# Desafios em redes para uma sociedade massivamente conectada

Luiz Filipe M. Vieira, PhD
lfvieira@dcc.ufmg.br

Escola de Verão – DCC – UFMG - 2017

# Sociedade massivamente conectada

- De quantas redes você participa?

UFMG

GALO NA VEIA

# Sociedade massivamente conectada

# Sociedade massivamente conectada

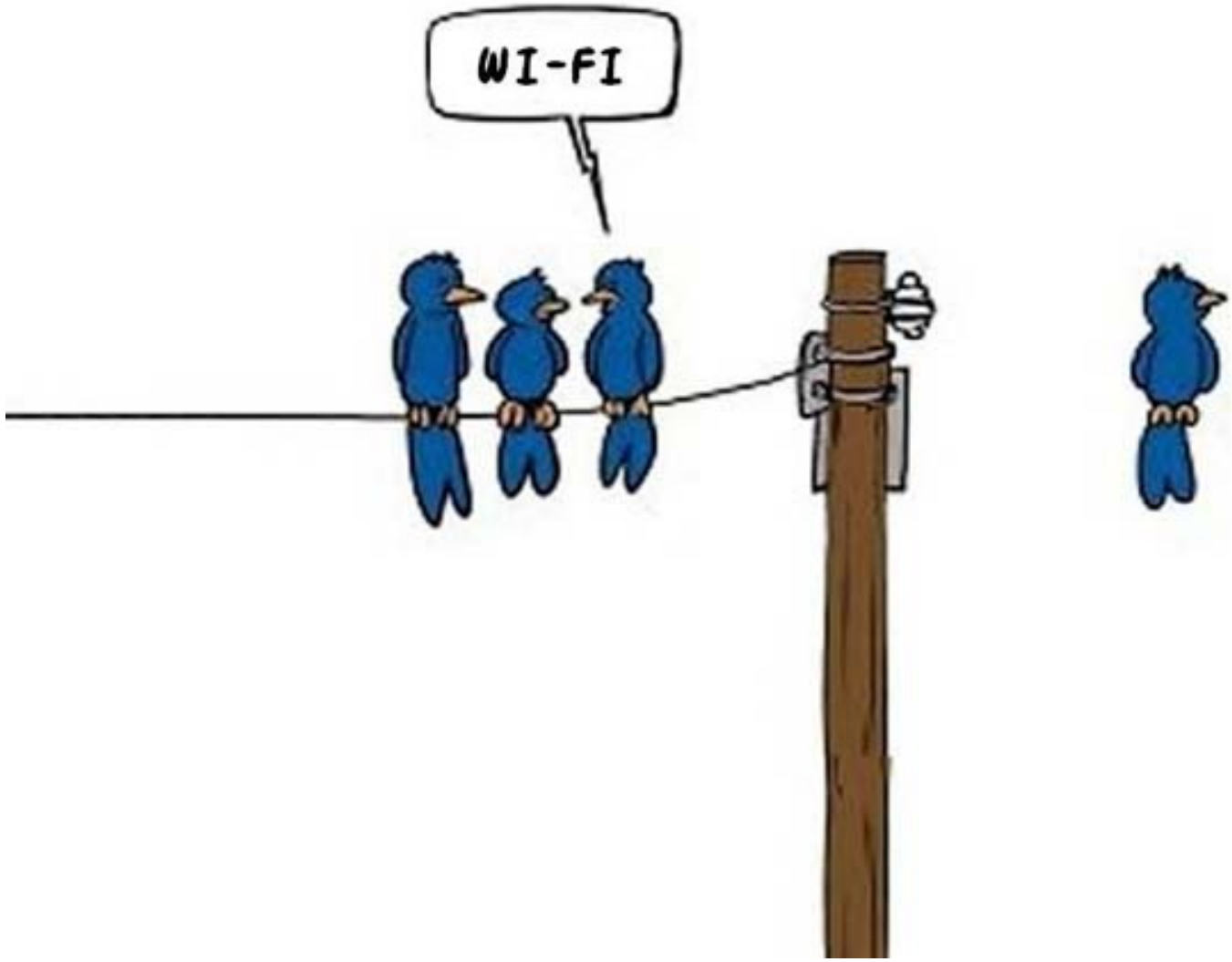
- Quantos dispositivos você possui conectado à Internet?

# Sociedade massivamente conectada

# E no futuro?

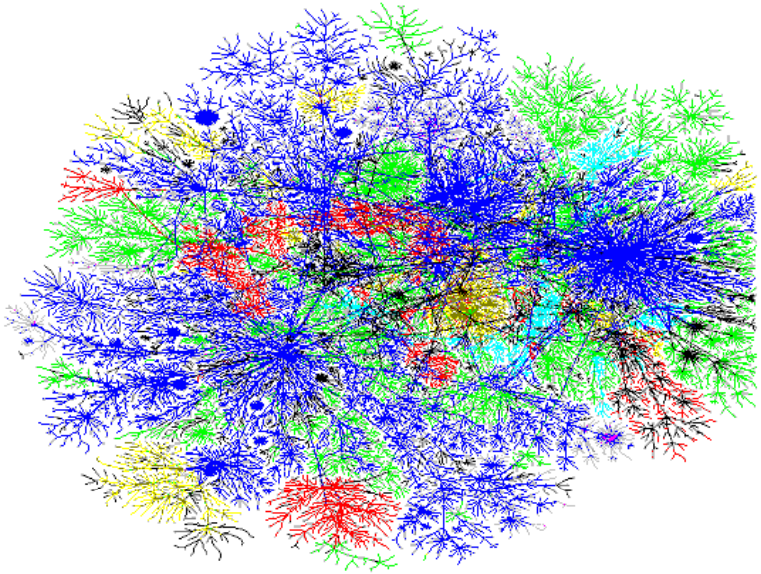
# E no futuro?

# Wi-Fi é a solução para tudo?



# Internet

- O que a Internet?



- Quando começou?

# Internet

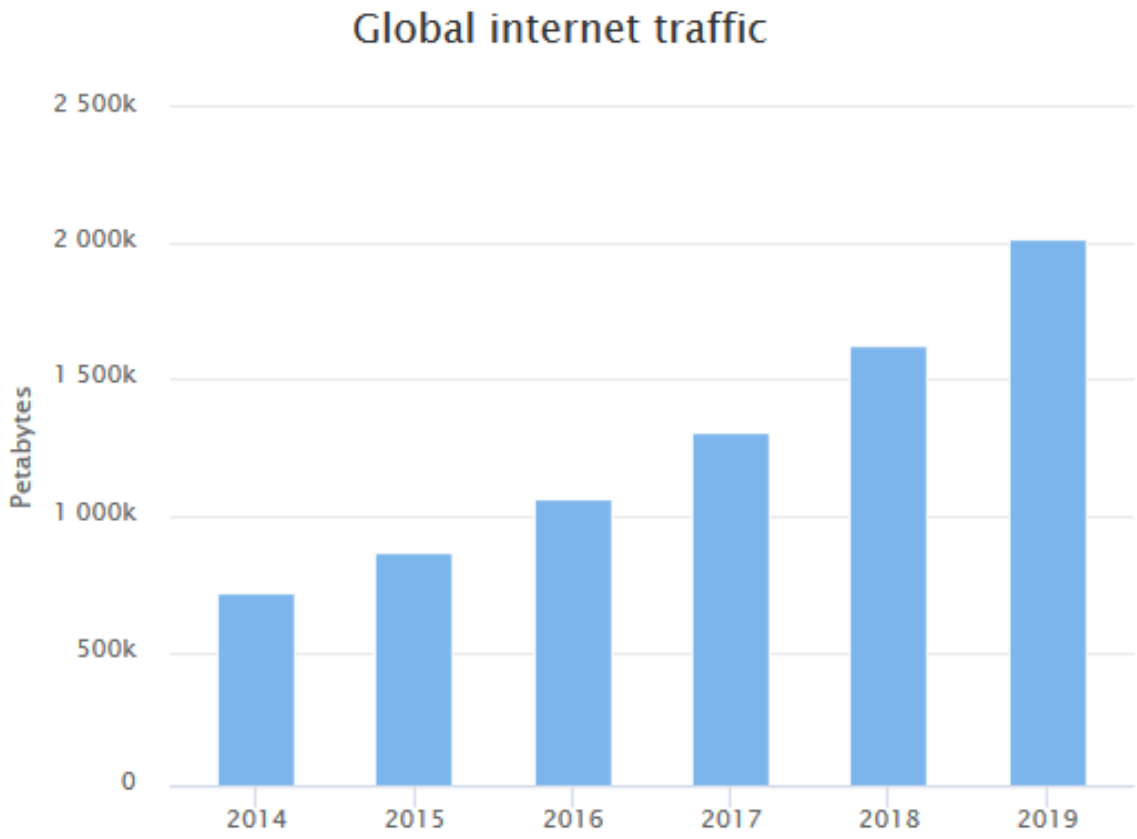
## World's internet traffic to surpass one zettabyte in 2016

share

http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/02/04/worlds-internet-traffic-to-surpass-one-zettabyte-in-2016/

# Internet

- Qual o tamanho da Internet?




http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/02/04/worlds-internet-traffic-to-surpass-one-zettabyte-in-2016/

# Desafios

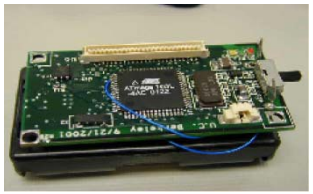
- Endereçamento
- Conectividade
- Roteamento
- Largura de banda
- Resiliência
- Desempenho
- Eficiência energética
- Segurança
- Novas aplicações

O que pode ser feito?

