

**Universidade do Minho**  
**Mestrado Integrado em Engenharia Informática**  
**Redes de Computadores**  
**TP4 : Redes Sem Fios (802.11)**

## 1. Objectivo

Este trabalho, previsto para **\*\*duas\*\*** aulas, tem como objectivo explorar vários aspectos do **protocolo IEEE 802.11**, tais como o **formato das tramas**, o endereçamento dos componentes envolvidos na comunicação sem fios, os tipos de tramas mais comuns, bem como a operação do protocolo.

## 2. Estudo Prévio

Antes de iniciar o trabalho, é recomendada a leitura dos *slides* sobre Redes sem Fios disponíveis na plataforma de ensino, e consultar o Anexo ao enunciado. Como neste trabalho se aprofundam aspectos da descrição feita nos *slides*, pode consultar outros documentos relacionados, tais como:

- “A Technical Tutorial on the 802.11 Protocol,” Breezecom Communications, [https://classes.soe.ucsc.edu/cmpe257/Spring03/papers/802\\_11tut.pdf](https://classes.soe.ucsc.edu/cmpe257/Spring03/papers/802_11tut.pdf), que é uma versão resumida da norma disponível em:
- “ANSI/IEEE Standard 802.11, 1999 Edition (R2003),” <http://gaia.cs.umass.edu/wireshark-labs/802.11-1999.pdf>.

### 2.1. Tipos de tramas

Nesta secção é feito um pequeno resumo dos **tipos e subtipos de tramas 802.11** mais comuns. A Tabela 1 da norma IEEE 802.11 (em anexo) complementa a descrição, sendo útil durante a observação e análise de tráfego WiFi.

#### **Tramas de Gestão (*Management frames*)**

As **tramas de gestão 802.11** permitem que as estações (**STAs**) estabeleçam e mantenham a comunicação. Os **subtipos de tramas 802.11** para gestão da ligação de dados são:

- **Trama de Autenticação (*Authentication*)**: a **autenticação 802.11** é um processo pelo qual o ponto de acesso (**AP**) aceita ou rejeita a identidade de um acesso rádio proveniente de uma STA com placa de rede (**NIC**) 802.11.
- **Trama de Termino de Autenticação (*Deauthentication*)**: Uma estação envia uma trama de termino de autenticação (*deauthentication*) para outra estação ou para o AP se quiser terminar a comunicação de forma segura.
- **Trama Pedido de Associação (*Association Request*)**: A **associação 802.11** permite que o AP possa alocar recursos para a ligação e efectuar a sincronização com a interface de rede que efectua o pedido. A NIC da STA inicia o processo de associação através do envio de um pedido de associação ao AP, em que a trama enviada fornece informações sobre a NIC (por exemplo, **taxas de dados suportadas**) e o **identificador público da rede (SSID - Service Set Identifier)** à qual se pretende associar. Depois de receber o pedido de associação, o AP considera associar-se à interface de rede respectiva, reservando

recursos (e.g., espaço de memória) e definindo um ID para a associação.

- **Trama Resposta de Associação (Association Response)**: Um AP envia uma trama resposta de associação contendo uma notificação de aceitação ou rejeição face ao pedido de associação formulado. Se o AP aceita a interface rádio, a trama resposta inclui informações sobre a associação, tais como o ID da associação e as taxas de dados suportadas. Sendo a associação estabelecida, a interface da estação pode utilizar o AP para comunicar com as outras estações na rede sem fios, bem como com estações no sistema de distribuição (DS), e.g. rede Ethernet, acessíveis a partir do AP.

- **Trama Pedido de Re-associação (Reassociation Request)**: É equivalente ao Pedido de Associação mas aplicável a associações já existentes. Aplica-se, por exemplo, quando uma STA decide associar-se a um novo AP em detrimento do actual, e.g. por receber um sinal melhor.

- **Trama Resposta de Re-associação (Reassociation Response)**: É equivalente à Resposta de Associação, mas surge como resposta a um Pedido de Re-associação.

- **Trama de Dissociação (Disassociation)**: Uma STA envia uma trama de dissociação para outra STA ou para o AP quando quer terminar a associação. Os recursos alocados à associação podem ser libertados, removendo a interface de rede respetiva da tabela de associações.

