

Aula 5

IoT – Internet das Coisas

Prof. Eng. Gian Carlo Brustolin M.Sc.

Redes para IoT

Conversa inicial

Redes para IoT

- Neste capítulo enfrentaremos as soluções de conectividade para objetos IoT - sem fio
- Rudimentos de telecomunicações para IoT
- Redes privadas para IoT
- Redes públicas para IoT
- Comparação entre soluções

Introdução às redes para IoT

Introdução às redes para IoT

- História
- Redes públicas x Privadas
- Padrões públicos e privados

Introdução às redes para IoT - Um pouco de história

- As redes industriais são a origem tanto dos objetos quanto das redes para IoT
 - Foco principal em confiabilidade e resiliência
 - Não havia preocupação com demandas de dados mais elevadas
 - Redes que não atendem a humanos - M2M (*Machine to Machine*)
- Disseminação de objetos inteligentes às exigências se alteraram

Introdução às redes para IoT - Um pouco de história

- Redes de objetos IoT operam com predominância de pacotes de uplink
- LPWAN (*Low Power Wide Area Networks*)
 - LoRa, Wi-SUN, RPMA, Weightless e SIGFOX
- M2M LPWAN não atendem:
 - Mobilidade (*smart cities*)
 - Alta demanda de dados (domótica)

Introdução às redes para IoT - Redes públicas e privadas

- Serviço público - cabe ao Estado
- Exemplos: saúde, segurança e educação
 - Serviços de saneamento, provimento de EE e...

Introdução às redes para IoT - Redes públicas e privadas

- Telecomunicações é regulamentado pelo Estado
 - Rede Pública
 - ✓ Concessão
 - ✓ Frequências licenciadas
 - Rede privada não pode ser dedicada à prestação onerosa de serviço público de voz ou dados

Introdução às redes para IoT - Padrões públicos e privados

- Um padrão público de rede é uma norma técnica disponível para consulta pública
 - Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth
- Uma rede pública opera padrões públicos (padrões obscuros sob autorização)
- Rede privada pode utilizar padrões públicos ou privados de forma indiferente

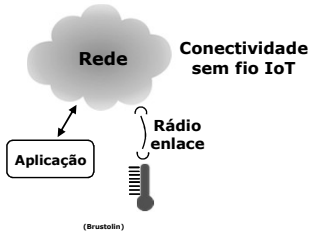
Rudimentos de telecomunicações para IoT

Rudimentos de telecomunicações para IoT

- Modulação
- Radiopropagação
- Modulação resiliente

Rudimentos de telecomunicações - Introdução às técnicas de modulação

- Suponha que seja necessário interconectar uma aplicação, residente em máquina computacional, com um coletor de dados IoT

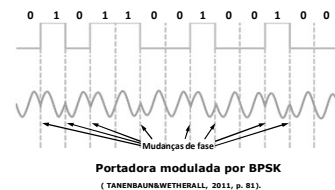


Rudimentos de telecomunicações - Introdução às técnicas de modulação

- Os dados são coletados pelo sensor e convertidos pela eletrônica embarcada em binário
- A camada MAC insere o handshake
- Camada física (PHY) envia os dados por radiocomunicação à rede
 - O equipamento radiotransmissor toma os dados binários e precisa transformá-los em OEM
 - ✓ Alterações nas características de uma, ou várias, OEM

Rudimentos de telecomunicações - Introdução às técnicas de modulação

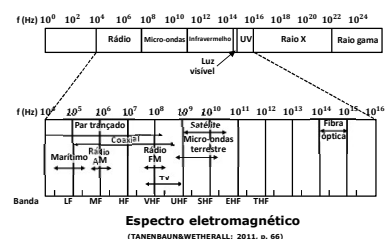
- Exemplo de modulação BPSK (Binary Phase Shifting Keying)



Rudimentos de telecomunicações - Introdução às técnicas de modulação

- No que se refere à frequência da portadora:
 - Baixas frequências têm boa transparência a objetos, mas não se adequam bem à transmissão de taxas elevadas de dados
 - Altas frequências...
 - Soluções, com uso de várias portadoras simultaneamente, podem contornar as desvantagens citadas

Rudimentos de telecomunicações - Introdução às técnicas de modulação

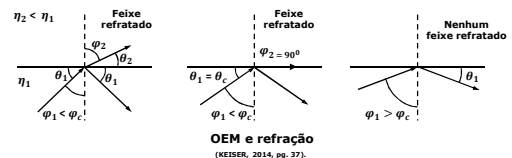


Rudimentos de telecomunicações - Introdução às técnicas de modulação

- A antena é o transdutor de saída do rádio transmissor
- As dimensões da antena, para permitir esta liberação do sinal, devem ser compatíveis com o comprimento de onda da portadora
- ✓ O comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência, assim, frequências baixas demandam antenas de grandes dimensões