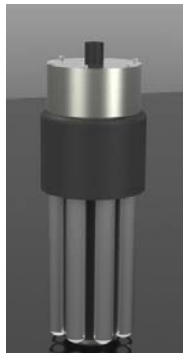
Oportunidades

# Diferentes tipos de Redes

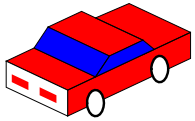
- Internet das Coisas (IoT)
- Redes de Sensores Sem Fio Terrestres



- Redes de Sensores Aquáticas



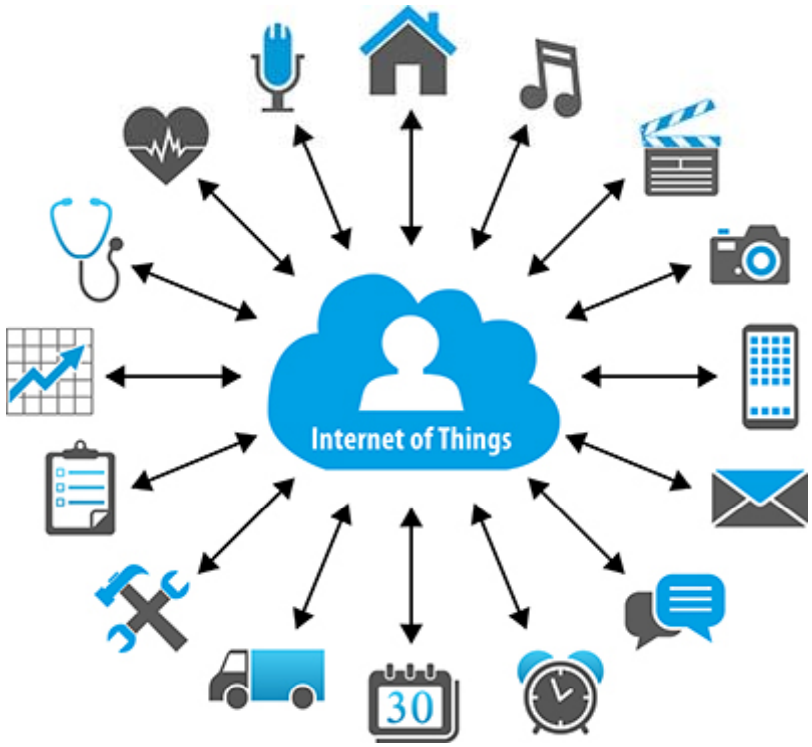
- Redes Veiculares



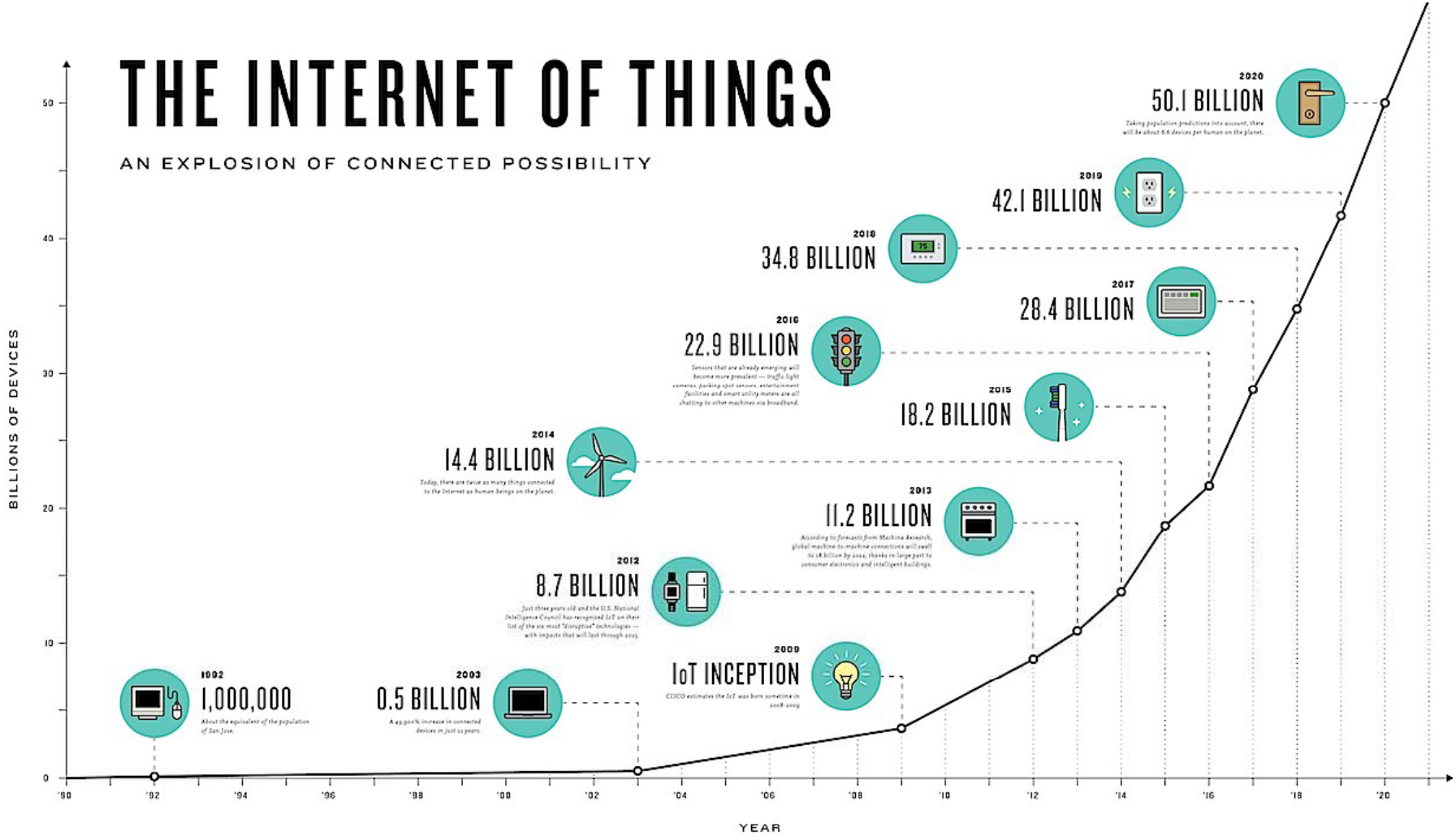
- Redes 5G
- VLC
- SDN
- SDR
- Nanoredes

# IoT – Visão Geral

- Diversas aplicações
- Conectando objetos a Internet
- Indústria 4.0



# Internet das Coisas



# IoT – Endereçamento

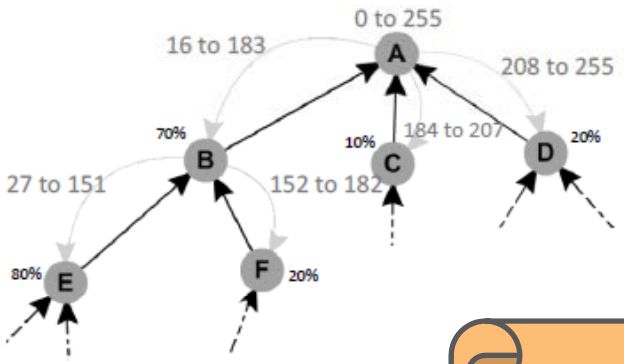
- O que é necessário para conversar na Internet?

