

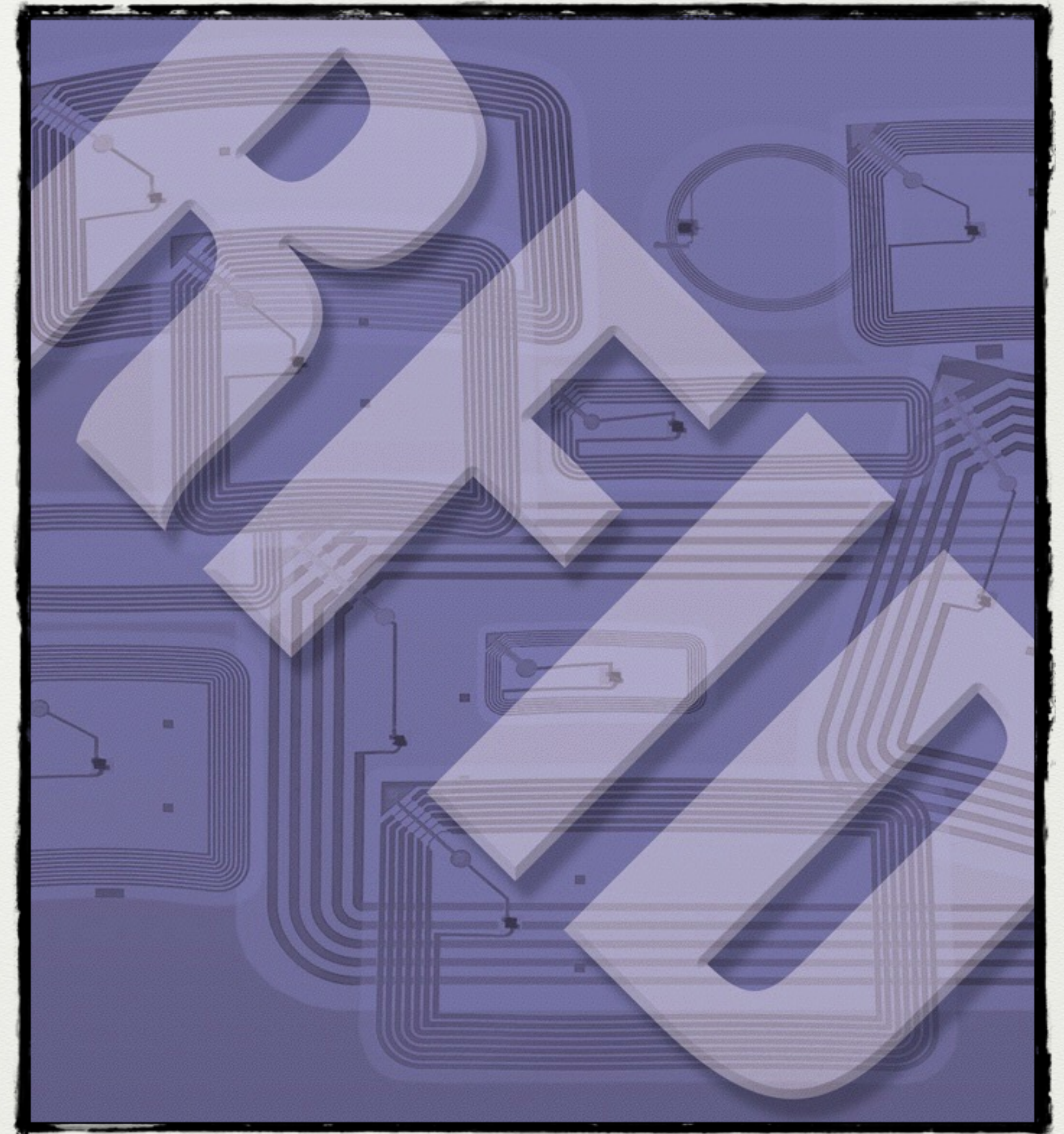
# AULA 11 - RFID

Prof. Pedro Braconnot Velloso

# Resumo da aula anterior

- Redes de sensores
  - Aplicações
  - Diferenças para as MANETs
  - Arquitetura
  - Roteamento
  - Restrições

# Radio Frequency Identification RFID



Fonte: <http://www.phidata.be>

# História

- Invenção em 1948
- Década de 1950
  - Testes em laboratório
- Década de 60
  - Desenvolvimento da teoria
  - Testes em aplicações
- Década de 70
  - Explosão do desenvolvimento da tec.
  - Adoção das primeiras implementações
- Década de 80
  - Aplicações comerciais
- Década de 90
  - Padrões e grandes avanços
  - Usado no dia-a-dia
- Uso na indústria e no setor público —> 2003

# Radio Frequency Identification

- Identificação de objetos
  - Ondas de rádio
  - Um microchip que transmite dados
    - Electronic Product Code (EPC)
- Vantagens em relação a códigos de barras
  - Não precisa estar na "linha de visão"
  - Maior alcance
  - Maior capacidade de armazenamento
  - Reprogramável



# Principais aplicações

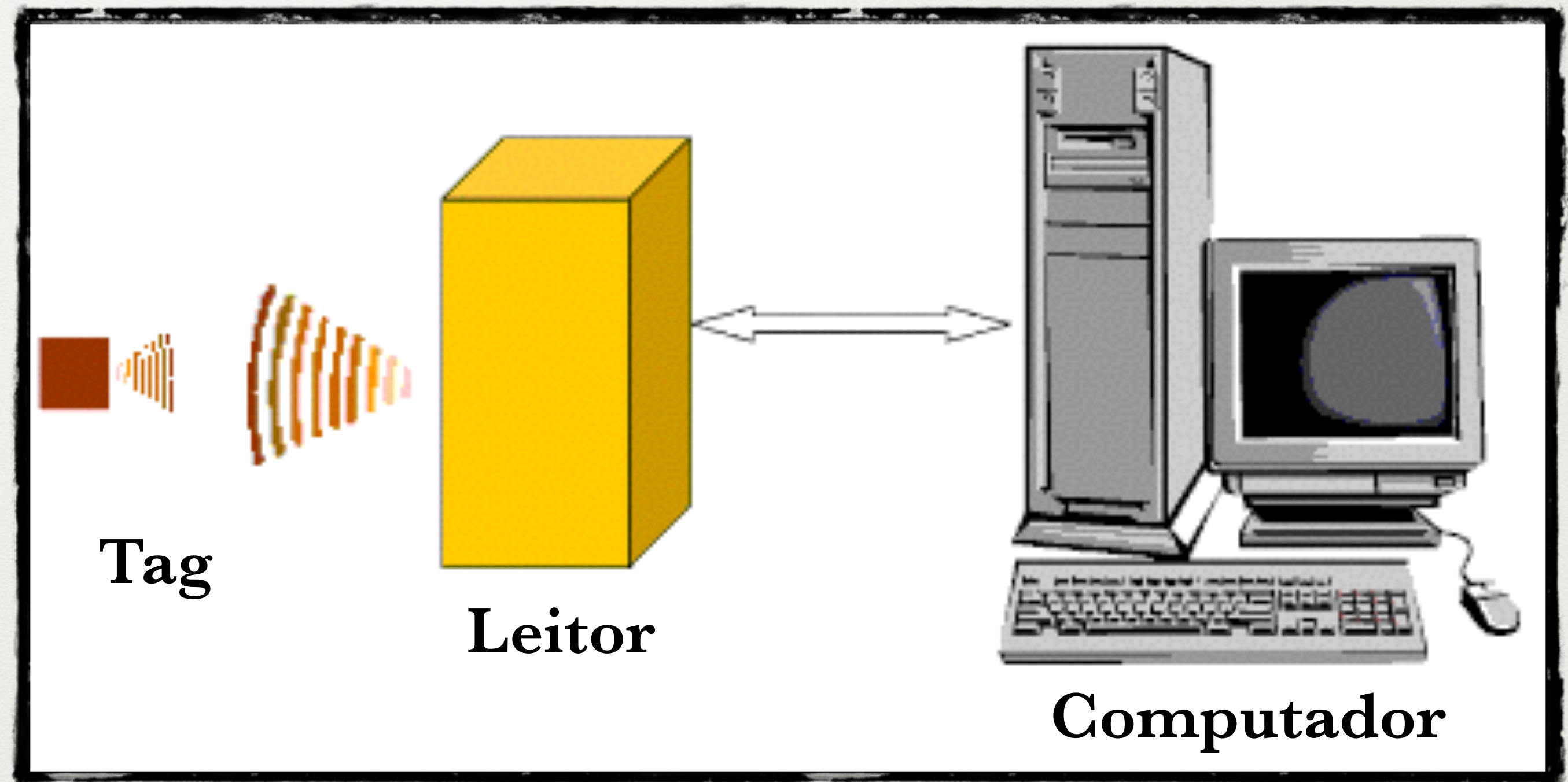
- Rastreamento de objetos
- Substituição de código de barras
- Passaporte com RFID
- Cartões de crédito
- Pagamento de sistemas de transporte
- Identificação de animais

# Área de aplicações

- Doméstico
- Agricultura
- Saúde
  - BAN
- Comércio
  - Wal-Mart
- Transporte
- Aquática