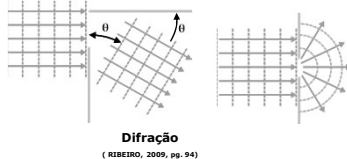
Rudimentos de telecomunicações - Problemas de radiopropagação

- Um objeto, quando alvejado por uma OEM, pode ter três comportamentos distintos não excluídos: absorção, reflexão e refração



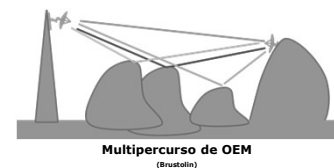
Rudimentos de telecomunicações - Problemas de radiopropagação

- A reação da OEM à colisão com objetos depende da frequência, o sinal terá comportamento anômalo ao enfrentar uma obstrução
- Um quarto fenômeno é a difração



Rudimentos de telecomunicações - Problemas de radiopropagação

- Um quarto fenômeno é multipercurso



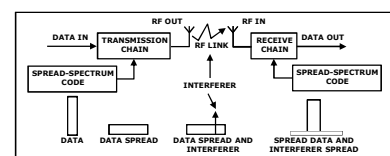
- Mas ainda há fading, efeito doppler, presença de ruído ou interferência de operações de rádio próximas...

Rudimentos de telecomunicações - Técnicas de modulação resilientes

- Os problemas de propagação podem ser enfrentados por altas potências de TX e cálculos topográficos
- Falham quando o projeto demanda flexibilidade, baixo custo e mobilidade
- Engenheiros militares criaram a dispersão da informação no espectro de frequência
- SS - *spread spectrum*

Rudimentos de telecomunicações - Técnicas de modulação resilientes

- SS converte problemas de radiopropagação em vantagens, por termos a informação espalhada
- Permite baixa potência de TX. Atingem 30 Km

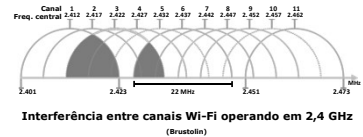


Transmissão de dados por espalhamento espectral
(MAXIN, 2021).

Redes privadas para IoT

Redes privadas para IoT - Wi-Fi

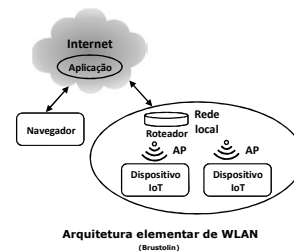
- Norma IEEE 801.11
- Nas versões em operação, duas são as faixas de radiofrequência: 2,4 GHz (em UHF) e outra de 5,7 GHz (em SHF)
- Na faixa de 2,4 GHz estão disponíveis 11 canais de 5 MHz



Redes privadas para IoT - Wi-Fi

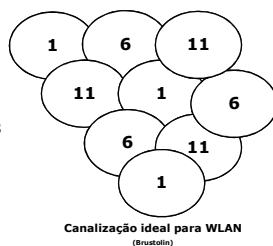
- A faixa SHF Wi-Fi opera até 165 canais
- Menos permeáveis a objetos, dificultando o projeto físico da rede
- Menor presença de interfaces SHF nos dispositivos Wi-Fi

Redes privadas para IoT - Wi-Fi



Redes privadas para IoT - Wi-Fi

- No caso de APs múltiplos, é necessário que sejam configurados para que ocupem canais não interferentes



Redes privadas para IoT - LoRa

- Low Power Wide-Area Networks (LPWANs), redes de longo alcance e baixo consumo
- Semtech
 - LoRa hardware e software LoRaWAN
 - Primeira a atender grandes áreas de cobertura, sem necessidade de estações ou nós repetidores, com consumo bastante baixo dos dispositivos

Redes privadas para IoT -LoRa

- LoRa resolve o problema de extensão de cobertura pela otimização do SS
- Codificar sequências de bits em rajadas multifrequenciais - chirp-spread-spectrum (CSS)
- Transforma n-uplas de bits em uma sequência de frequências próximas
- Basta ao receptor identificar ao menos uma das frequências da sequência (...)