# IoT – Endereçamento

- IP
  - É um protocolo
  - Define também a forma de endereçamento
  - Ipv4 – 32 bits ex:150.164.10.1
  - Ipv6 – 128 bits ex: 2001:12f0:601:a912:2d19:6e03:37ee:159b
  - 6LoWPAN – Baixo consumo e compressão de pacotes

# Endereçamento

- Endereçamento hierárquico




MSWIM 2016

**Matrix: Multihop Address Allocation and Dynamic Any-to-Any Routing for 6LoWPAN**


Bruna S. Peres
bperes@dcc.ufmg.br

Otavio A. de O. Souza
oaugusto@dcc.ufmg.br

Bruno P. Santos
bruno.ps@dcc.ufmg.br

Edson R. A. Junior
edsonroteia@dcc.ufmg.br

Olga Goussevskaia
olga@dcc.ufmg.br

Marcos A. M. Vieira
mmvieira@dcc.ufmg.br

Luiz F. M. Vieira
lfvieira@dcc.ufmg.br

Antonio A.F. Loureiro
loureiro@dcc.ufmg.br

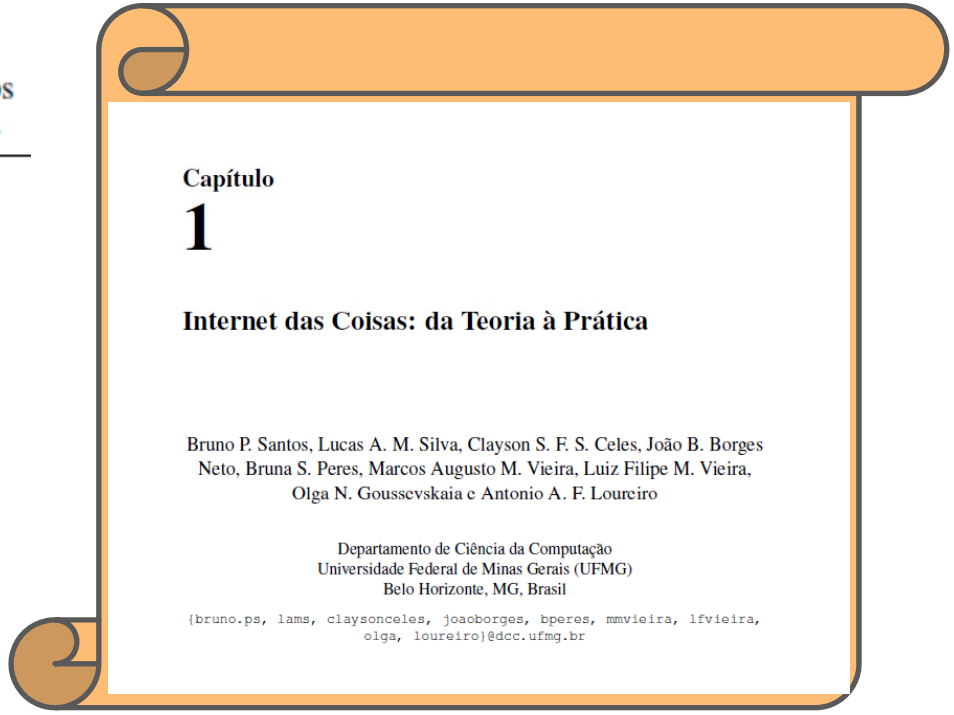
Computer Science Department, Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil

# Conectividade

- Diferentes tecnologias

| Protocolo | Alcance | Frequência | Taxa |
|---|---|---|---|
| Ethernet | 100/2000 m | N/A | 10 Gbps |
| Wi-Fi | 50 m | 2.4/5 GHz | 1300 Mbps |
| BLE | 80 m | 2.4 GHz | 1 Mbps |
| ZigBee | 100 m | 915 MHz/2.4 GHz | 250 kbps |
| 3G/4G | 35/200 km | 1900/2100/2500 MHz | 1/10 Mbps |
| SigFox | 10/50 km | 868/902 MHz | 10–1000 bps |
| LoraWan | 2/5 km | Sub-GHz | 0.3-50 kbps |

Minicurso SBRC 2016



Capítulo

1

**Internet das Coisas: da Teoria à Prática**

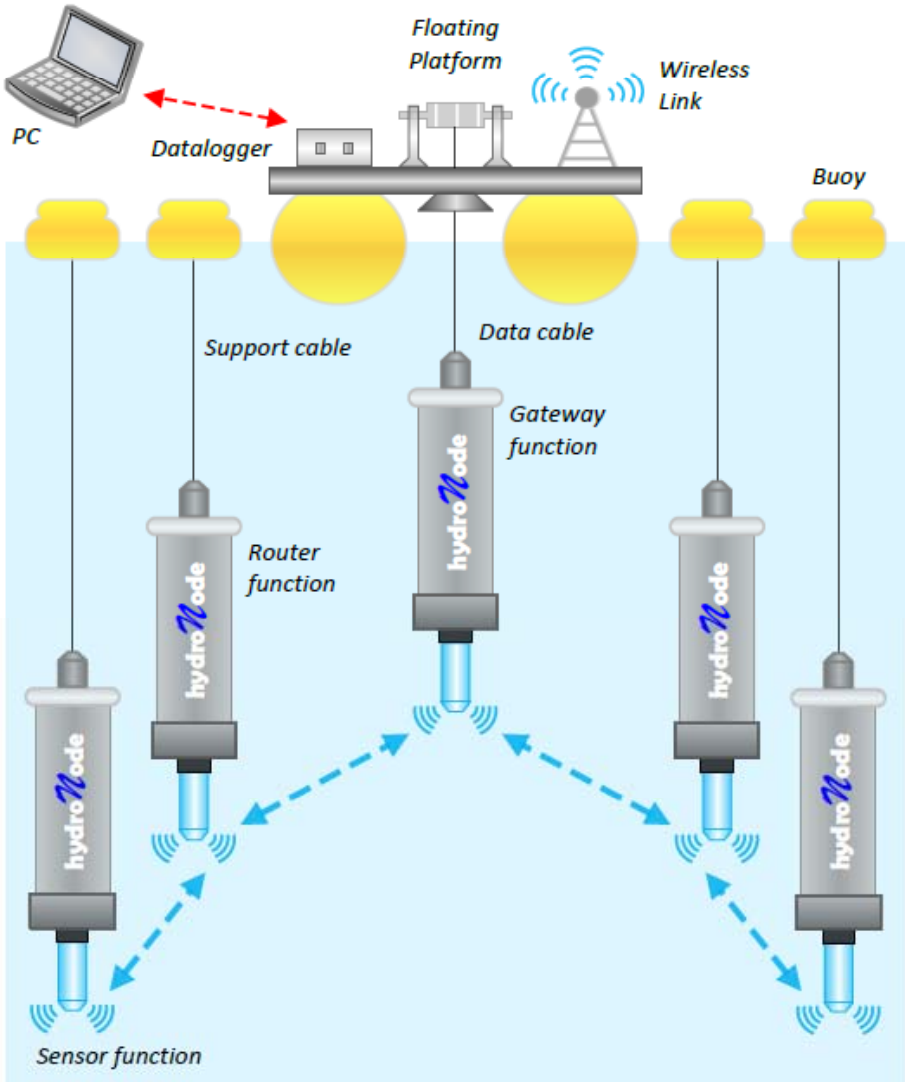
Bruno P. Santos, Lucas A. M. Silva, Clayson S. F. S. Celes, João B. Borges Neto, Bruna S. Peres, Marcos Augusto M. Vieira, Luiz Filipe M. Vieira, Olga N. Goussevskaia e Antonio A. F. Loureiro

Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Belo Horizonte, MG, Brasil

{bruno.ps, lams, claysonceles, joaoborges, bperes, mmvieira, lfvieira, olga, loureiro}@dcc.ufmg.br

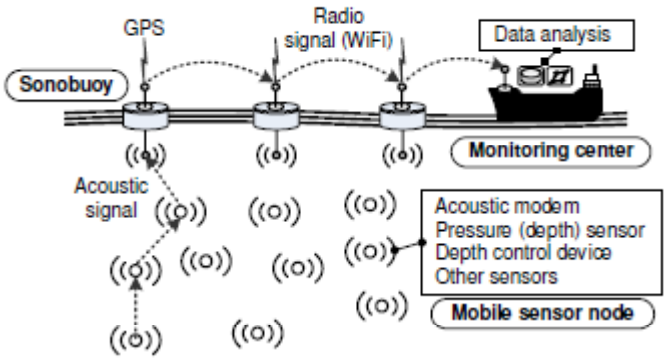
# Redes de Sensores Aquáticas

- Sensoriamento da qualidade da água
- Capacidade de Processamento e Comunicação
- Sensoriamento da coluna em diversas profundidades
- Permite monitoração 4D (espaço e tempo)