# Componentes da tecnologia RFID

- *Tag (Transponder)*
  - Passiva
  - Ativa
  - Semi-ativa
- Leitor
- Computador

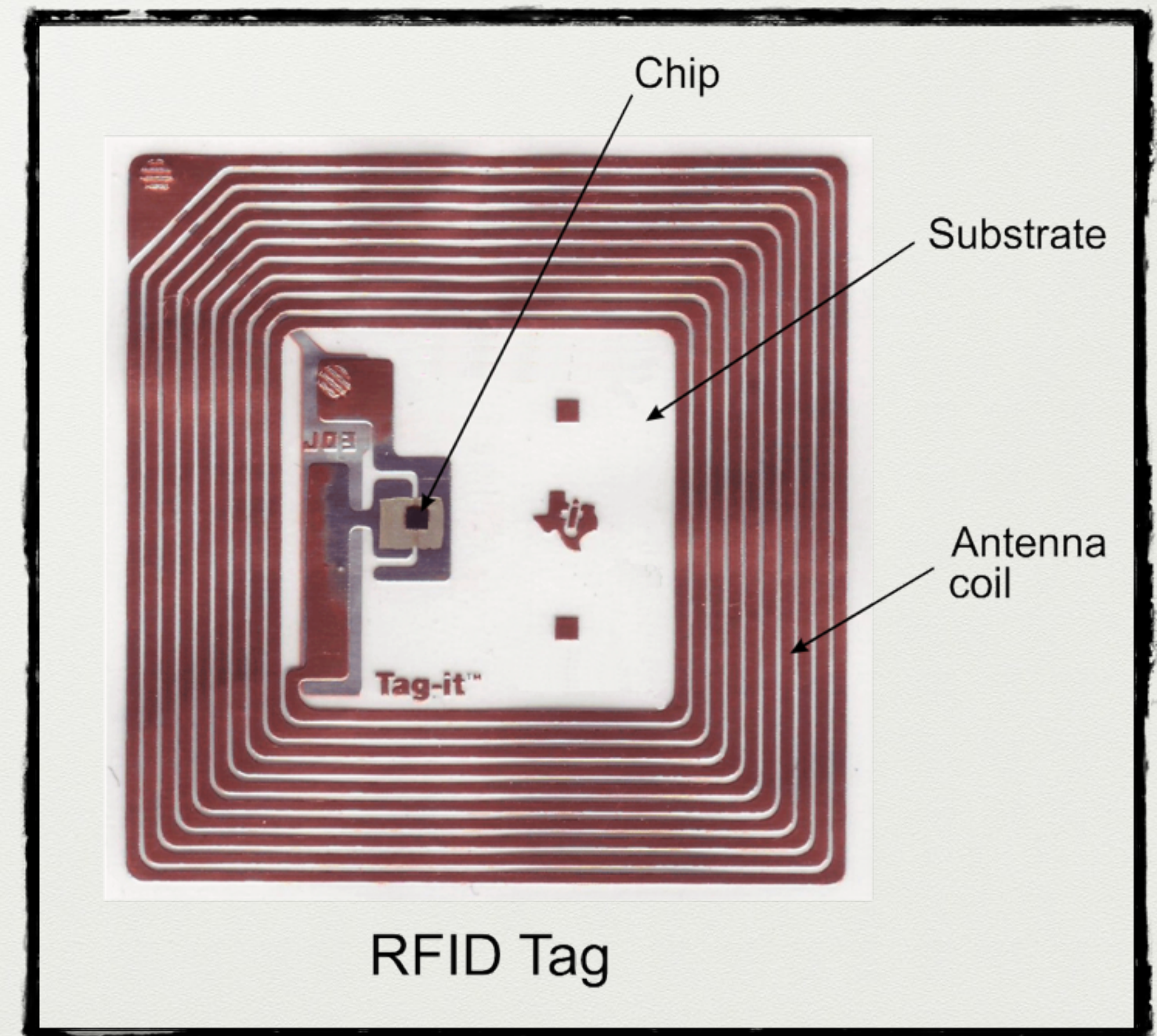


Adaptada: <http://www.electronicshub.org/rfid-technology-and-its-applications/>



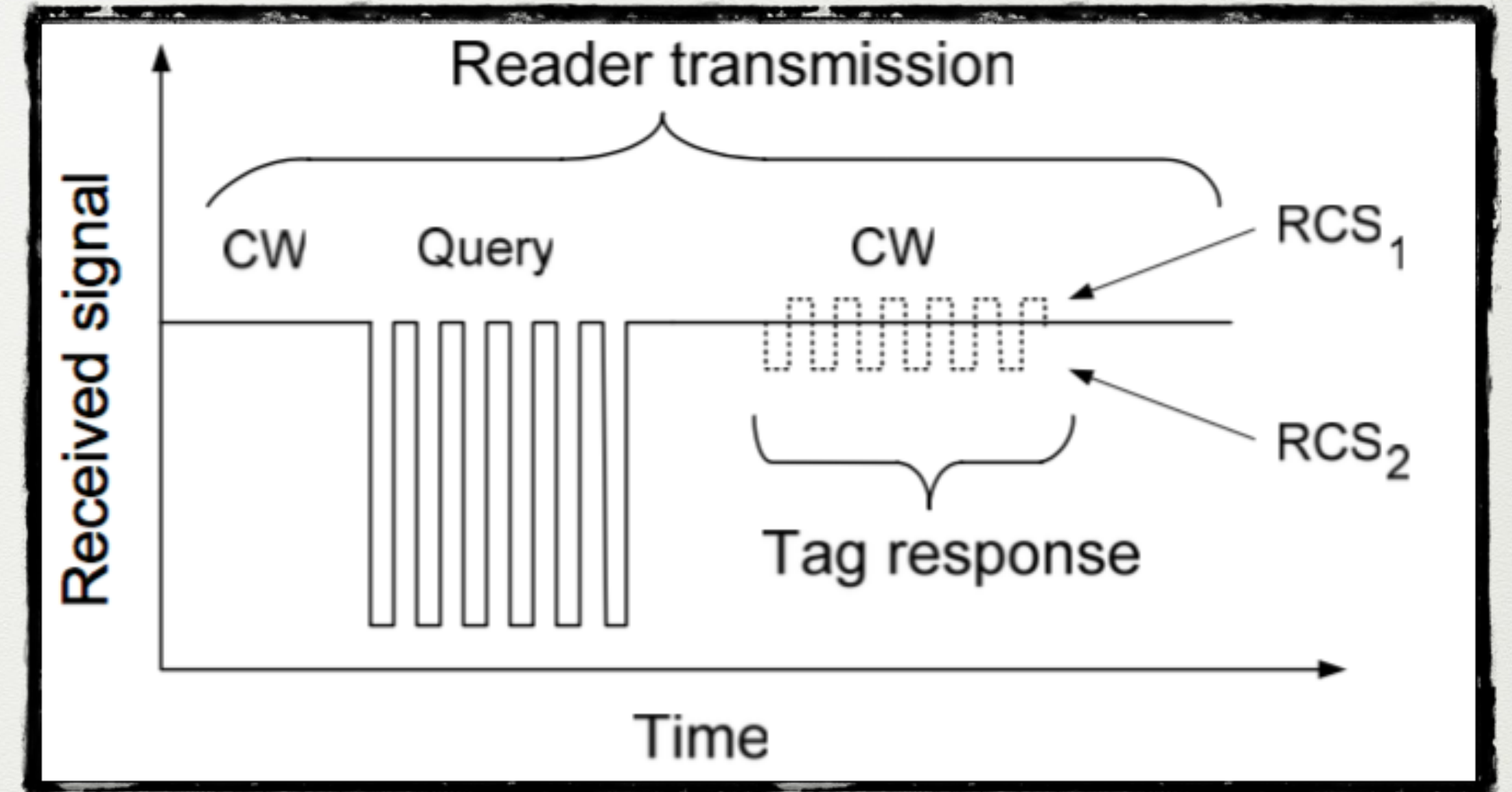
# Tag passiva

- Microship
  - Ready Only
  - Read/Write
  - Armazenamento
    - 96 bits até 32.000 bits
- Antena
  - Tamanho e forma afetam o desempenho
- Substrato



# Tag passiva

- Indução eletromagnética
  - Campo eletro-magnético do leitor
  - Induz uma corrente na antena
    - Energia para a Tag
- Transmissão por reflexão do sinal do leitor
  - *Backscattering*
    - Sinal é modulado variando a impedância
      - Varia o coeficiente de reflexão da antena
- Alcance de alguns metros



Fonte: P. V. Nikitin and K. V. S. Rao, "Theory and Measurement of Backscattering from RFID Tags"

# *Tag* ativa

- Possui alimentação própria
- Alcance varia
  - 10 a 100 metros
- Mais caras

# *Tag* semi-ativa

- Possui bateria
  - Apenas para as operações internas
  - Está sempre ligado
    - Responde mais rápido
- Antena pode ser otimizada
  - Para o *backscattering*

# Leitor RFID

- Controla a comunicação
- Interroga as *Tags*
- Alcance
  - 10 - 15 metros
  - 100 metros



Fonte: <https://endtimetruth.com/mark-of-the-beast/rfid/>

# Frequência de funcionamento

- Baixa frequência
  - 125-134 KHz
- Alta Frequência
  - 13,56 MHz
- UHF
  - 868-956 MHz
- Micro-ondas
  - 2,45 GHz



mais caras

maior taxa de transmissão

# Padrões

- Muitos padrões
  - ISO 11784, ISO 11785, ISO 14223, ISO 10536, ISO 14443, ISO 15693
  - ISO/IEC 18000 : RFID Air Interface Standards
    - ISO 18000-1 à 18000-7
      - Interface de rádio para cada uma das frequências
  - Para diferentes aplicações
    - Alcance e taxas de transferência diferentes
- Quase duas mil patentes
  - Entre 1976 e 2001

