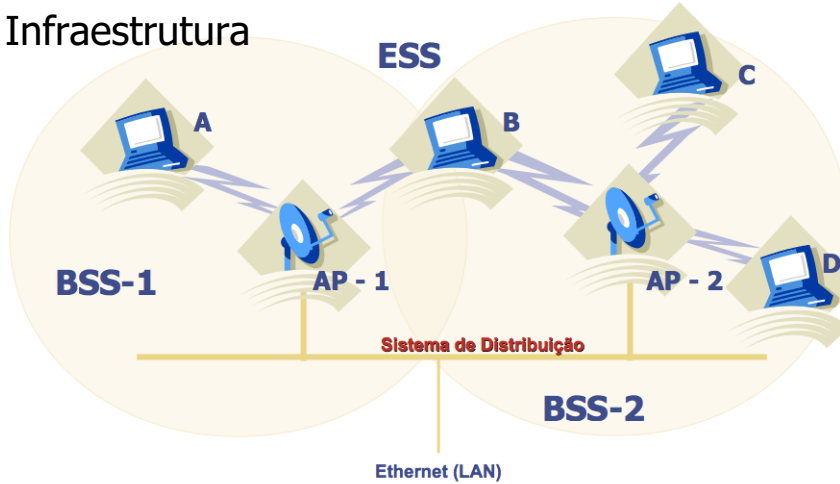


44

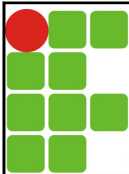


Modos de Operação

■ Infraestrutura

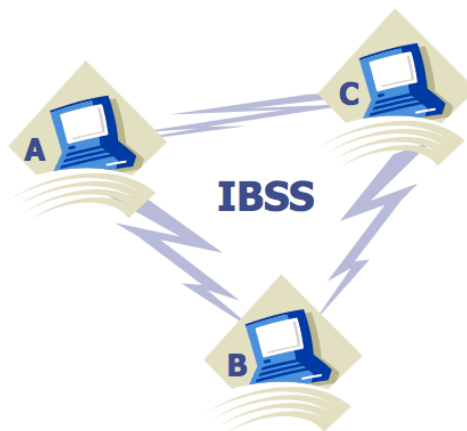


45

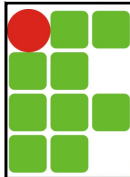


Modos de Operação

■ Ad Hoc



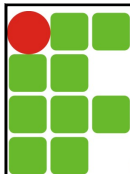
46



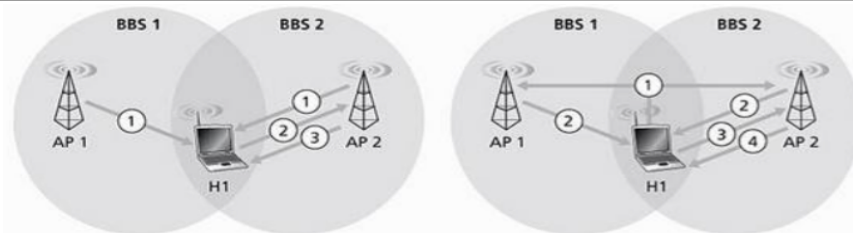
Canais e Associação

- Os APs operam dentro de uma canal de comunicação
 - Administrador do AP escolhe o canal de operação
 - 802.11b = Faixa de 85 GHz (2,4 GHz a 2,485 GHz) dividida em 11 canais com sobreposição parcial (1, 6 e 11 não se sobrepõem)
 - Nada impede que outro AP escolha o mesmo canal -> interferência
- No modo infraestrutura, toda estação sem fio precisa se associar com um AP
 - Associar = criação de fio virtual entre a estação e o AP
 - Os APs possuem um identificador de conjunto de serviços (SSID – Service Set Identifier)
 - Wi-Fi jungle = a estação pode estar na área de atuação de vários APs
 - As estações detectam os APs disponíveis através de uma varredura de canais, escutando quadros de sinalização (SSID + MAC)

47



Canais e Associação



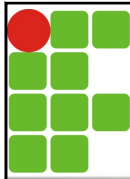
Varredura Passiva

- (1) Quadros de sinalização enviados dos APs
- (2) Quadro de solicitação de associação enviado de H1 para AP selecionado
- (3) Quadro de resposta de associação enviado de H1 para AP selecionado

Varredura Ativa

- (1) Broadcast de quadro de solicitação de investigação de H1
- (2) Quadro de resposta de investigações enviado de APs
- (3) Quadro de resposta de associação enviado de H1 para AP selecionado
- (4) Quadro de resposta de associação enviado de H1 para AP selecionado