# Roteamento - Rede Aquática

- Roteamento baseado na pressão



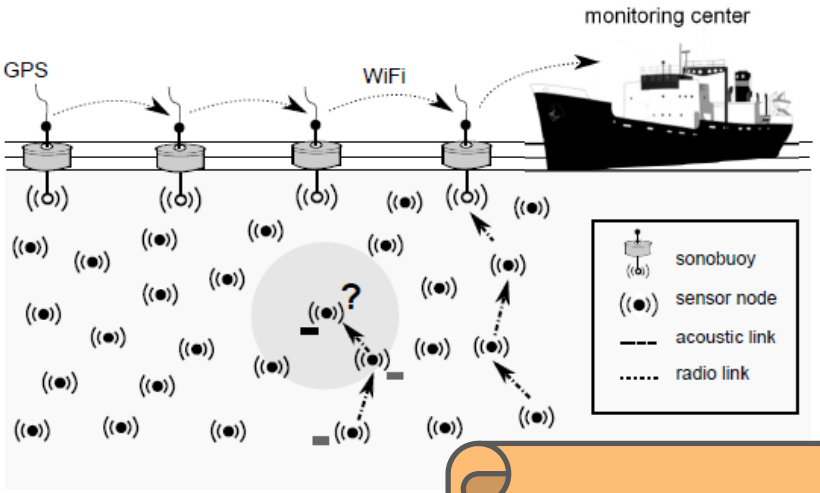

IEEE Transactions on Vehicular Technology 2016

Pressure Routing for Underwater Sensor Networks

Youngtae Noh, *Member, IEEE,* Uichin Lee, *Member, IEEE,* Saewoom Lee, *Student Member, IEEE,* Paul Wang, *Member, IEEE,* Luiz F. M. Vieira, *Member, IEEE,* Jun-Hong Cui, *Member, IEEE,* Mario Gerla, *Fellow, IEEE,* and Kiseon Kim, *Senior Member, IEEE*

# Roteamento - Rede Aquática

- Nós se movem para melhorar a rede



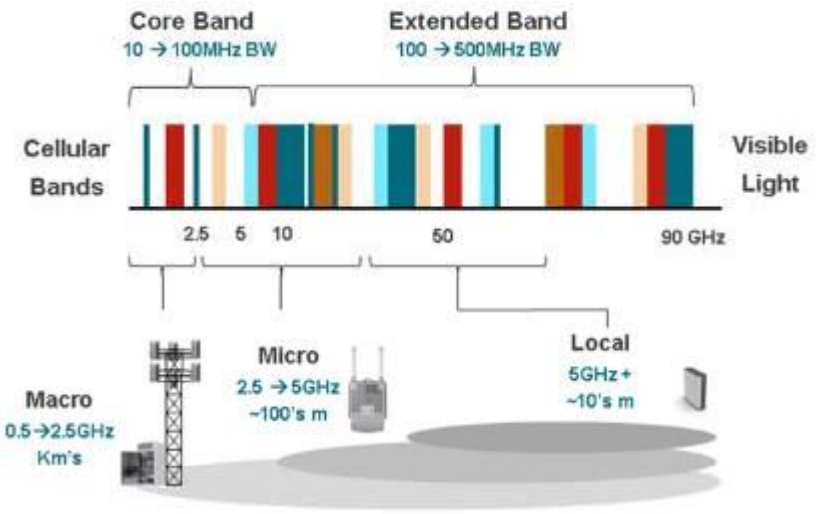

ICC 2014

GEDAR: Geographic and Opportunistic Routing Protocol with Depth Adjustment for Mobile Underwater Sensor Networks

Rodolfo W. L. Coutinho*†, Azzedine Boukerche†, Luiz F. M. Vieira* and Antonio A. F. Loureiro*
*Depart. of Comp. Science, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil
†PARADISE Research Laboratory, University of Ottawa, Ottawa, ON, Canada
{rwlc, lfvieira, loureiro}@dcc.ufmg.br, boukerch@site.uottawa.ca

# Largura de banda

- Aumentar o espectro utilizado
- Redes 5G

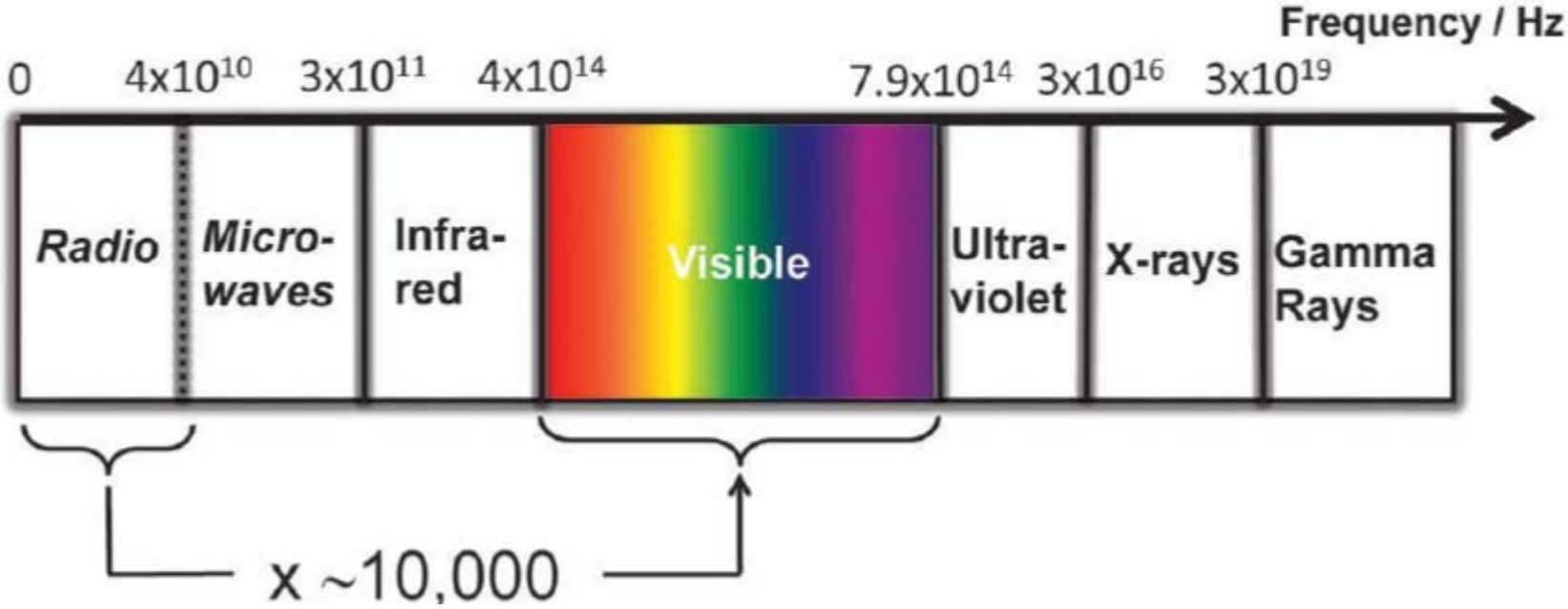



http://www.eetimes.com/author.asp?doc_id=1325670

# Largura de banda - VLC

- VLC – Visible Light Communication

**300GHZ VS 300 THZ**



# VLC

- OpenVLC

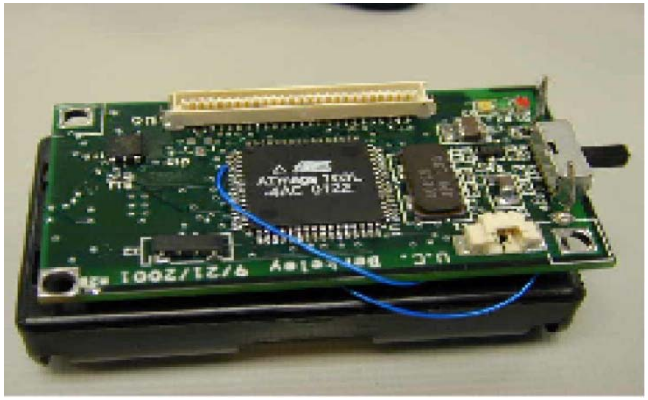
http://www.openvlc.org

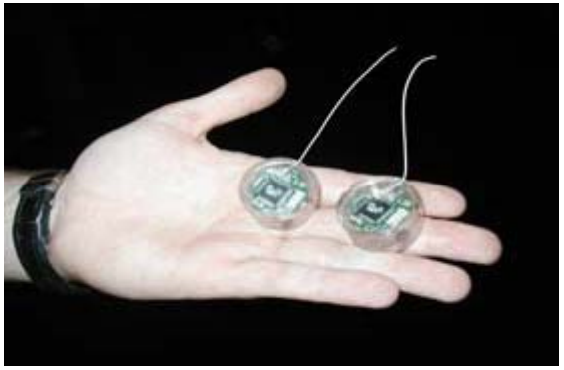
**Minicurso 02:** Comunicação por luz visível: conceito, aplicações e desafios
**Autores:** Alex Borges Vieira (UFJF), Luiz Filipe Vieira (UFMG), Marcos Vieira (UFMG), Jean Freire (UFMG), Luiz Mendes Matheus (UFJF) e Omprakash Gnawali (University of Houston)