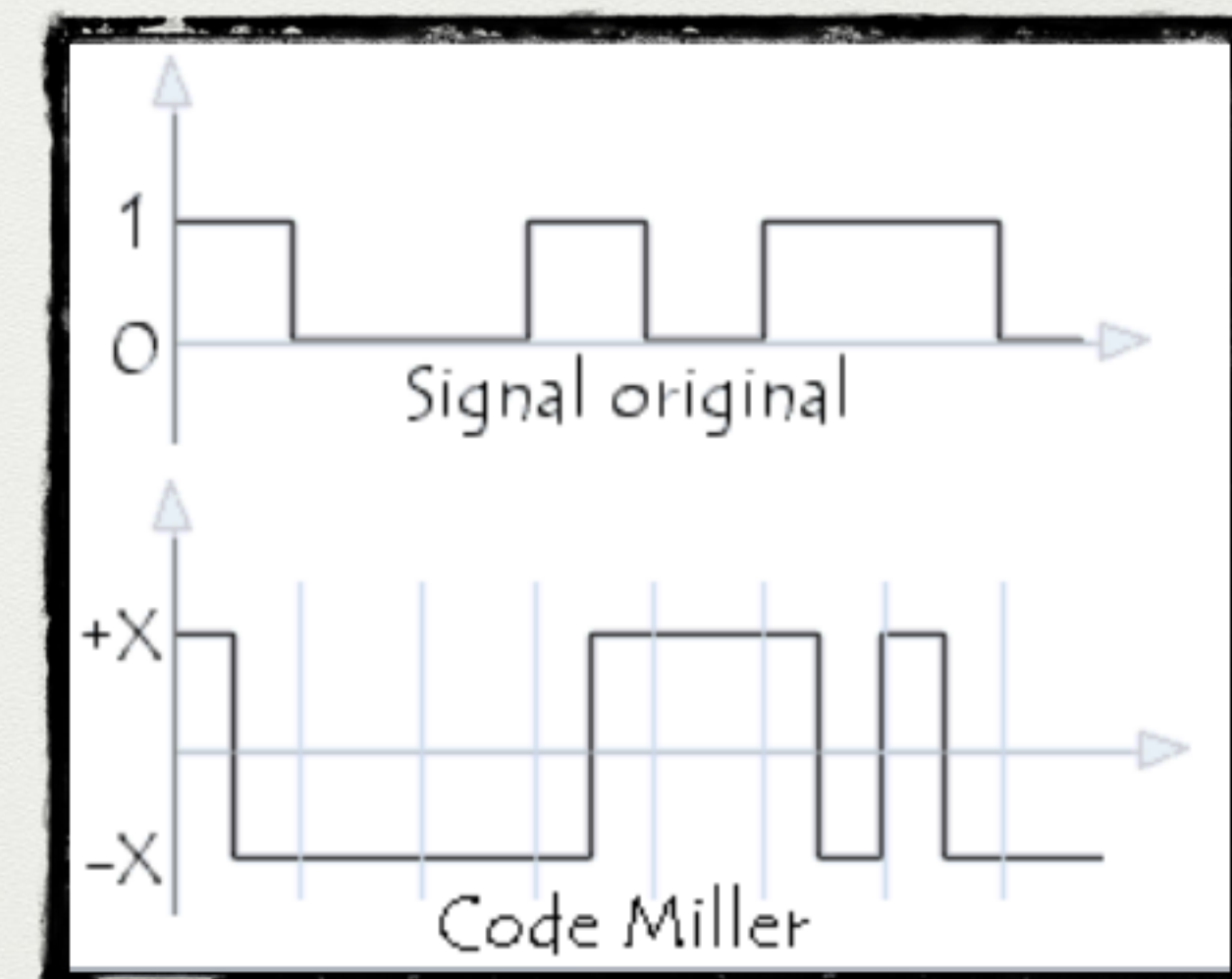
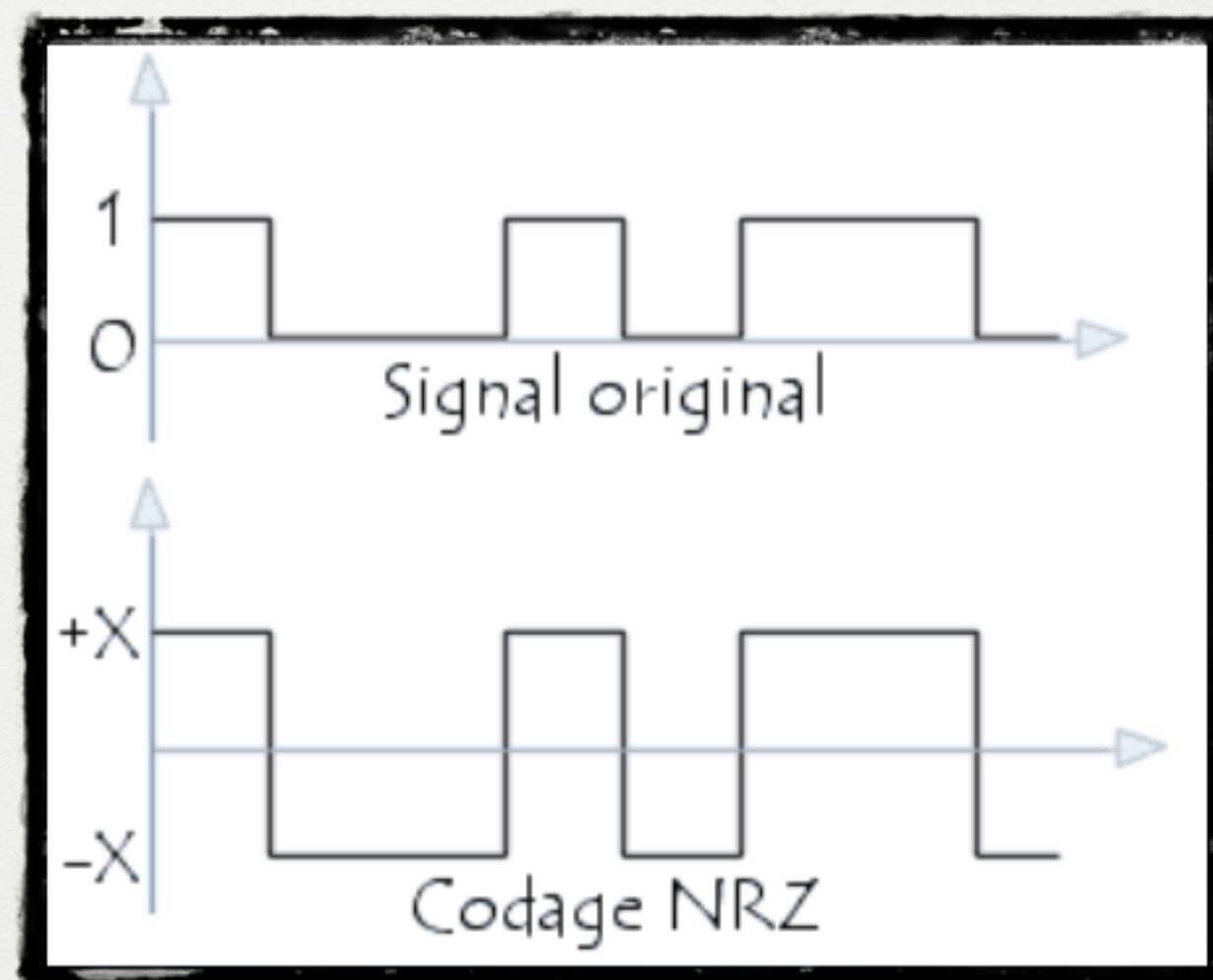
# Alguns padrões

- Proximity Smart Cards (13.56 MHz)
  - Alcance = 10 centímetros
  - Taxa = 106 kilobaud
  - ISO/IEC 14443
- Identificação de animais (134.2 kHz)
  - ISO 11784, ISO 11785, ISO 14223
  - Penetra na lama, sangue e na água



# Camada Física

- Codificação do sinal
  - NRZ
  - Delay Mode (Miller)
  - Manchester
  - Manchester diferencial
- Modulações
  - ASK e FSK



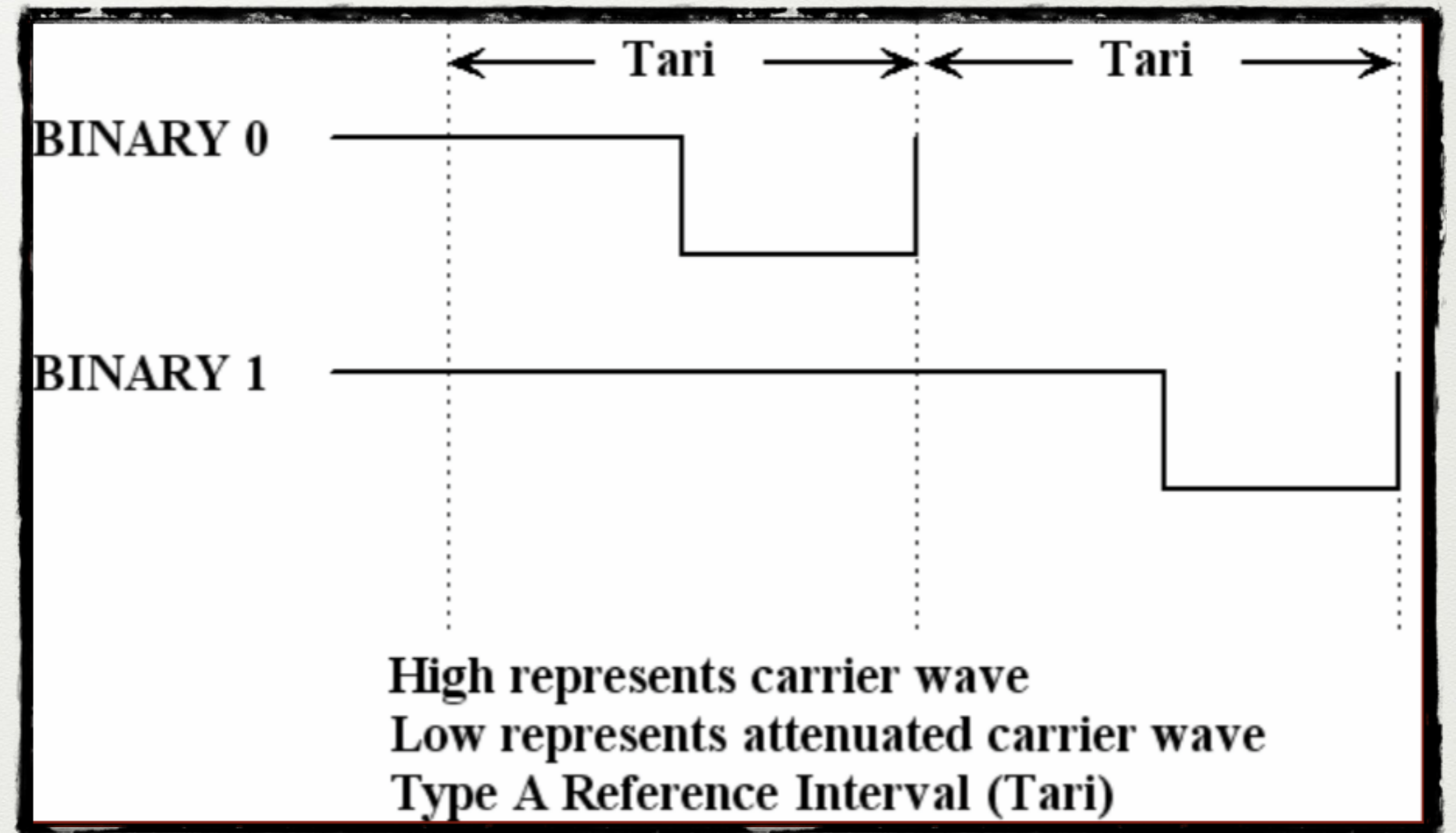
Fonte: Michaël Madegard, "RFID"

Donnée	1	0	1	1	0	0	0
Horloge des données							
Manchester							
Manchester Différentiel							

# EPCglobal UHF Class-1 Gen-2 — PHY

Leitor  $\longrightarrow$  *Tag*

- Modulation
  - DSB-ASK
  - SSB-ASK
  - PR-ASK
- Encoding
  - Pulse interval encoding (PIE)
- Data rate
  - 40 Kbps, 80 Kbps e 160 Kbps



Fonte: Michaël Madegard, "RFID"

# EPCglobal UHF Class-1 Gen-2 — PHY

*Tag* —> Leitor

- Modulation
  - ASK
  - PSK
- Encoding
  - FM0
  - Miller
- Data rate
  - 5 Kbps a 640 Kbps
  - média medida em laboratório é bem mais próximo do 5 Kbps