- **Trama de Anúncio (Beacon)**: O AP envia periodicamente tramas *Beacon* para anunciar a sua presença e transmitir informações tais como a data e hora, o SSID, e outros parâmetros relativos ao AP, a todas as interfaces rádio que estão dentro do seu alcance rádio. É pela recepção de tramas *Beacon* (*passive scanning*) ou pelo varrimento dos vários canais rádio (*active scanning*) que uma estação pode optar por um AP mais favorável.

- **Trama Pedido de Prova (Probe Request)**: A estação envia uma trama *Probe Request* quando precisa obter informações de uma outra estação. Esta trama é útil para uma STA determinar quais os APs que estão dentro do seu alcance rádio (*active scanning*).

- **Trama Resposta de Prova (Probe Response)**: A STA ou o AP irão responder com uma trama de *Probe Response*, contendo informações sobre as taxas de dados suportadas, etc.

### **Tramas de Controlo (Control Frames)**

Este tipo de tramas permitem auxiliar a troca de tramas de dados entre as estações sem fios. Como subtipos comuns de tramas de controlo 802.11 tem-se:

- **Trama Pedido para Enviar (RTS - Request to Send)**: Na norma 802.11, a função RTS/CTS é opcional e tem como objectivo reduzir colisões causadas, por exemplo, por estações escondidas, i.e. estações que têm associações com o mesmo AP mas não se vêem entre si. Assim, numa fase preliminar, uma STA pode enviar uma trama RTS para outra STA, aguardando uma trama de resposta CTS antes de enviar a trama de dados. Sendo as tramas RTS/CTS de pequeno tamanho a probabilidade de colisão é reduzida.

- **Trama Resposta com Indicação para Enviar (CTS - Clear to Send)**: Uma STA responde a um RTS com uma trama CTS, dando indicação à estação para enviar dados. O CTS inclui um valor de temporal que faz com que todas as outras estações (incluindo estações ocultas) adiem a transmissão de tramas por um período necessário para que o envio de dados previamente solicitado se processe sem colisões.

envia RTS para o STA ou para o AP, para avisar que vai enviar dados??

- **Trama Confirmação da Recepção (ACK - Acknowledgment)**: Depois de receber uma trama de dados, a STA receptora irá utilizar um código de verificação para detectar a presença de erros, e envia uma trama ACK para a STA emissora, se não forem encontrados erros. Se a STA emissora não receber um ACK dentro de um determinado período de tempo, retransmite a trama. isto é uma forma de corrigir o erro

### **Tramas de Dados (Data Frames)**

O principal objetivo de uma LAN sem fios é obviamente proporcionar a transmissão e comunicação de dados. Como tal, a norma IEEE 802.11 define um tipo específico de trama de dados que podem ser facilmente identificados com um analisador de tráfego (e.g. Wireshark). As tramas do tipo DATA têm vários subtipos para usos específicos.

## **2.2. Limitações na captura de tráfego WiFi**

Como explicado na documentação de apoio do Wireshark<sup>1</sup>, a maioria dos *device drivers* para as placas de rede 802.11 (particularmente para o sistema operativo Windows) não disponibilizam a opção de capturar e copiar as tramas 802.11 para análise no Wireshark. Em contrapartida, as placas de rede 802.11 transformam normalmente as tramas de dados 802.11 em falsas tramas Ethernet antes de as disponibilizar ao *host*. Isto é, vários detalhes de cada trama 802.11 e o funcionamento da rede sem fios são ocultados antes de passar a trama à pilha protocolar do sistema operativo e ao mecanismo de captura de pacotes. Por esta razão, a captura de tramas nas interfaces Ethernet ou WiFi pode não evidenciar diferenças quando analisadas no Wireshark.

Como o sucesso na captura de tráfego WiFi depende de factores tais como, as versões do Wireshark e do sistema operativo em uso, e dos *device drivers* de cada placa, propõe-se que os alunos usem na realização do trabalho as capturas de tráfego previamente realizadas e disponibilizadas na plataforma de apoio ao ensino.

A título unicamente experimental, os alunos podem também realizar capturas de tráfego 802.11, usando uma de duas abordagens:

- (a) via GUI, seleccionar *Edit/Preferences/Capture* e, para a interface WiFi (e.g. *en1*), escolher as opções *Monitor Mode*, com o *Default link-layer header type* do tipo 802.11.
- (b) via CLI, invocar `wireshark -i en1 -I -y IEEE801_11&`.