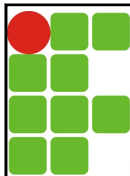
48



CSMA/CA

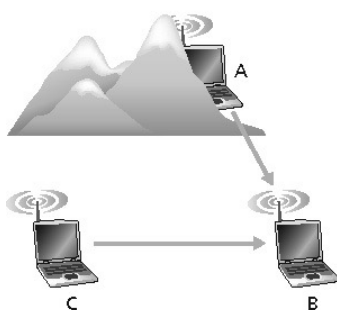
- O padrão Wi-Fi utiliza um protocolo MAC de acesso múltiplo
 - CSMA -> verifica canal antes de transmitir e abstém-se de transmitir quando percebe que o canal esta ocupado
 - CA -> Collision Avoidance (prevenção de colisão)
- Colisões no enlace sem fio são difíceis de detectar
 - Detectar colisão -> capacidade de enviar e receber ao mesmo tempo
 - Como a potência do sinal recebido é muito pequena em comparação a do sinal transmitido, é caro construir hardware que detecte colisões
 - Mesmo podendo detectar, nem sempre é possível perceber colisões devido a problemas da comunicação sem fio (Ex.: Terminal oculto e Desvanecimento)
- Devido as altas taxas de erro é necessário um esquema de reconhecimento/retransmissão

49

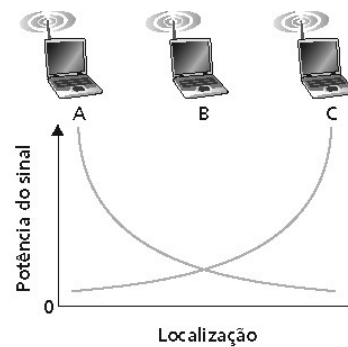


CSMA/CA

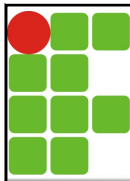
Terminal oculto



Desvanecimento



50



Quadro Wi-Fi

- O quadro Wi-Fi possui **várias semelhanças com o quadro Ethernet, mas também contém outros campos específicos utilizados nos enlaces sem fio**

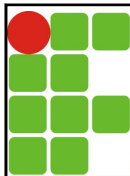
- Os números acima dos campos são o seu comprimento em bytes
- O comprimento dos subcampos de controle é expresso em bits

Quadro (os números indicam o comprimento do campo em bytes):

2	2	6	6	6	2	6	0-2312	4
Controle de quadro	Duração	Endereço 1	Endereço 2	Endereço 3	Controle de sequência	Endereço 4	Carga útil	CRC

Detalhamento do campo de controle do quadro (os números indicam o comprimento do campo em bits):

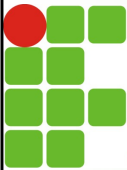
2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Versão do protocolo	Tipo	Subtipo	Para o AP	Do AP	Mais frag	Nova tentativa	Ger. de energia	Mais dados	WEP	Reservado



Quadro Wi-Fi

Controle de quadro	Duração	Endereço 1	Endereço 2	Endereço 3	Controle de sequência	Endereço 4	Carga útil	CRC
--------------------	---------	------------	------------	------------	-----------------------	------------	------------	-----

- **Carga útil:** consiste tipicamente em um datagrama IP ou um pacote ARP
- **CRC:** verificação cíclica de segurança, usada na detecção de erros de bits nos quadros recebidos
- **Duração:** duração do tempo de transmissão reservado (quadros RTS/CTS)
- **Controle de sequência:** usado no algoritmo do mecanismo de reconhecimento/retransmissão de pacotes



Quadro Wi-Fi

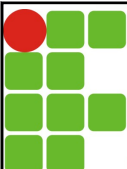
■ **Controle de quadro**

Controle de quadro	Duração	Endereço 1	Endereço 2	Endereço 3	Controle de sequência	Endereço 4	Carga útil	CRC
--------------------	---------	------------	------------	------------	-----------------------	------------	------------	-----

Versão do protocolo	Tipo	Subtipo	Para o AP	Do AP	Mais frag	Nova tentativa	Ger. de energia	Mais dados	WEP	Reservado
---------------------	------	---------	-----------	-------	-----------	----------------	-----------------	------------	-----	-----------

- **Tipo e Subtipo:** distinção de quadros RTS, CTS, ACK e de dados
- **De e Para AP:** definir os significados dos campos de endereço
- **WEP:** indica a utilização ou não de criptografia

53



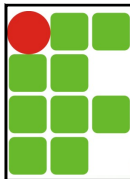
Quadro Wi-Fi

■ **Campos de endereço**

Controle de quadro	Duração	Endereço 1	Endereço 2	Endereço 3	Controle de sequência	Endereço 4	Carga útil	CRC
--------------------	---------	------------	------------	------------	-----------------------	------------	------------	-----