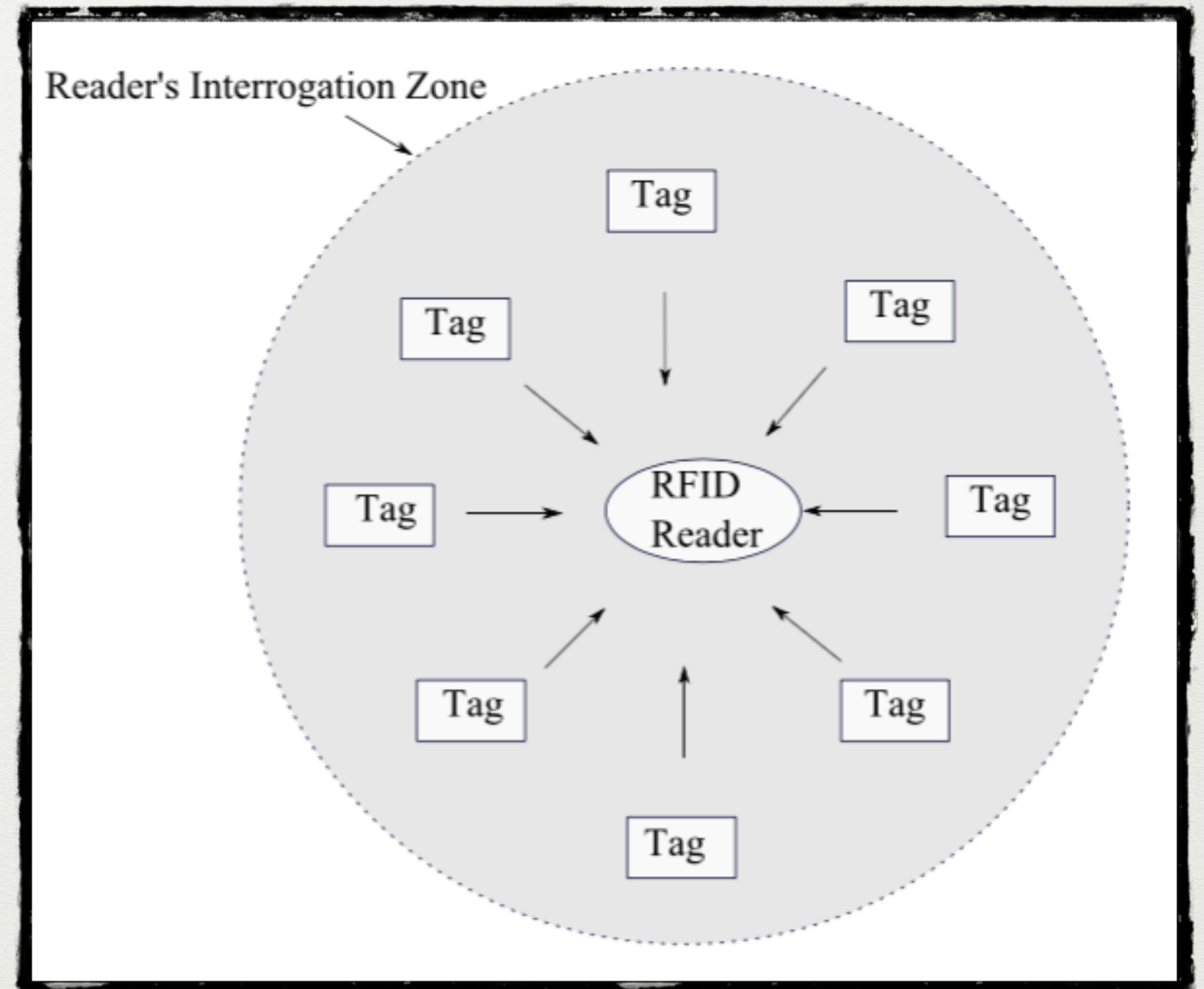
# RFID

Medium Access Control



# Medium Access Control

- Leitor
  - Zona de interrogação
    - Consegue ativar a *Tag*
    - Receber e decodificar a informação
  - Lê apenas uma *Tag* por vez
- Colisão
  - Muitas Tags na zona de interrogação de um Leitor
  - Muitos Leitores com interseção nas zonas de interrogação



Fonte: Klair et al., "Survey and Tutorial of RFID anti-collision protocols", IEEE Communications Survey & Tutorials, 2010

# CSMA — Pró-ativo

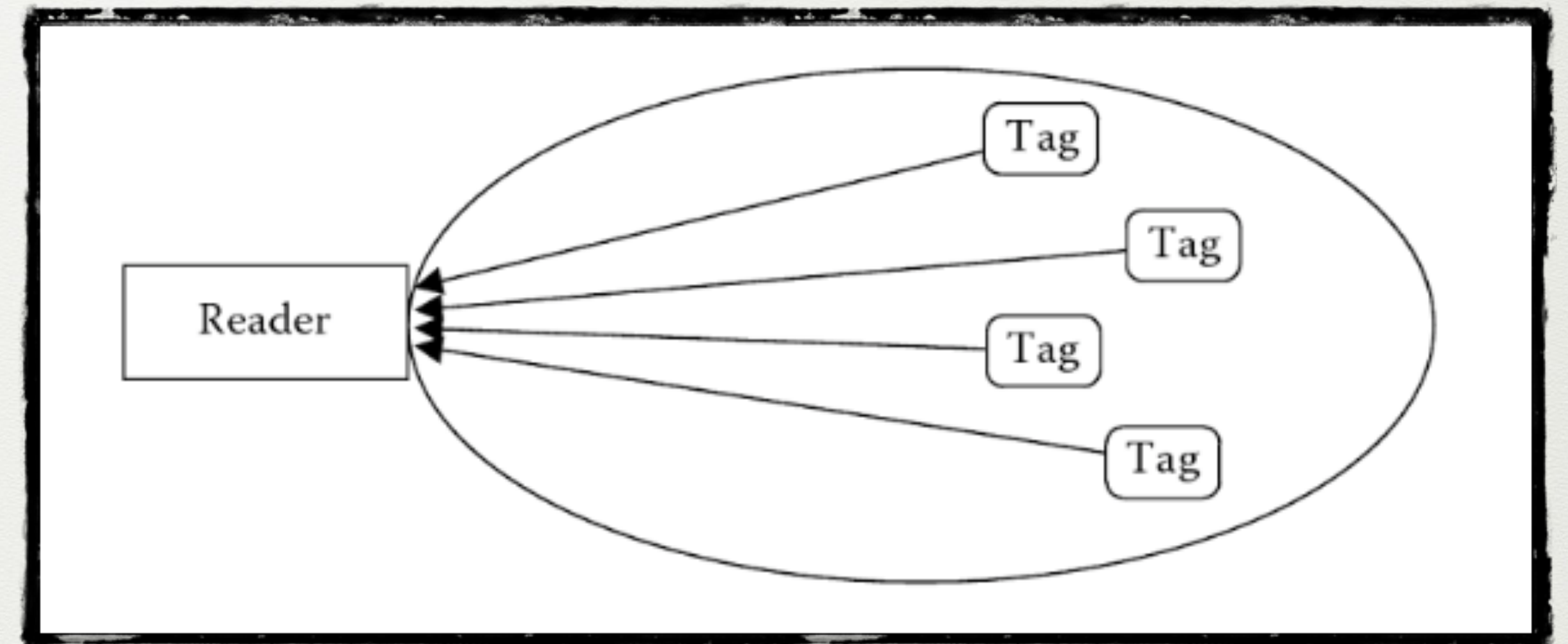
- Não funciona
  - Backscattering
    - Tags não escutam o meio
      - Não podem evitar nem detectar colisão
  - Tags passivas
    - Limitações
- Collision Avoidance
  - Pode reduzir muito o desempenho da comunicação
  - Aumentar o custo das *Tags*

# MAC Reativo

- Reduzir o efeito das colisões
- Recuperar rapidamente das colisões

# Categorias de colisões

- *Tag* → Leitor
- Duas ou mais Tags respondem a interrogação de um Leitor simultaneamente
- Reduz a taxa de Leitura
- Desperdiça recursos da rede
- Aumenta o atraso

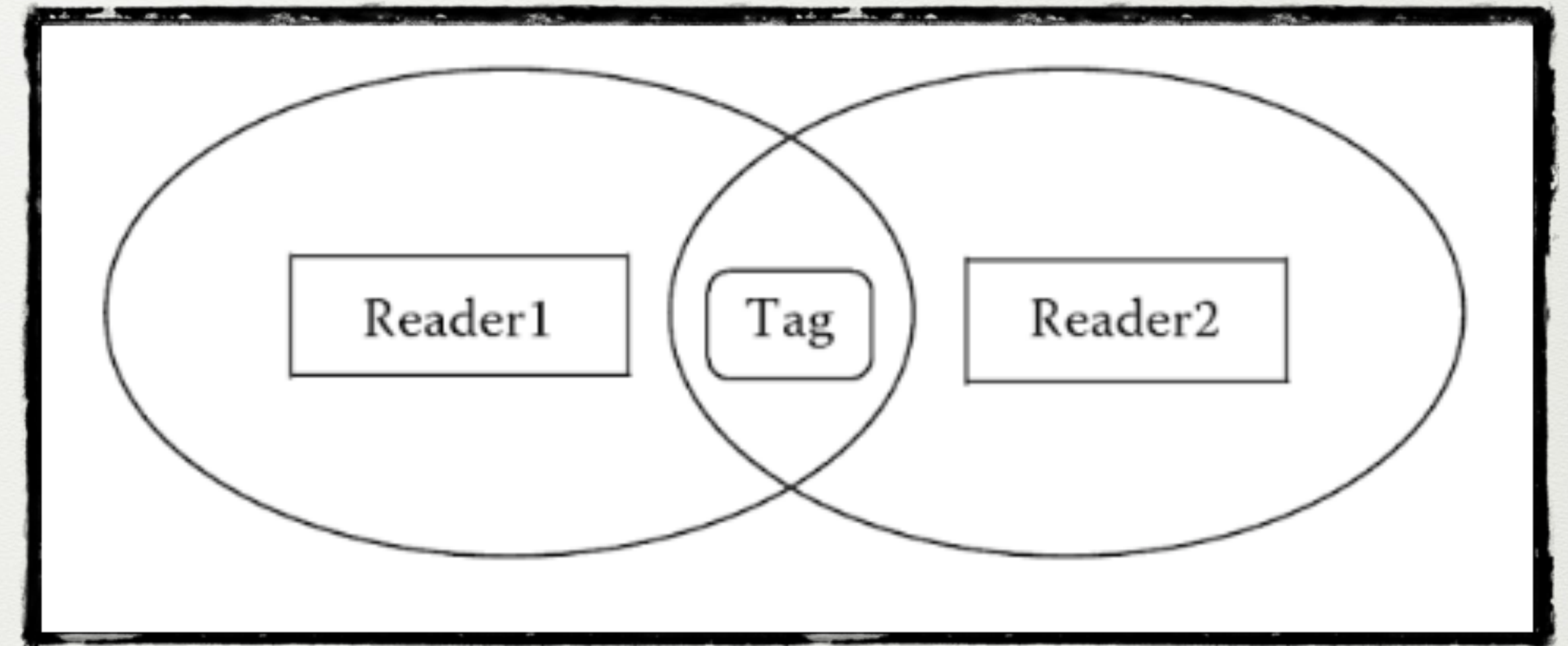


Fonte: A. M. Taha, H. S. Hassanein, K. Ali, "RFID and Sensor Networks", capítulo 1, 2009