# Redes de Sensores Sem Fio

- Formadas por nós sensores
- Capacidade de sensoriar e monitorar vários ambientes
- Utilizam comunicação sem fio
- Inúmeras aplicações

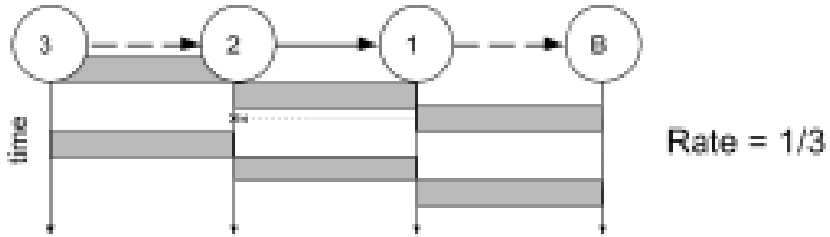
Mica2 Motes





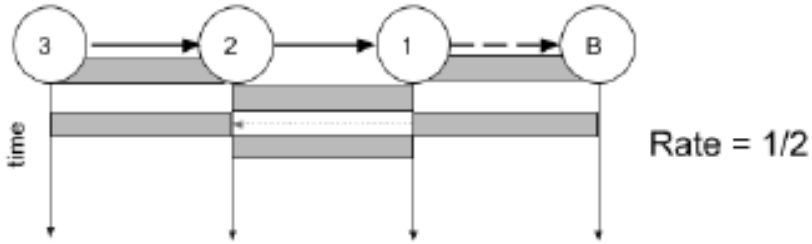
# Largura de Banda - RSSF

N > 2
Interference = 1




Uso de múltiplas frequências

N > 2
Interference = 1

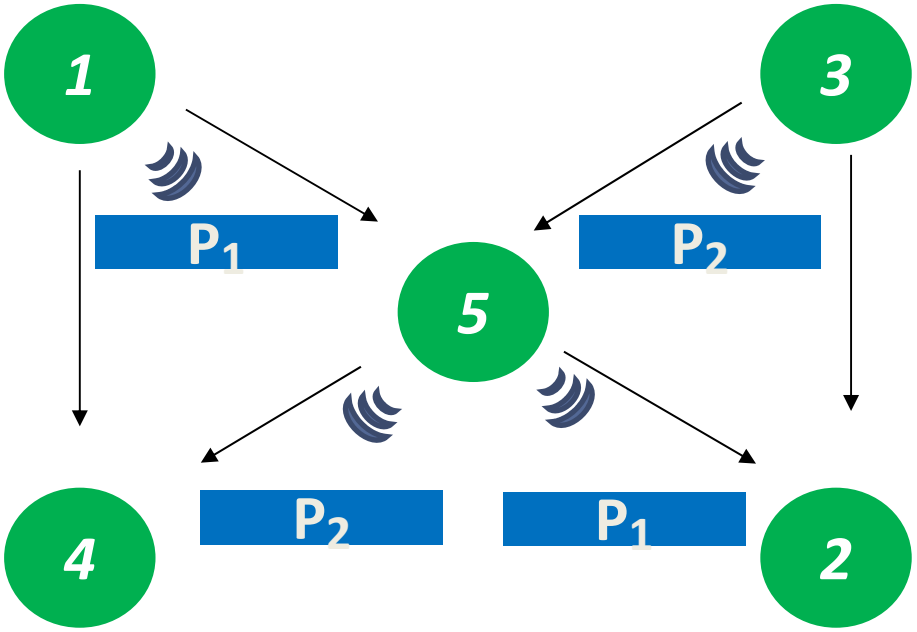


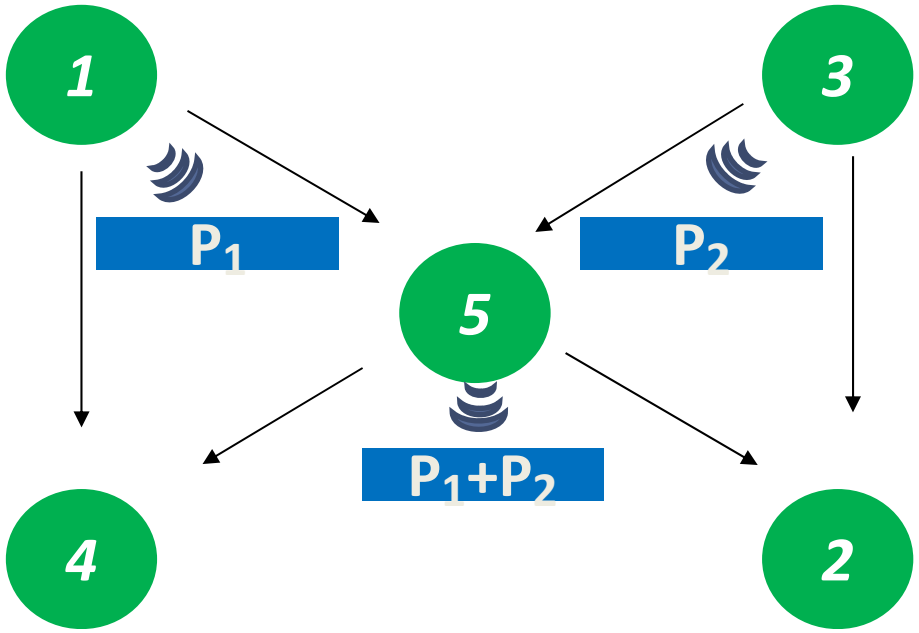

IEEE MASS 2016

FlushMF: A Transport Protocol using Multiple Frequencies for Wireless Sensor Network