## **3. Primeiros Passos**

Descarregue da plataforma de ensino a captura *trace-wlan-tp4-2018b.pcap* e abra o ficheiro no Wireshark.

---

<sup>1</sup> <http://wiki.wireshark.org/CaptureSetup/WLAN>

#### 4. Acesso Rádio

Como pode ser observado, a sequência de bytes capturada inclui informação do nível físico (*radio information*), para além dos *bytes* correspondentes a tramas 802.11.

Para a trama correspondente 3XX em que XX corresponde ao seu número de TurnoGrupo (e.g., 11),

- 1) Identifique em que frequência do espectro está a operar a rede sem fios, e o canal que corresponde essa frequência.
- 2) Identifique a versão da norma IEEE 802.11 que está a ser usada.
- 3) Qual o débito a que foi enviada a trama escolhida? Será que esse débito corresponde ao débito máximo a que a interface WiFi pode operar? Justifique.

#### 5. Scanning Passivo e Scanning Ativo

As tramas *beacon* permitem efetuar *scanning* passivo em redes IEEE 802.11 (WiFi). Para a captura de tramas disponibilizada, responda às seguintes questões:

- 4) Selecione uma *trama beacon* (e.g., a trama 3XX). Esta trama pertence a que tipo de tramas 802.11? Indique o valor dos seus identificadores de tipo e de subtipo. Em que parte concreta do cabeçalho da trama estão especificados (ver anexo)?
- 5) Liste todos os SSIDs dos APs (*Access Points*) que estão a operar na vizinhança da STA de captura? Explique o modo como obteve essa informação. Como sugestão pode construir um filtro de visualização apropriado (tomando como base a resposta da alínea anterior) que lhe permita obter a listagem pretendida.
- 6) Verifique se está a ser usado o método de detecção de erros (CRC), e se todas as tramas Beacon são recebidas corretamente. Justifique o porquê de usar detecção de erros neste tipo de redes locais.
- 7) Para dois dos APs identificados, indique qual é o intervalo de tempo previsto entre tramas *beacon* consecutivas? (Nota: este valor é anunciado na própria trama *beacon*). Na prática, a periodicidade de tramas *beacon* é verificada? Tente explicar porquê.
- 8) Identifique e registe todos os endereços MAC usados nas tramas *beacon* enviadas pelos APs. Recorde que o endereçamento está definido no cabeçalho das tramas 802.11, podendo ser utilizados até quatro endereços com diferente semântica. Para uma descrição detalhada da estrutura da trama 802.11, consulte o anexo ao enunciado.
- 9) As tramas *beacon* anunciam que o AP pode suportar vários débitos de base assim como vários “*extended supported rates*”. Indique quais são esses débitos?

No *trace* disponibilizado também foi registado *scanning* ativo, i.e., envolvendo tramas *probe request* e *probe response*, comum nas redes WiFi como alternativa ao *scanning* passivo.

- 10) Estabeleça um filtro Wireshark apropriado que lhe permita visualizar todas as tramas *probing request* ou *probing response*, simultaneamente.
- 11) Identifique um *probing request* para o qual tenha havido um *probing response*.

Face ao endereçamento usado, indique a que sistemas são endereçadas estas tramas e explique qual o propósito das mesmas?

## 6. Processo de Associação

Numa rede WiFi estruturada, um *host* deve associar-se a um ponto de acesso antes de enviar dados. O processo de associação nas redes IEEE 802.11 é executada enviando a trama *association request* do host para o AP e a trama *association response* enviada pelo AP para o *host*, em resposta ao pedido de associação recebido. Este processo é antecedido por uma fase de autenticação.

Para a sequência de tramas capturada:

- 12) Identifique uma sequência de tramas que corresponda a um processo de associação completo entre a STA e o AP, incluindo a fase de autenticação.
- 13) Efetue um diagrama que ilustre a sequência de todas as tramas trocadas no processo.

## 7. Transferência de Dados

O *trace* disponibilizado, para além de tramas de gestão da ligação de dados, inclui tramas de dados e de controlo da transferência desses mesmos dados.