# Categorias de colisões

- Leitor  $\rightarrow$  *Tag*
- Uma *Tag* tenta responder a mais de um Leitor ao mesmo tempo
- Corrompe o estado interno da *Tag*
- *Tag* não consegue ser detectada



Fonte: A. M. Taha, H. S. Hassanein, K. Ali, "RFID and Sensor Networks", capítulo 1, 2009

# Categorias de colisões

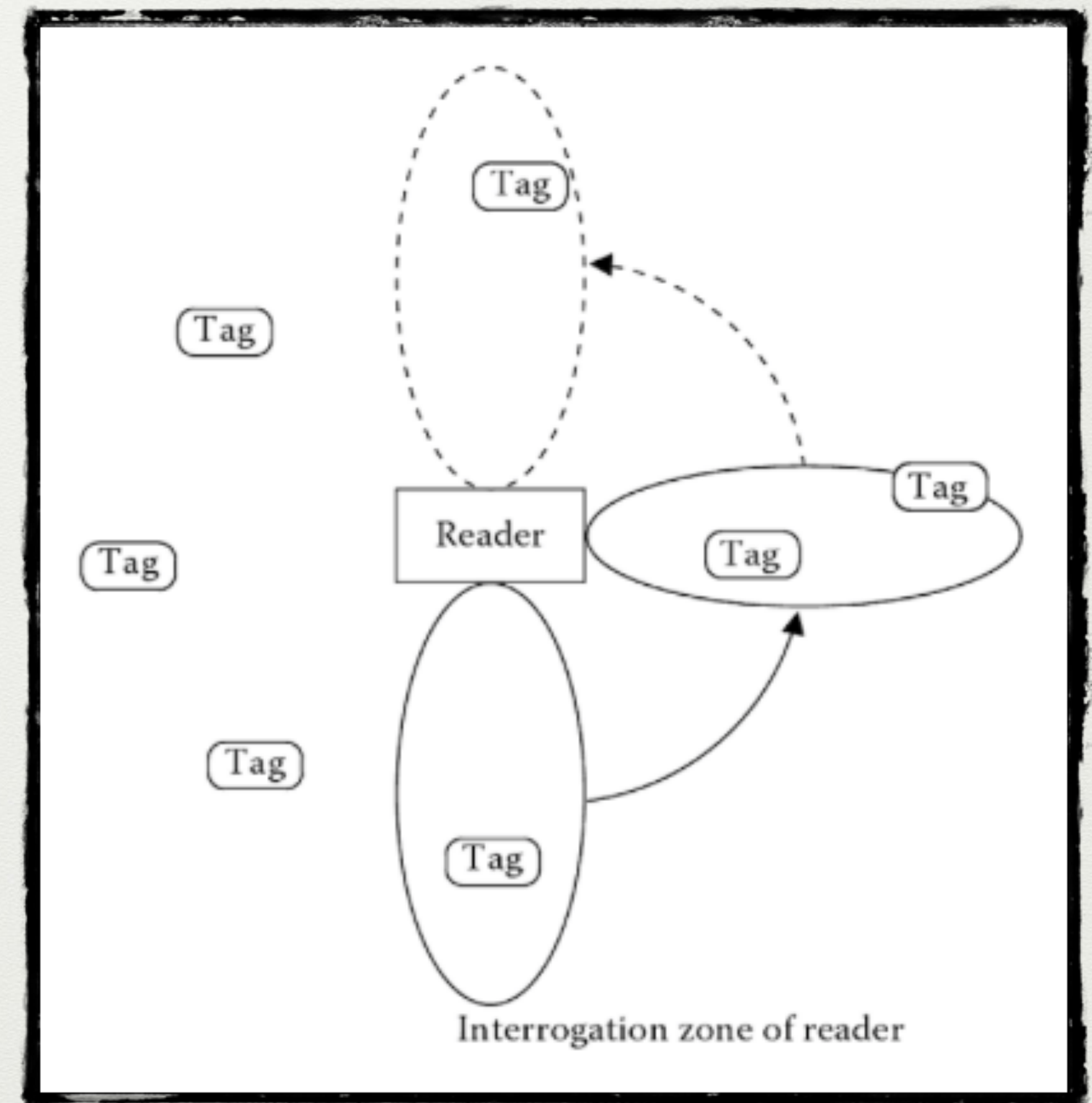
- Leitor  $\longrightarrow$  Leitor
- Dois Leitores próximos
  - Interseção das zonas de interrogação

# Resolvendo colisões

- No Leitor
- Baseado em sistema do tipo Aloha
- Dificuldades
  - Número de tags na zona de interrogação é desconhecido

# Compartilhamento do meio

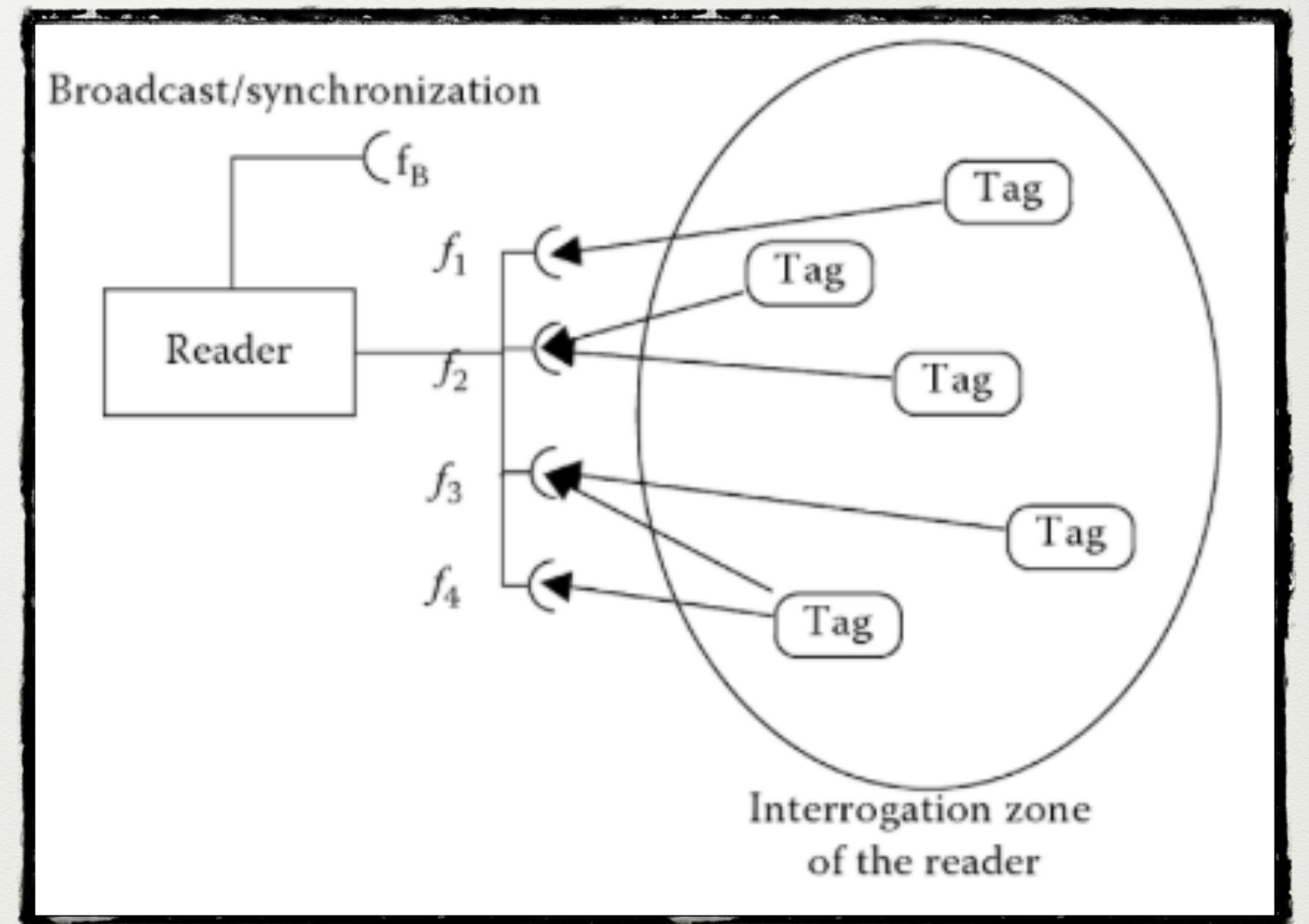
- CDMA
  - Muito custoso para as *Tags*
- SDMA (*Spatial*)
  - Usar controle de potência
    - Dividir as zonas em *clusters* (zonas menores)
    - Diminuir a interferência entre *Tags*
- MIMO
- Antena direcional controlada eletronicamente
- Aumento do custo do Leitor



Fonte: A. M. Taha, H. S. Hassanein, K. Ali,  
"RFID and Sensor Networks", capítulo 1, 2009