Rodrigo C. Tavares, Marcos A. M. Vieira, Luiz F. M. Vieira

# Resiliência – Network Coding



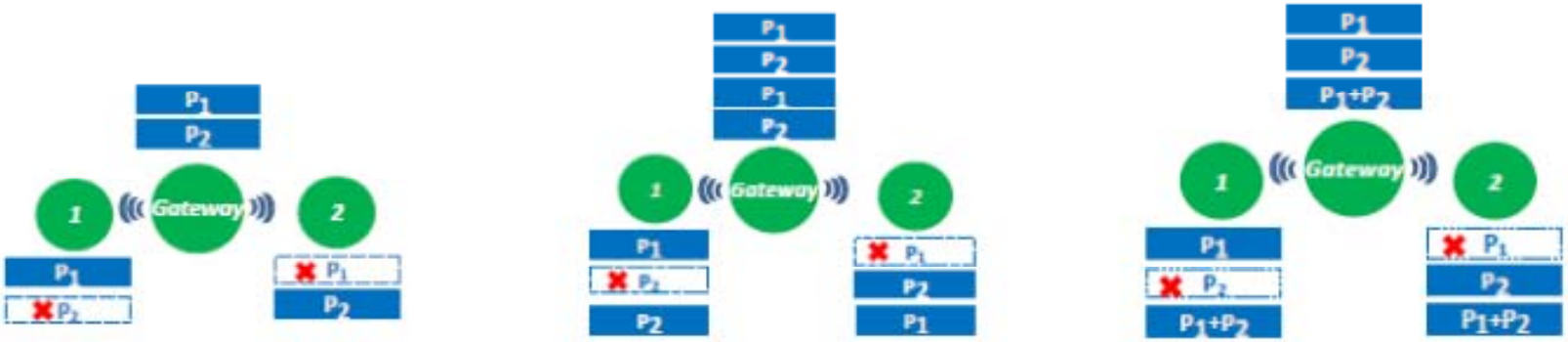




**Decodifica $P_2$** **Decodifica $P_1$**

Dois fluxos: $1 \rightarrow 5 \rightarrow 2$

$3 \rightarrow 5 \rightarrow 4$

# Resiliência – Network Coding




Ad Hoc Networks

Volume 54, January 2017, Pages 42–52

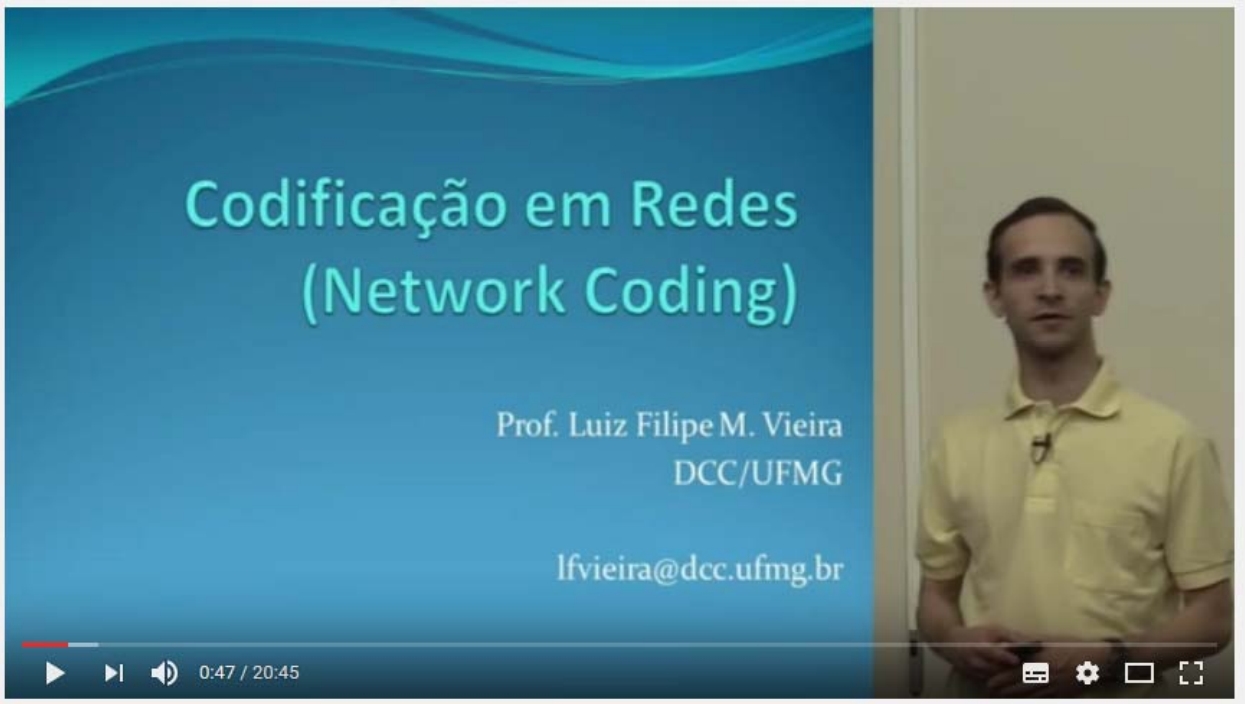
ELSEVIER

CodeDrip: Improving data dissemination for wireless sensor networks with network coding

Nildo dos Santos Ribeiro Júnior[a], Rodrigo C. Tavares[a], Marcos A.M. Vieira[a], Luiz F.M. Vieira[a], Omprakash Gnawali[b]

# Resiliência – Network Coding

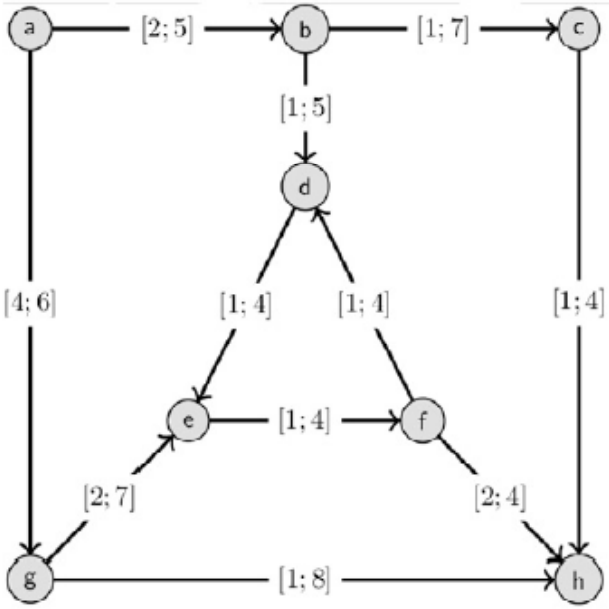
- Palestra Codificação de Redes

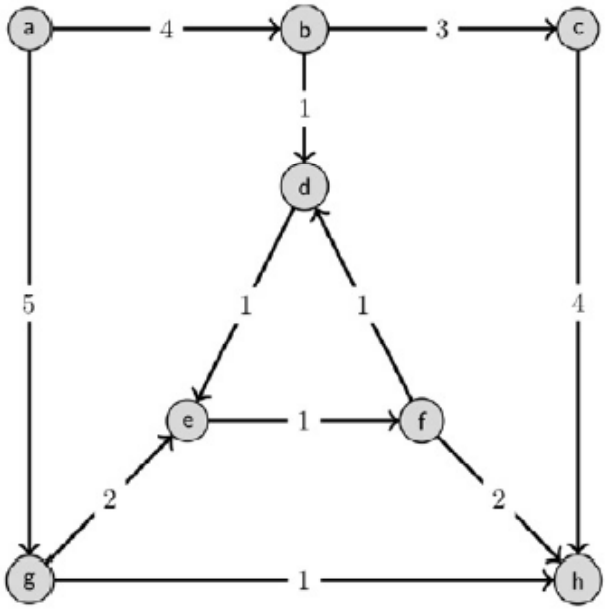



https://youtu.be/JxhkBokTeW8

# Roteamento Robusto - IoT

- Considera variação na qualidade do enlace



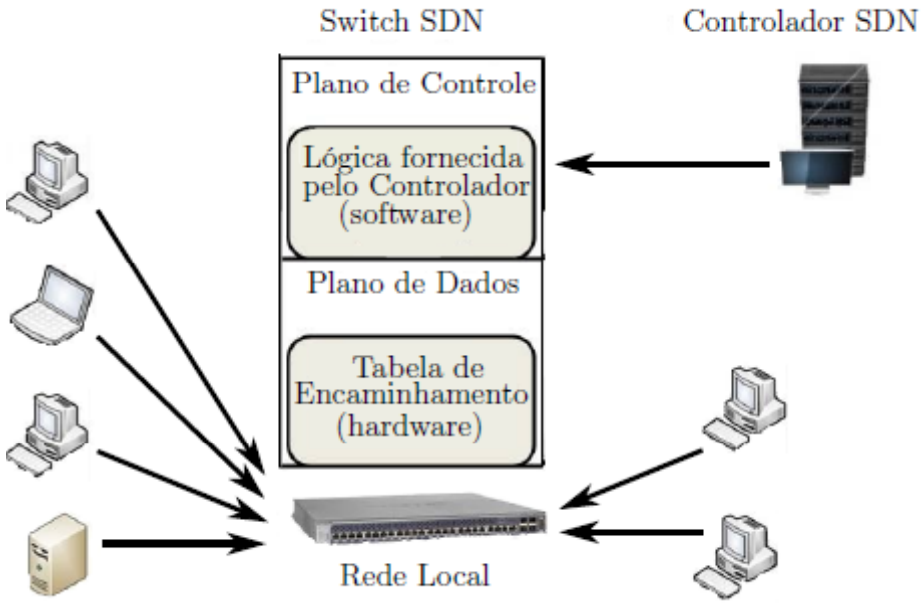

IFAC 2016

A Scenario Based Heuristic for the Robust Shortest Path Tree Problem ⋆

Iago A. Carvalho * Thiago F. Noronha *
Christophe Duhamel † Luiz F. M. Vieira *

# Software-Defined Networking (SDN)

- Plano de Dados separado do plano de Controle



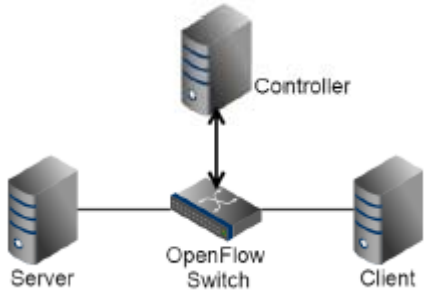

**Redes Definidas por Software: uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento das pesquisas em Redes de Computadores**

Dorgival Guedes[1,2], Luiz Filipe Menezes Vieira[1], Marcos Menezes Vieira[1], Henrique Rodrigues[3], Rogério Vinhal Nunes[1]

Engenharia de Tráfego em Redes Definidas por Software
Para dividir tráfego de entrada em Data Center, Dis. Mestrado, Erik de Britto e Silva.