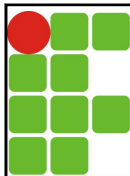
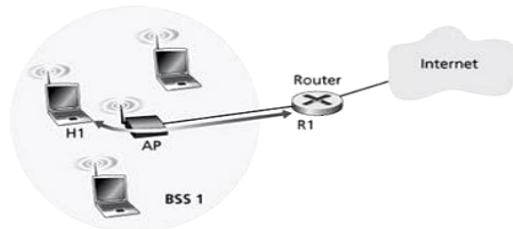
- **Endereço 1:** MAC da estação destino do quadro
- **Endereço 2:** MAC da estação de origem do quadro
- **Endereço 3:** MAC do roteador no qual o AP se conecta
- **Endereço 4:** Utilizado apenas no modo Ad Hoc

54

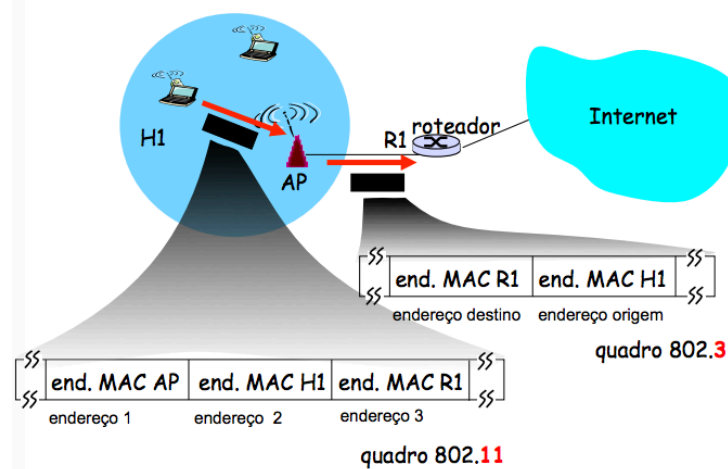


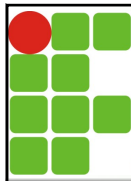
Quadro Wi-Fi

- Cenário: R1 querendo se comunicar com estação H1
 - Um AP é um dispositivo de enlace -> não entende IP
 - R1 não tem consciência de que existe o AP
 - AP tem de realizar conversão de quadro
 - Ethernet (802.3) -> Wi-Fi (802.11)



Quadro Wi-Fi

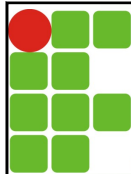




Segurança

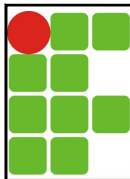
- Por sua própria natureza as **redes sem fio são bem mais suscetíveis aos problemas de segurança**
- Dois aspectos são os mais importantes
 - **Autorização e autenticação**
 - **Criptografia**

57



Segurança

- **Autorização e autenticação**
 - **Quais estações estão autorizadas a utilizar a minha rede?**
 - Em redes cabeadas isto é determinado pelas próprias ligações físicas
 - Em uma rede sem fio mecanismos adicionais precisaram ser definidos
 - Identificadores de rede (**ESS-ID**)
 - Controle baseado em **endereço MAC das estações**
 - Protocolos de autenticação de usuários (**IEEE 802.1x**)₅₈

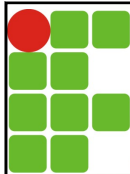


Segurança

■ Criptografia

- Nas redes sem fio, informações são transmitidas no ar e ficam disponíveis para quem quer que queira "escutá-las"
- Caso estas informações sejam "sensíveis" deve-se usar algum mecanismo de criptografia
- WEP, WPA, WPA2
 - Possibilita a encriptação do campo de dados dos quadros antes da sua transmissão
 - Uma "chave" tem que ser distribuída entre todas estações e AP's

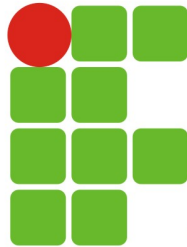
59



Referências

- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** – 6a Ed., Pearson, 2013.
- KUROSE, J. F. e ROSS, K. - **Redes de Computadores e a Internet** – 5a Ed., Pearson, 2010.
- KARASINSKI, V. - **TecMundo Explica: WiFi - qual a diferença entre 2,4 GHz e 5 GHz.** Disponível em: www.tecmundo.com.br/tecmundo-explica/60428-tecmundo-explica-wifi-diferenca-entre-2-4-ghz-5-ghz-video.htm. Acesso em: 30/11/2015

60



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE**



Infraestrutura de Redes de Computadores

Turma : TMS – 20171.3.01112.1M

Camada de Enlace – Parte II

Prof. Thiago Dutra <thiago.dutra@ifrn.edu.br>