# Compartilhamento do meio

- FDMA
  - Muito custoso para as Tags
  - Muito caro para os Leitores

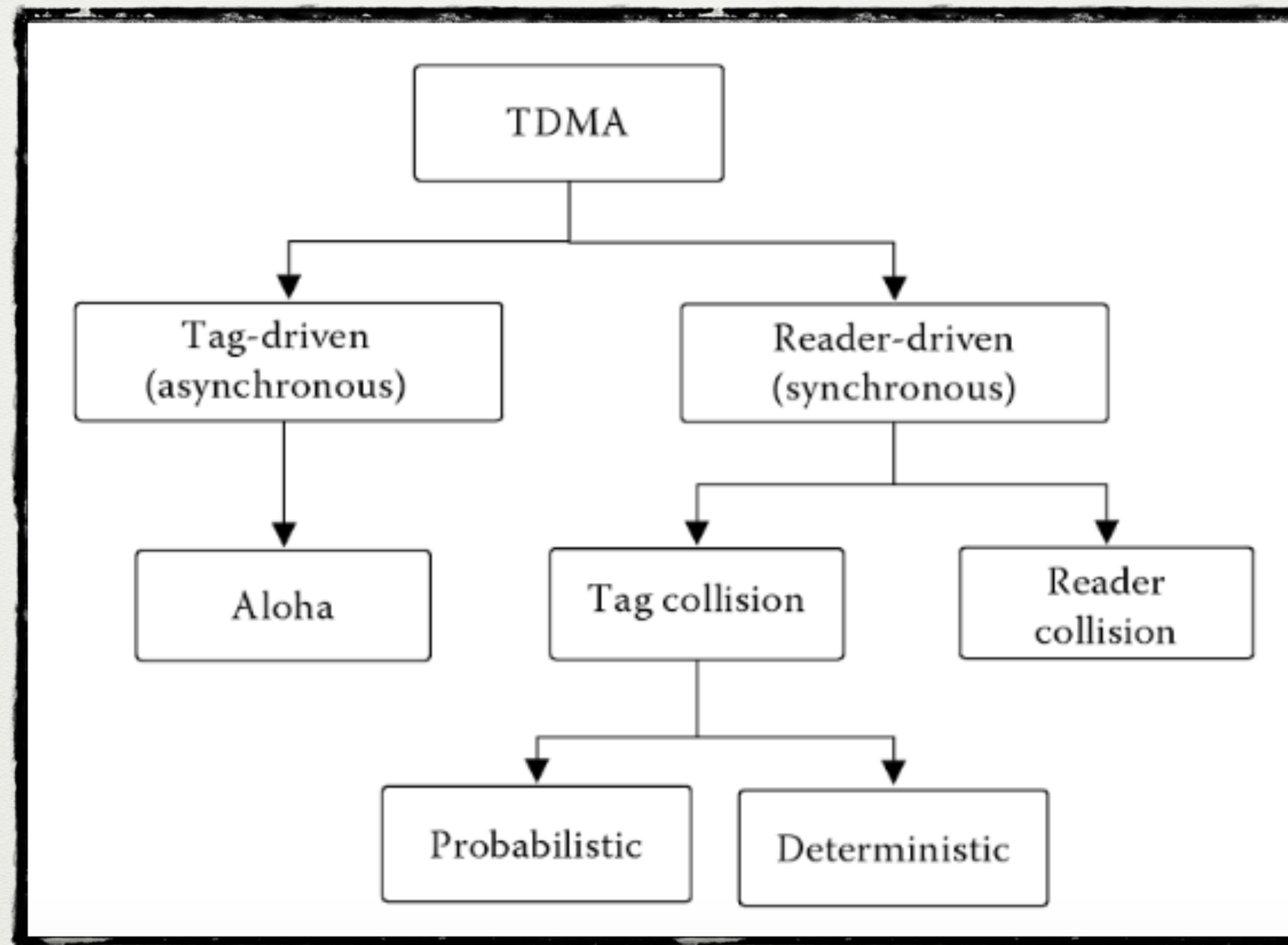


Fonte: A. M. Taha, H. S. Hassanein, K. Ali, "RFID and Sensor Networks", capítulo 1, 2009

# TDMA

- Muito usado
  - GSM
  - Bluetooth
  - WiMax
- O mais usado no RFID
  - Simplicidade
  - Baixa sobrecarga computacional para as *Tags*
  - Mais barata comparada com as outras

# TDMA para RFID



Fonte: A. M. Taha, H. S. Hassanein, K. Ali, "RFID and Sensor Networks", capítulo 1, 2009

# TDMA para RFID

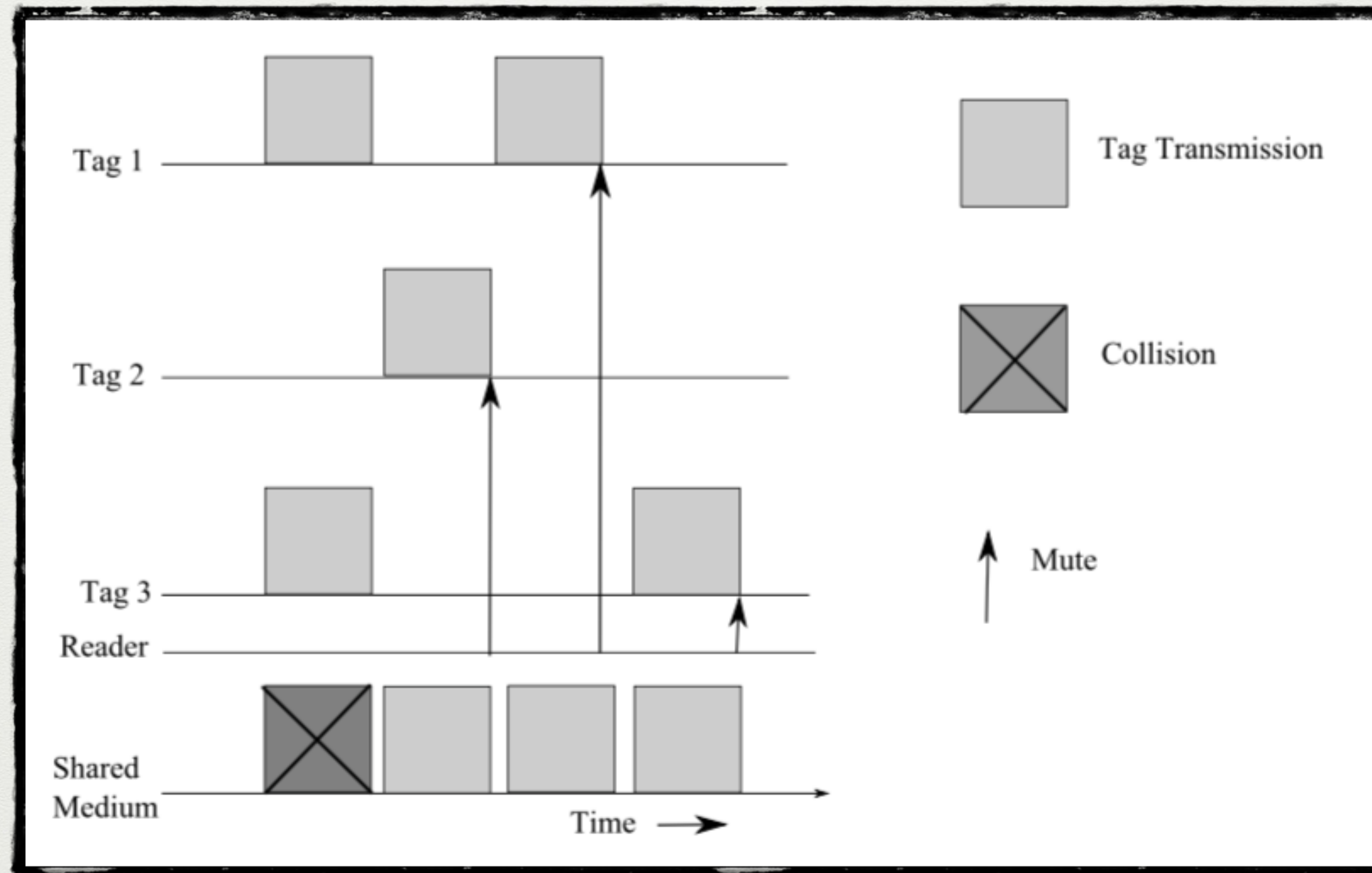
- *Tag-driven — Tags Talk First (TTF)*
  - Assíncrono
  - Leitor não controla
  - Lento
  - Pouco usado
- *Reader-driven — Readers Talk First (RTF)*
  - Mais usado



# *Tag-driven*

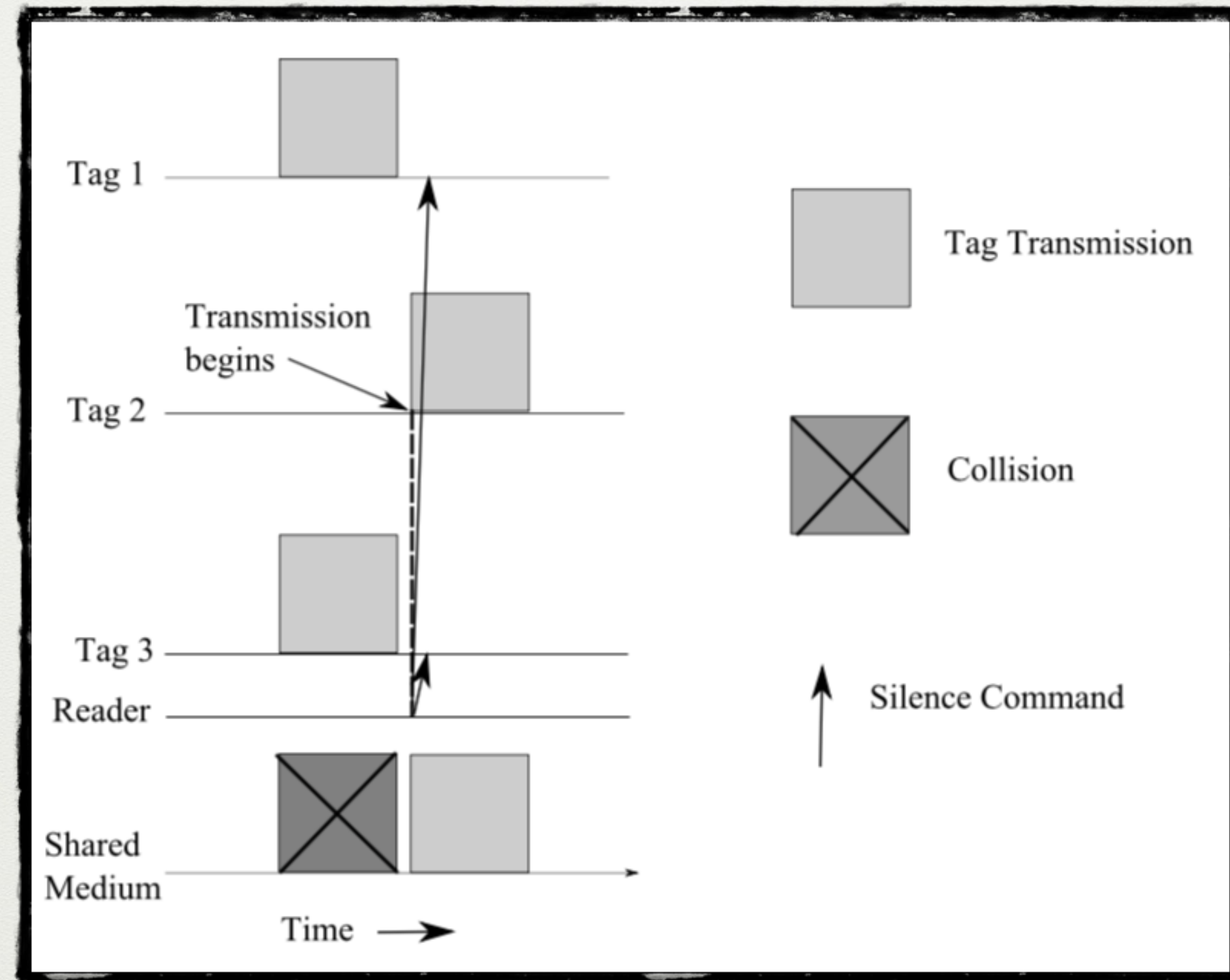
- Tags respondem aleatoriamente depois de energizadas
- Leitor responde com
  - ACK
  - NACK
- Caso haja colisão
  - *backoff* aleatório