- 14) Considere a trama de dados nº455. Sabendo que o campo *Frame Control* contido no cabeçalho das tramas 802.11 permite especificar a direccionalidade das tramas, o que pode concluir face à direccionalidade dessa trama, será local à WLAN?
- 15) Para a trama de dados nº455, transcreva os endereços MAC em uso, identificando qual o endereço MAC correspondente ao *host* sem fios (STA), ao AP e ao router de acesso ao sistema de distribuição?
- 16) Como interpreta a trama nº457 face à sua direccionalidade e endereçamento MAC?
- 17) Que subtipo de tramas de controlo são transmitidas ao longo da transferência de dados acima mencionada? Tente explicar porque razão têm de existir (contrariamente ao que acontece numa rede Ethernet.)
- 18) O uso de tramas *Request To Send* e *Clear To Send*, apesar de opcional, é comum para efetuar "pré-reserva" do acesso ao meio quando se pretende enviar tramas de dados, com o intuito de reduzir o número de colisões resultante maioritariamente de STAs escondidas. Para o exemplo acima, verifique se está a ser usada a opção RTS/CTS na troca de dados entre a STA e o AP/Router da WLAN, identificando a direccionalidade das tramas e os sistemas envolvidos.

## **Relatório do trabalho realizado**

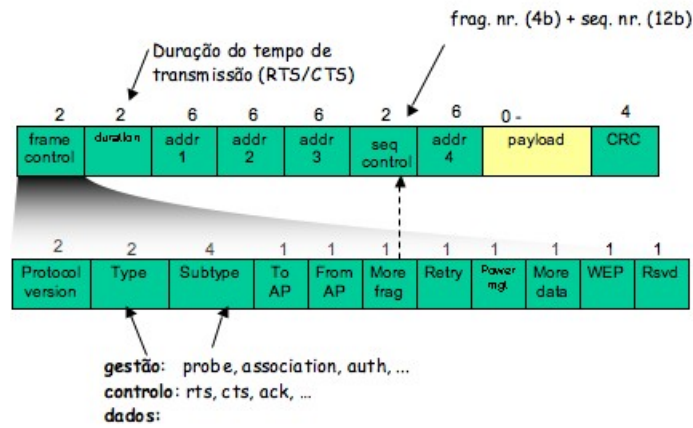
O relatório do TP4 deve incluir:

- uma secção "Questões e Respostas" relativas ao enunciado acima, incluindo os *outputs* que permitam verificar a(s) resposta(s);
- uma secção "Conclusões" que autoavaleie e resuma os resultados da aprendizagem nas várias vertentes estudadas no trabalho.

O relatório pode seguir um formato livre, ou o formato habitual (LNCS), e ser submetido na plataforma de ensino com o nome RC-TP4-PL<TurnoGrupo>.pdf (exemplo: RC-TP4-PL11.pdf para o grupo PL11) até final do dia da aula prevista para conclusão do TP4.

*Excepcionalmente, os turnos de 2f. (PL1 e PL5) podem entregar o relatório até dia 12.12.2018., 4f., atendendo a que a aula T é à 3f..*

## Anexo - Trama 802.11 + Tipos e subtipos de tramas



ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition

LOCAL AND METROPOLITAN AREA NETWORKS: WIRELESS LAN

Table 1—Valid type and subtype combinations

Type value b3 b2	Type description	Subtype value b7 b6 b5 b4	Subtype description
00	Management	0000	Association request
00	Management	0001	Association response
00	Management	0010	Reassociation request
00	Management	0011	Reassociation response
00	Management	0100	Probe request
00	Management	0101	Probe response
00	Management	0110–0111	Reserved
00	Management	1000	Beacon
00	Management	1001	Announcement traffic indication message (ATIM)
00	Management	1010	Disassociation
00	Management	1011	Authentication
00	Management	1100	Deauthentication
00	Management	1101–1111	Reserved
01	Control	0000–1001	Reserved
01	Control	1010	Power Save (PS)-Poll
01	Control	1011	Request To Send (RTS)
01	Control	1100	Clear To Send (CTS)
01	Control	1101	Acknowledgment (ACK)
01	Control	1110	Contention-Free (CF)-End
01	Control	1111	CF-End + CF-Ack
10	Data	0000	Data
10	Data	0001	Data + CF-Ack
10	Data	0010	Data + CF-Poll
10	Data	0011	Data + CF-Ack + CF-Poll
10	Data	0100	Null function (no data)
10	Data	0101	CF-Ack (no data)
10	Data	0110	CF-Poll (no data)
10	Data	0111	CF-Ack + CF-Poll (no data)
10	Data	1000–1111	Reserved
11	Reserved	0000–1111	Reserved