# Desempenho - SDN

- Descobrir o gargalo
  - Medir desempenho
- Engenharia de Tráfego




IM 2017

Performance Evaluation of OpenFlow Data Planes

Leonardo C. Costa*, Alex B. Vieira*
Erik de Britto e Silva¶**, Daniel F. Macedo¶
Geraldo Gomes‡, Luiz H. A. Correia‡, Luiz F. M. Vieira¶

# Software Defined Radio (SDR)

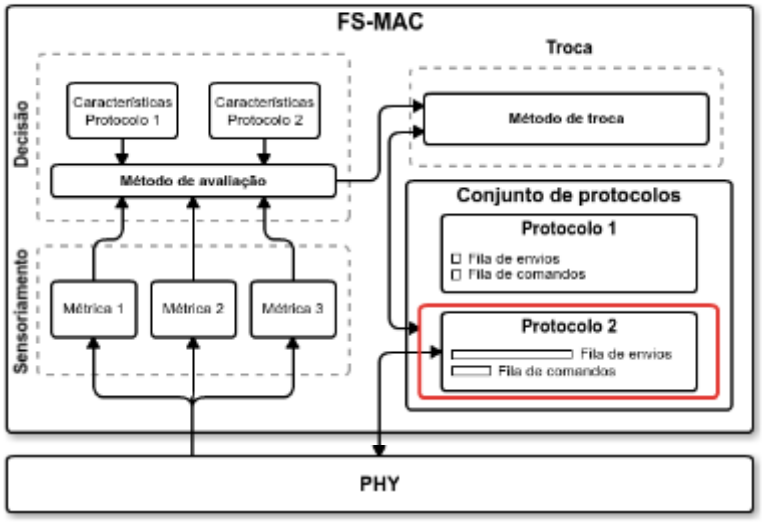
- Componentes tipicamente implementados em hardware são implementados em software.

**Introdução a Rádios Definidos por *Software* com aplicações em GNU Radio**

Wendley S. Silva, Jefferson Rayneres S. Cordeiro, Daniel F. Macedo, Marcos A. M. Vieira, Luiz F. M. Vieira, José Marcos S. Nogueira

# Desempenho - SDR

- Trocar o protocolo dependendo do ambiente




**FS-MAC: Uma Plataforma para a Flexibilização da Subcamada MAC em Redes Sem Fio**

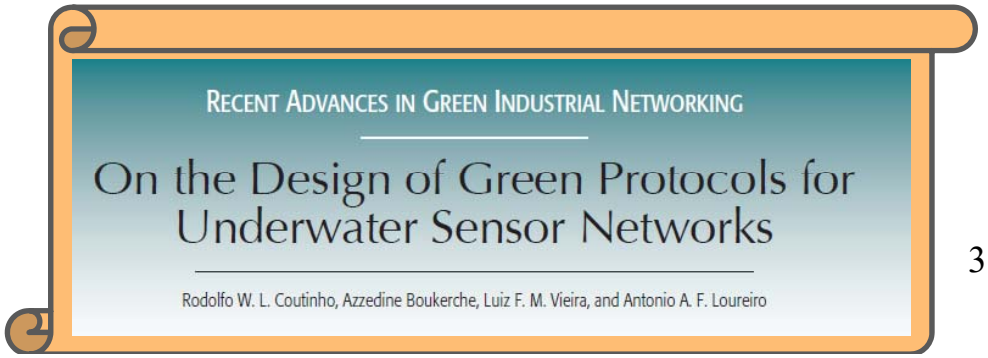
**Jefferson R. S. Cordeiro, Esthefanie Lanza, Daniel F. Macedo, Luiz F. M. Vieira**

# Eficiência energética

- Várias técnicas em cada camada de rede

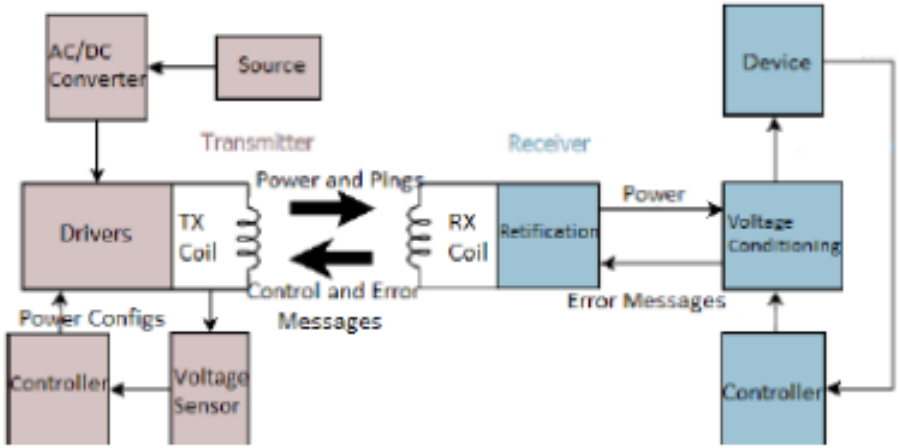
| Protocol layer | Approach | Design objectives |
|---|---|---|
| Service and application layer | Localization and time synchronization | Low-error node location determination and precise clock time synchronization |
| | Data aggregation and compressed sensing | Reduce the amount of transmitted data |
| Network layer | Void region recovery | Efficient routes for routing data packets stuck at void nodes when routed by geographic routing |
| | Opportunistic routing | Reliability of data delivery |
| Link layer | Duty cycle | Energy efficiency |
| | Cross-layer design with MIMO transmission | Reliability and maximized throughput of data communication |
| Physical layer | Power control | Energy efficiency, link reliability |
| | Cooperative communication | |

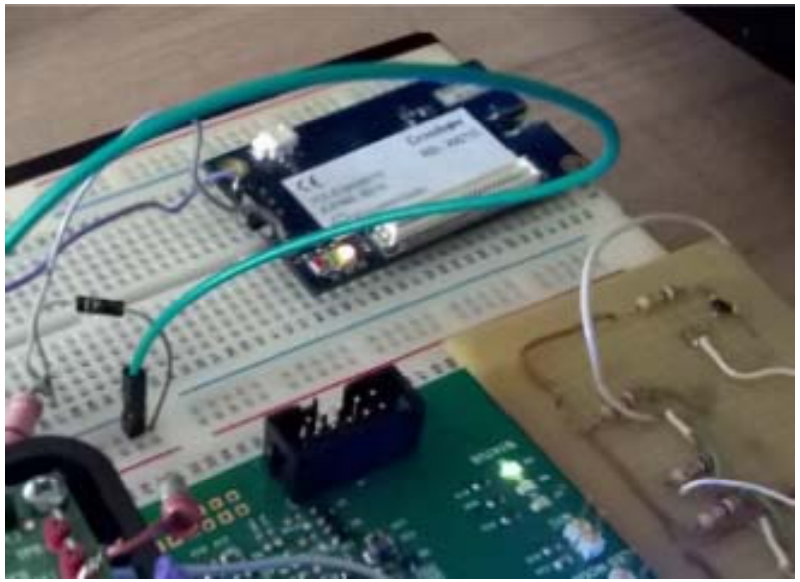
IEEE Communications Magazine 2016



# Eficiência energética

- Transferência de energia sem fio



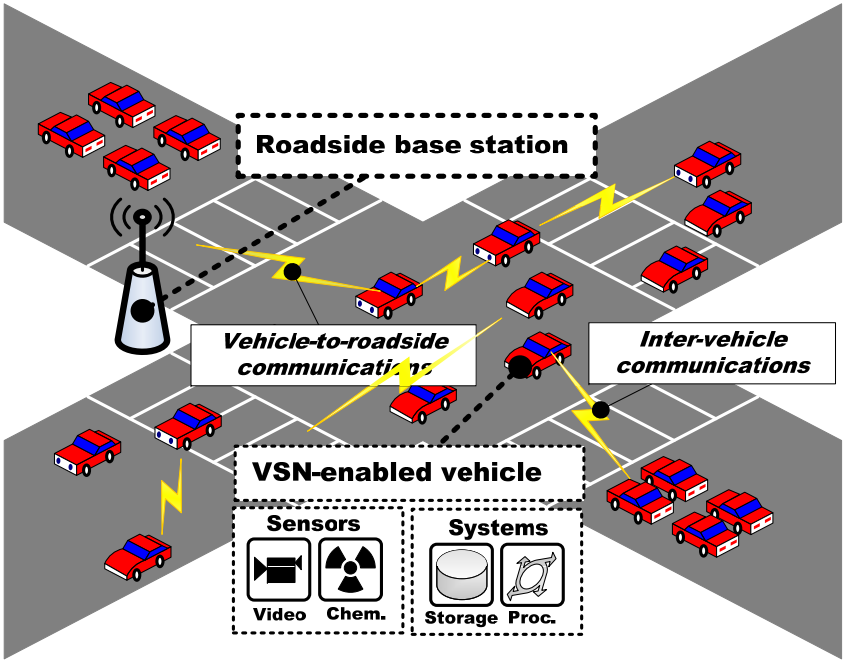



**STEIN: Sistema de Transferência de Energia para INternet das coisas**

Alexander D. de Sousa[1], Luiz F. M. Vieira[1], Marcos A. M. Vieira[1]