# Aloha com Mute



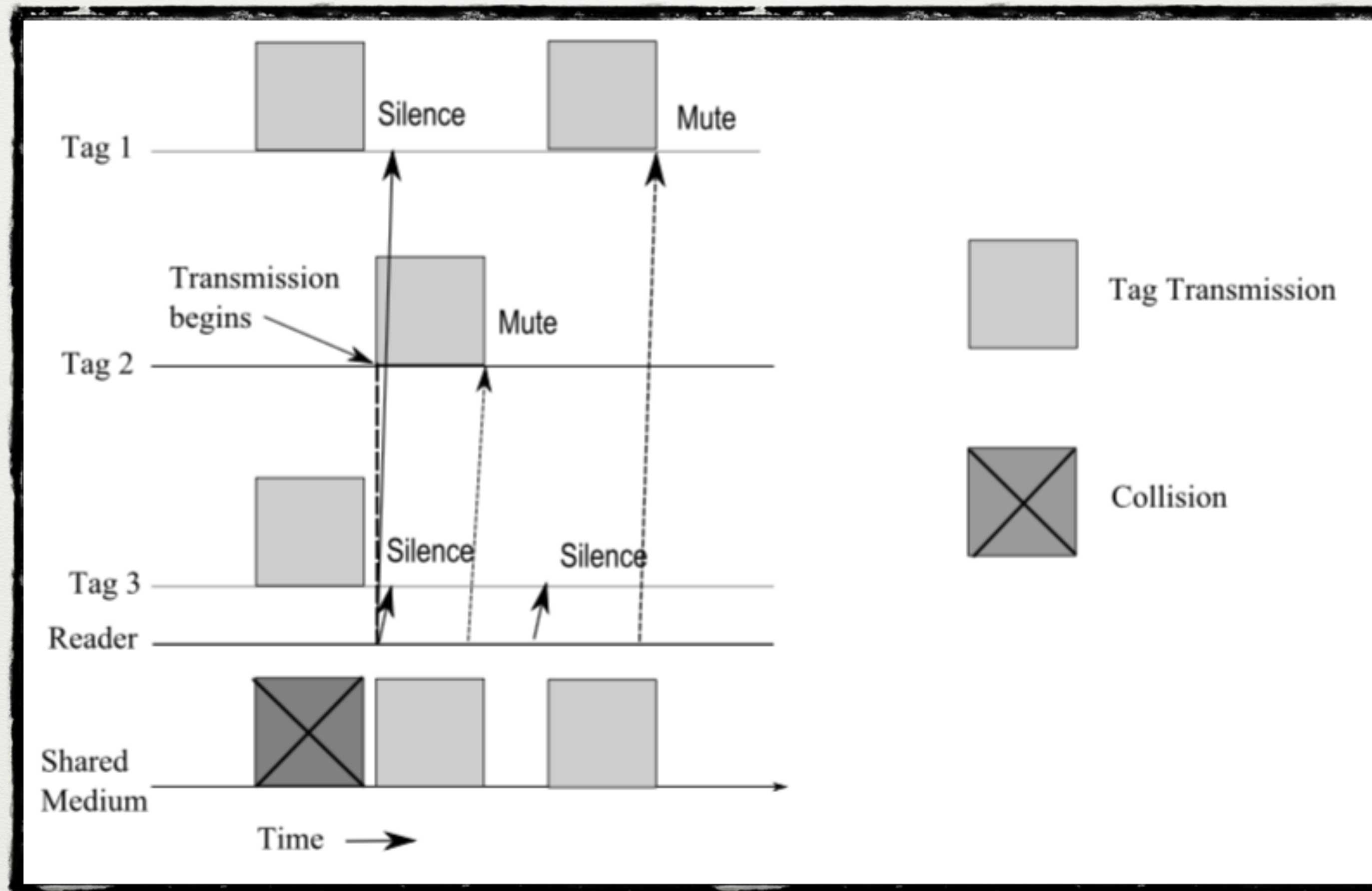
Fonte: Klair et al., "Survey and Tutorial of RFID anti-collision protocols", IEEE Communications Survey & Tutorials, 2010

# Aloha com Silence



Fonte: Klair et al., "Survey and Tutorial of RFID anti-collision protocols", IEEE Communications Survey & Tutorials, 2010

# Aloha com Mute e Silence



Fonte: Klair et al., "Survey and Tutorial of RFID anti-collision protocols", IEEE Communications Survey & Tutorials, 2010

# Reader-driven

- Síncrona
- Leitor controla a comunicação
  - Decide quando e qual *Tag* vai transmitir

# Colisões entre *Tags*

- Tags não possuem capacidade
  - *Carrier sense*
  - Comunicação entre *tags*
- Colisões são resolvidas pelos Leitores
  - Esquemas anti-colisão
    - Determinístico
    - Probabilístico

# Esquemas anti-colisão probabilísticos

- Leitor divide as *Tags* em grupos menores
  - Leitor envia o tamanho do *frame*
    - Baseado no ciclo de interrogação anterior
      - Pode ser adaptado segundo a densidade de *Tags*
  - *Tags* escolhem um *slot* aleatório dentro do *frame*
- Até todas as *Tags* serem lidas
- Mais rápido e menor sobrecarga
- Pode sofrer o problema de *starvation*

# Esquemas anti-colisão determinísticos

- Leitor divide as tags em grupos menores
  - Baseado em informações do último ciclo de leitura
  - Usa os identificadores das tags ou um número aleatório
    - Para fazer a divisão
- Garante que todas as *Tags* serão lidas
- Aumento do atraso da leitura



# *Slotted Aloha*

- As *Tags* escolhem para transmitir em *slots*
  - Aleatoriamente
- Variações
  - Com *Mute*
  - Com *Silence*
  - Com *Early End*
    - Se não há transmissões em um *slots*
      - O leitor pode terminar mais cedo o *slots* enviando comandos para as *Tags*

# *Framed Slotted Aloha — FSA*

- Para impedir que *Tags* com alta taxa de resposta respondam mais de uma vez
  - Colidindo com outras
    - Uma estação pode transmitir uma vez por *frame*
  - Com *Mute*
  - Com *Early End*
- O tamanho do *frame* é importante
  - Muito grande aumenta a chance de ler todas as *Tags* em um único período
  - Muito pequena aumenta chance de colisão

## *Framed Slotted Aloha — FSA*

- O Leitor ainda pode limitar as *Tags* que respondem
  - Envia um conjunto de bits
  - Aqueles que tiverem o ID inferior
    - Não respondem

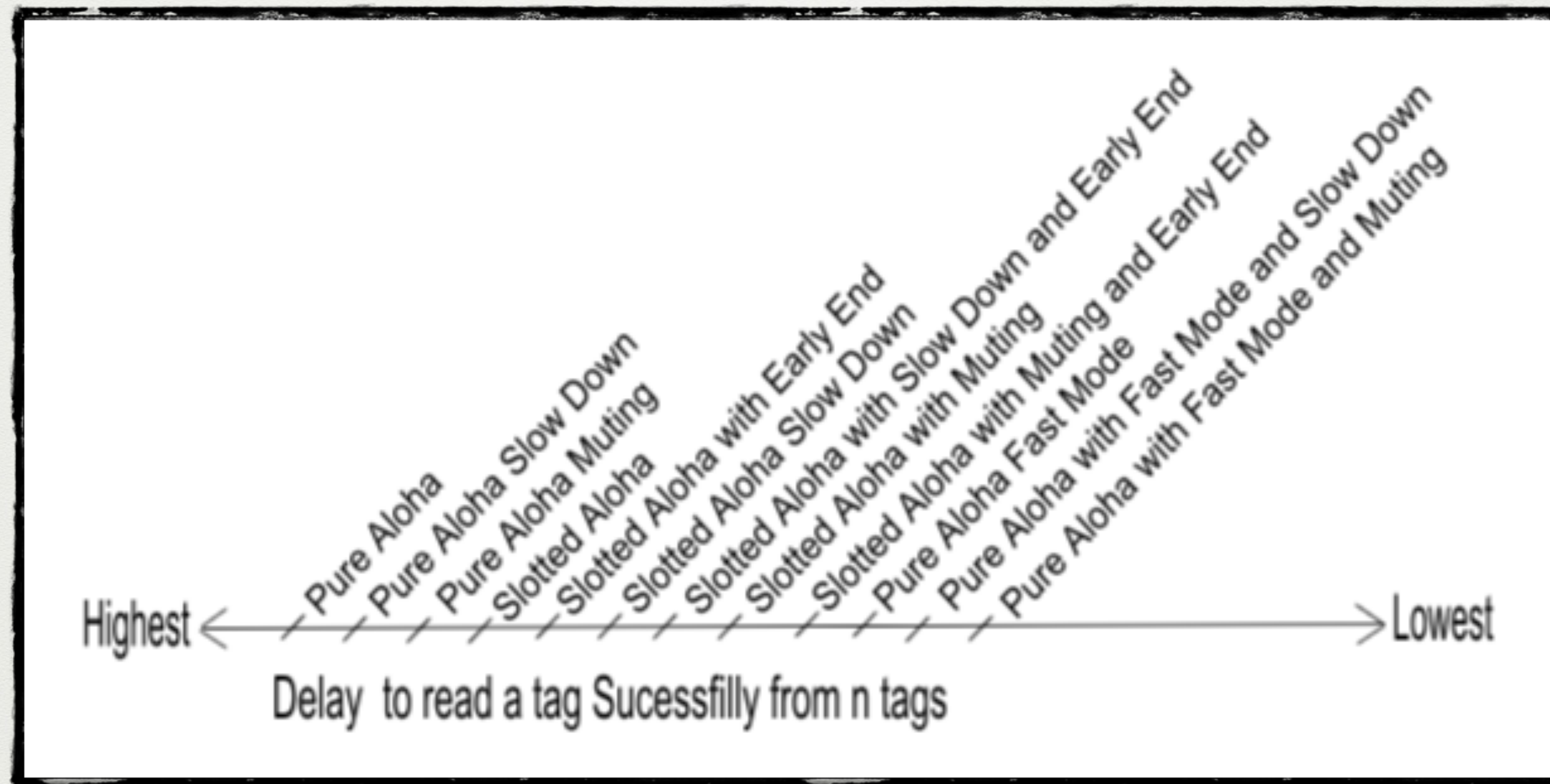
# *Framed Slotted Aloha — FSA*

- *Jump Frame*
  - Sem colisão
- *Detection Frame*
  - 4 bits aleatórios
  - Os que tiverem sucesso irão transmitir no *Jump Frame*