- (...) Há restrições de velocidade e de latência de pacotes para que a banda de transmissão seja aceitável

Redes privadas para IoT - LoRa

- LoRa utiliza frequências, não licenciadas, na faixa de 902 a 928 MHz, com banda de transmissão setável em 125 kHz ou 250 kHz
- A distância típica entre terminais de 8 km
- A padronização LoRa somente recentemente foi tornada pública
- LoRa não tem padrão para camadas de rede e superiores

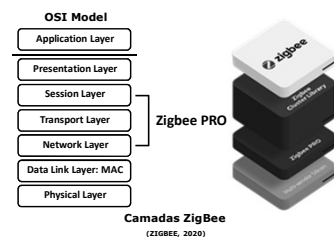
Redes privadas para IoT - IEEE 802.15.4g (ZigBee)

- ZigBee permite topologia mesh
 - Um dispositivo pode ter múltiplas funções. O objeto será configurado como cliente, coordenador ou roteador
- Em domótica - clientes, deixando a função de roteamento e coordenação para o gateway
- Baixo consumo e imunidade a ruídos e interferências
- Taxas entre 20 e 250 kbps
- Modo sleep

Redes privadas para IoT - IEEE 802.15.4g (ZigBee)

- Opera nas faixas de 2.400 a 2.4835 MHz, competindo com o espectro Wi-Fi, porém com 16 canais de até 250 Kbps efetivamente disponíveis
- Modulação O-QPSK (*Offset Quadrature Phase Shift Keying*)
- A camada de rede - PRO contém algoritmos de descoberta de dispositivos, roteamento, gestão de rede e dispositivos

Redes privadas para IoT - IEEE 802.15.4g (ZigBee)



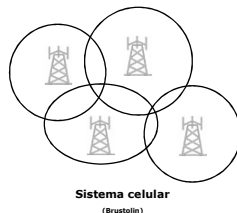
Redes privadas para IoT - IEEE 802.15.4 ge (WiSUN)

- Padrão 802.15 para atender a conectividade de REIs - teste no Japão
 - Camada física do Wi-SUM - IEEE 802.15.4g
 - IEEE 802.15.4e - MAC
- Baixíssimo consumo de energia (15 anos), mesmo com boa densidade de objetos (milhares) conectados por segmento de rede
- Opera tanto em 2,4 GHz para conexões indoor e em baixo UHF, quanto próximo dos 900 MHz para outdoor. A latência em torno de 20 ms

Redes públicas para IoT

Redes públicas para IoT Introdução às redes públicas de telefonia móvel

- O serviço telecomunicações móvel foi criado com foco exclusivo em voz. Rádios analógicos FM
- Pequenas mensagens de texto, os SMSs (do inglês, *Short Message Service*)



Redes públicas para IoT - Introdução às redes públicas de telefonia móvel

- A próxima geração 3G abandonou a comunicação analógica
 - Voz codificada
 - Uso de técnicas de espalhamento espectral
 - Primeira convergência entre voz e dados
 - Foco permaneceu em voz
- 4G distanciou-se deste foco, mas manteve a ótica de provimento de facilidades para usuários humanos

Redes públicas para IoT - Introdução às redes públicas de telefonia móvel

- Investimento para atendimento aos objetos IoT é marginal
- Surgiram, então, os padrões NB IoT, CAT NB, LTE-M e EC GSM, ditos LPWANs licenciadas

Redes públicas para IoT - Redes para IoT sobre GSM

- GSM - 3G
- NB-IoT e EC GSM implantados em 2018, embora já estivessem disponíveis operações 4G
 - Não tratou convenientemente o problema de demanda de energia nos dispositivos

43
50

- 45

40
50

- 46

45

-
- Alta taxa**
- Gigabytes por segundo
- Vídeo 3D/VR
- Jogos
- Realidade aumentada
- Automação industrial
- Veículos autônomos
- Câmeras cênicas inteligentes
- Voz
- Sensores
- Conectividade Massiva**
- Baixa Latência**
- Triângulo de demandas de rede para novas aplicações IoT**
(OLIVEIRA et al., 2018).

46

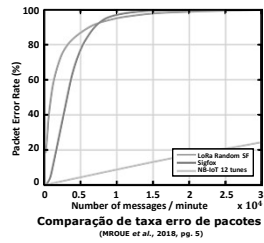
47

40

- [illegible]

Comparação entre soluções - Adequação das soluções de redes

- **Resiliência:** quando utilizamos maior potência nos rádios (consumindo mais energia dos dispositivos), a qualidade da transmissão aumenta



Finalizando

- Neste capítulo apresentamos as principais soluções de conectividade para IoT. Entendemos quais os requisitos mais importantes que estas redes devem possuir e comparamos as soluções frente a estes requisitos
- Ainda não há uma solução definitiva
- Tecnologias emergentes apresentam riscos...