# Redes Veiculares

- VANETs – Vehicular Ad-Hoc Networks



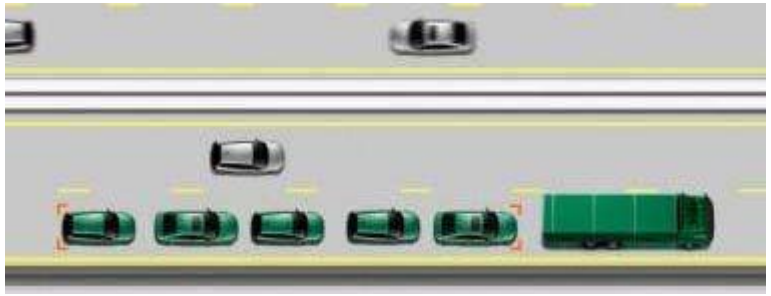

- Ad Hoc puro
  - Sem suporte externo
- Infra-estruturado
  - Aumenta conectividade
  - Conexão com outras redes
- Híbrido
  - Combina os dois mundos

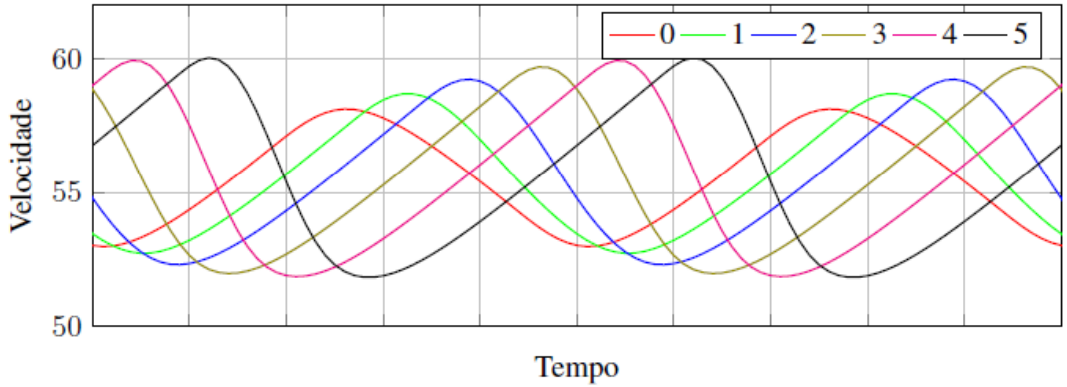
# Aplicações

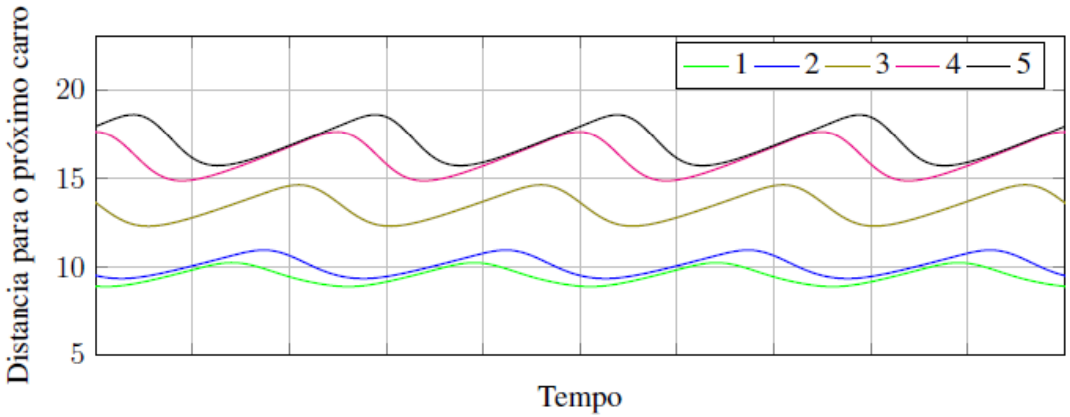
- **Segurança no trânsito**
  - Podem reduzir o número de colisões em cruzamentos.
    - Posição e velocidade
    - Informando o estado de sinais
    - Avisando motoristas desatentos

# Platooning

# Platooning

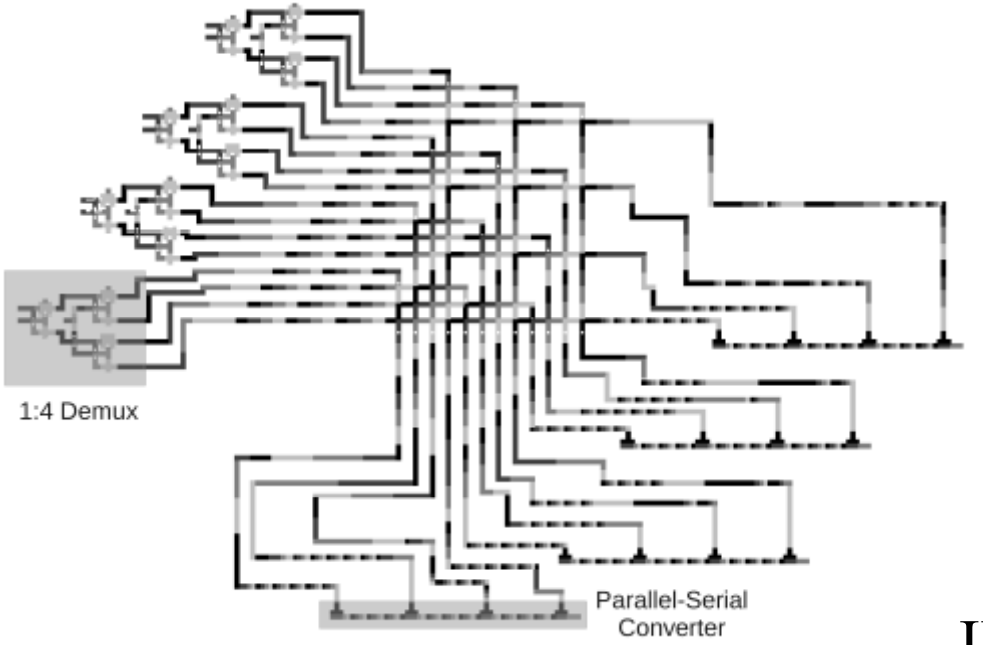



0
1
2
3
4
5
60
55
50
Velocidade
Tempo


1
2
3
4
5
20
15
10
5
Distancia para o próximo carro
Tempo

# Nanoredes

- Roteador usando QCA




IEEE JSAC 2014

NanoRouter: A Quantum-dot Cellular Automata Design

Luiz H. B. Sardinha, Artur M. M. Costa, Omar P. Vilela Neto, Luiz F. M. Vieira, and Marcos A. M. Vieira

# Mais informações

- 2016 – Redes Sem Fio

2016 - Redes Sem Fio - Prof Luiz Filipe

- 2015 – Redes sem fio

2015 - Redes sem fio - Parte 1 de 2

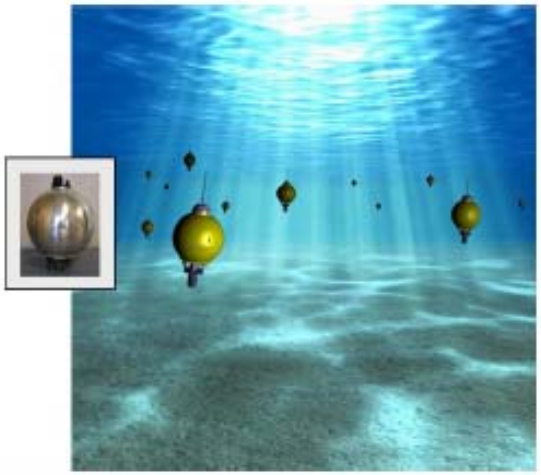
- 2014 – Modelos para Redes Sem Fio

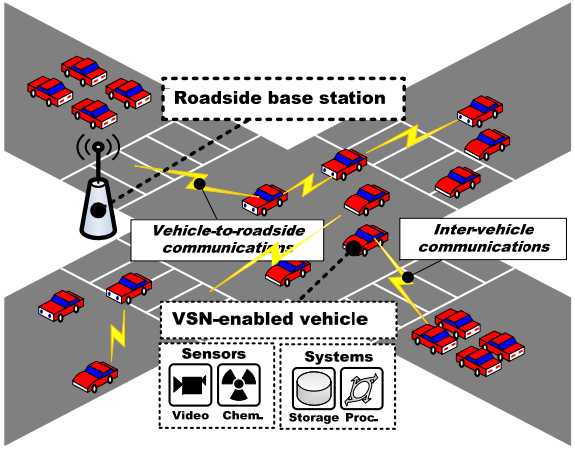
Modelos de Algoritmos para Redes parte 1/2

- 2013- Redes Sensores Sem Fio Aquáticas

Redes Sensores Sem Fio Aquáticas - parte 1

# Obrigado!



Luiz Filipe M. Vieira

lfvieira@dcc.ufmg.br