# *Dynamic Framed Slotted Aloha — DFSA*

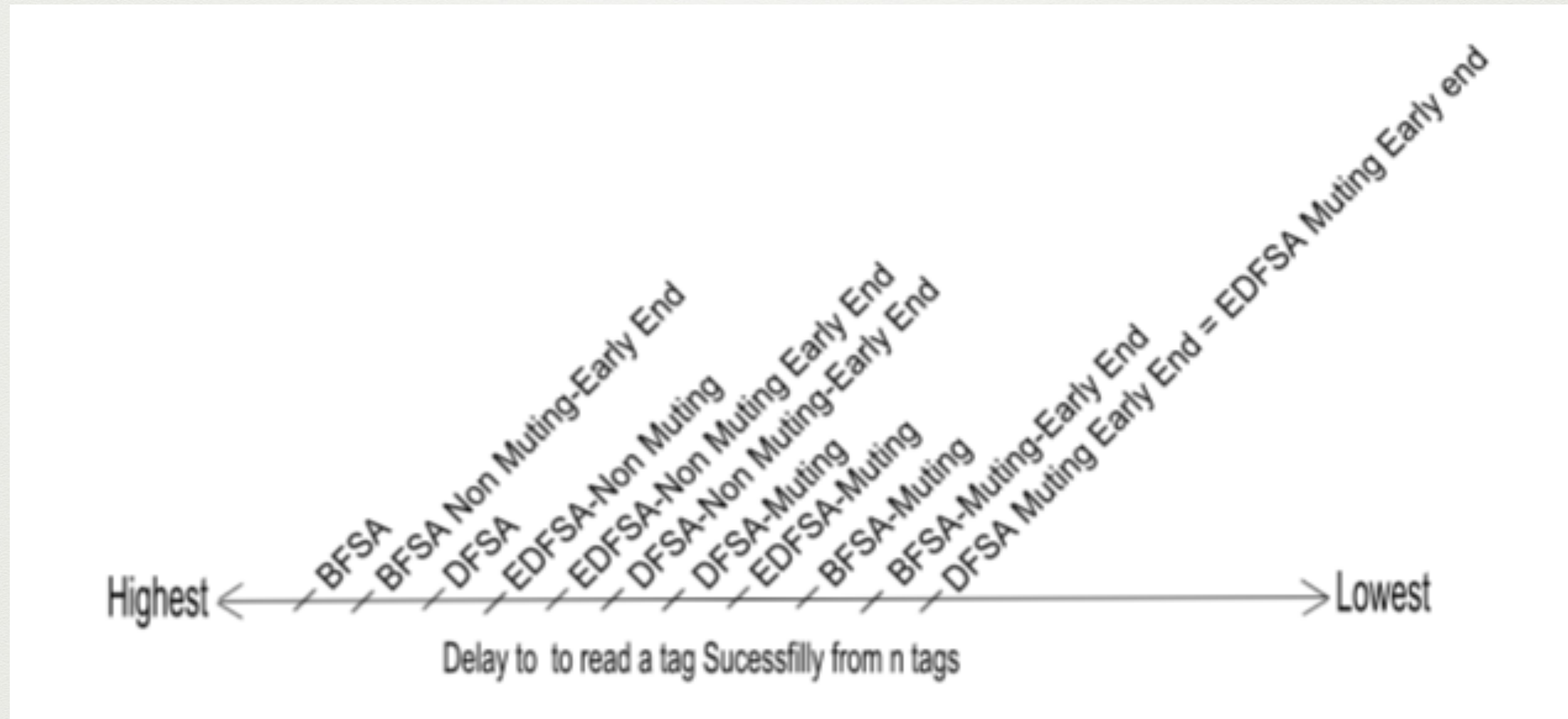
- O tamanho do *frame* é variável
- Estimativa baseado no ciclo (*round*) de leitura anterior
  - Baseado no número de *slots* vazios
    - Tentar estimar o número de *Tags*
  - Varias funções diferentes de estimativa
- Problema —> se o número de *Tags* for maior que o tamanho do *frame*
  - *Enhanced DFSA* —> Dividir em grupos

# Comparação dos mecanismos baseado no Aloha



Fonte: Klair et al., "Survey and Tutorial of RFID anti-collision protocols", IEEE Communications Survey & Tutorials, 2010

# Comparação dos mecanismos baseado em *Frame*



Fonte: Klair et al., "Survey and Tutorial of RFID anti-collision protocols", IEEE Communications Survey & Tutorials, 2010

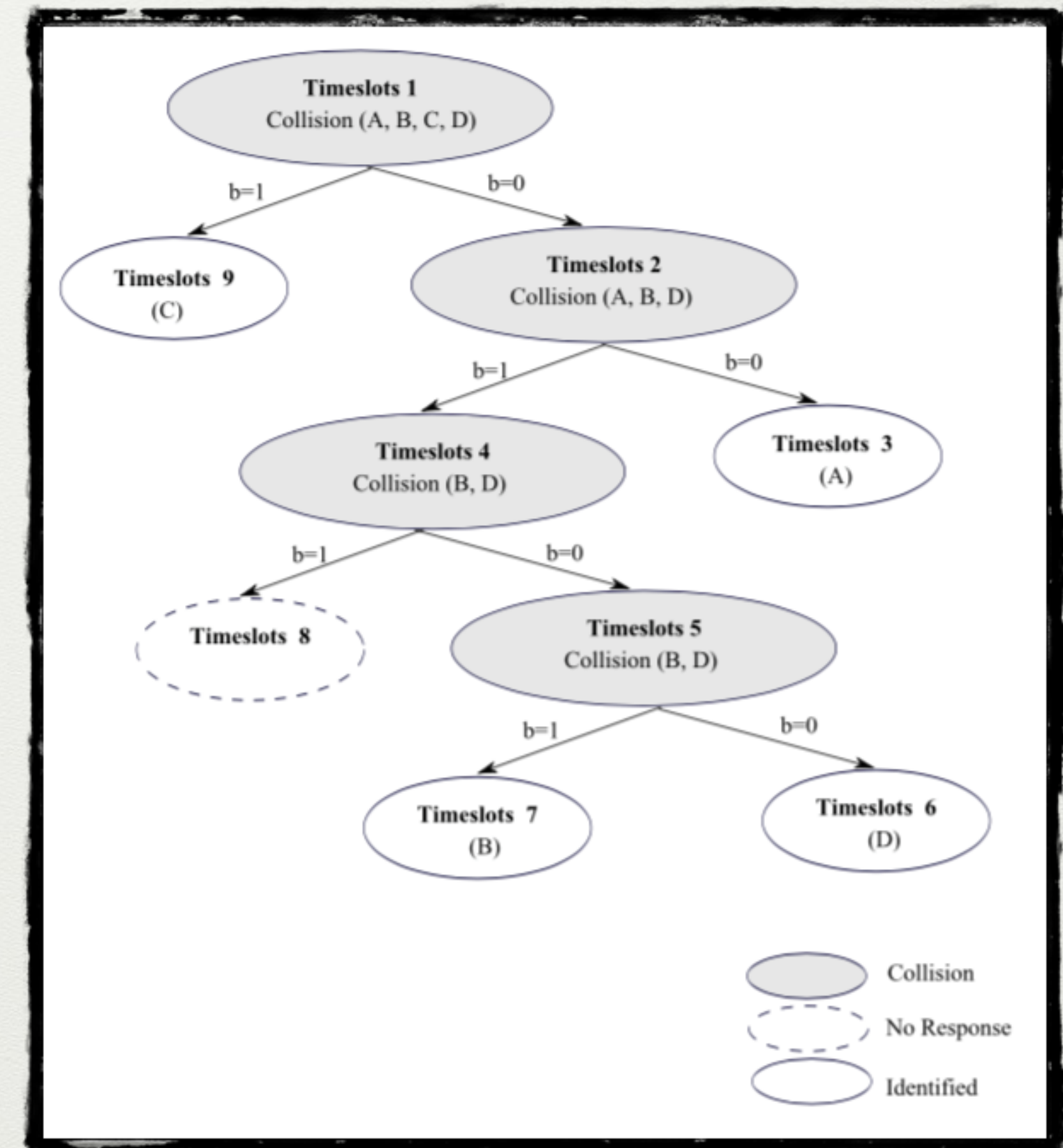
# Mecanismos baseado em árvore

- Assume-se que as *Tags* podem sempre ser silenciadas
  - Após identificação
- Tree Splitting
  - Divide as Tags baseada em um número aleatório
- Query tree
- Binary Search
- Bitwise Arbitration



# Tree Split

- Tags tentam transmitir
- Se houver colisão
  - Tags escolhem um número aleatório
  - Quem já estiver esperando incrementa de um o contador
- Os grupos de Tags que colidem são divididos até todas conseguirem transmitir
- Se chegar uma resposta ou ficar ocioso
  - Decrementam um o contador



Fonte: Klair et al., "Survey and Tutorial of RFID anti-collision protocols", IEEE Communications Survey & Tutorials, 2010

# Ataques contra RFID

- *Sniffing e eavesdropping*
- Rastreamento
- *Spoofing/Sybil/Clone*
- *Replay*
- DoS
- Alcance
  - Metal e líquido
- Privacidade

# Melhorando a privacidade

- Comando kill
- Comando sleep
- Relabel
- Dividindo a informação
  - 2 tag —> fixa e removível
- Proxy
  - Dois níveis de leitores
- Distância
  - Tag envia mais informações a leitores próximos

# Créditos

- Figura do primeiro slide
- Fonte: <http://www.ikanda.be/sensors/what-is-iot>