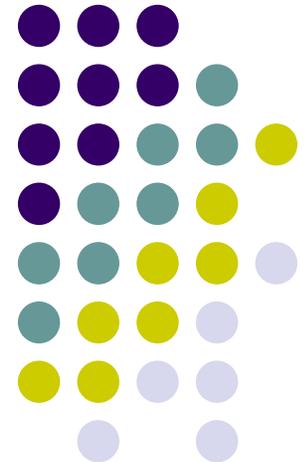


# RFID Media Access

Roland Schneider

Betreuer: Christian Flörkemeier



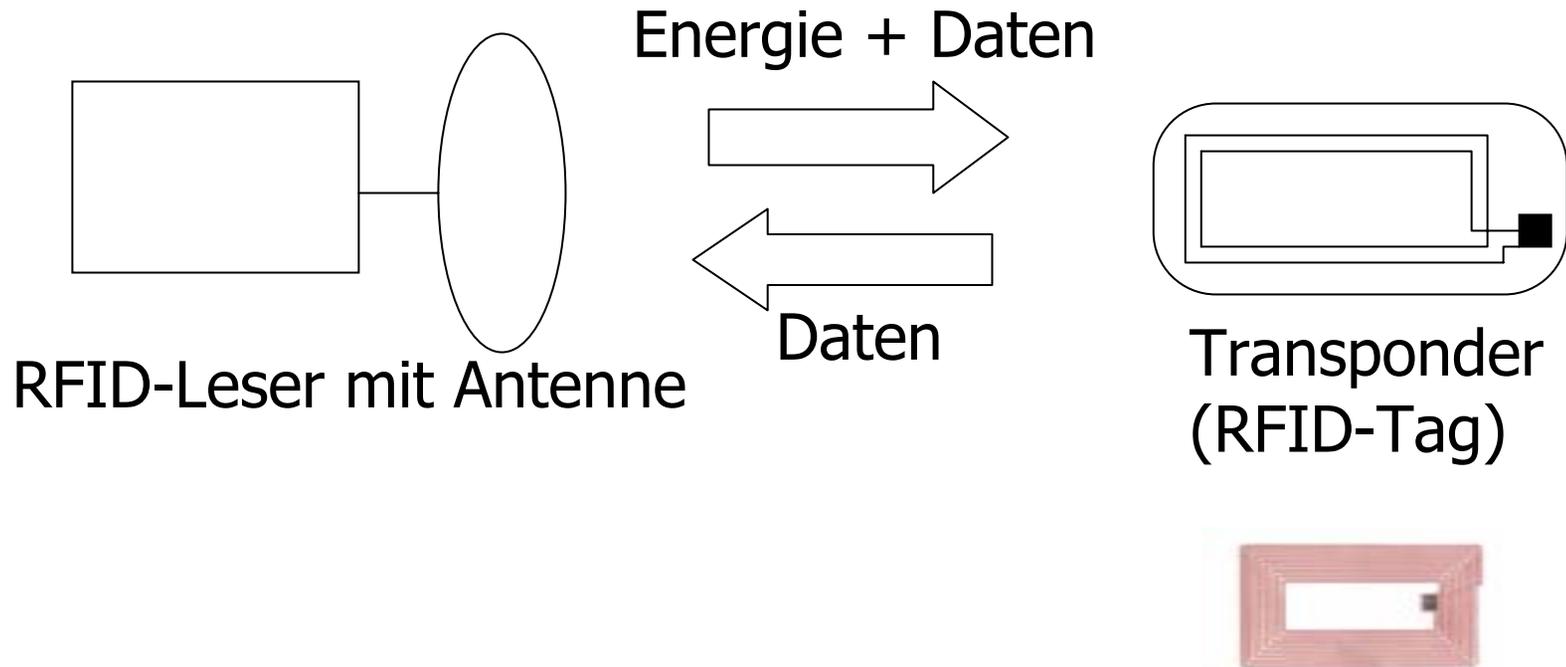
# Überblick



- RFID-Technologie
- Mehrfachzugriffsverfahren (Media Access)
  - Bekannte Ansätze
  - Verfahren für RFID-Systeme
    - Deterministisches Verfahren
    - Probabilistisches Verfahren
- Zusammenfassung



# Passives RFID-System





# RFID-Technologie

- Kontaktlose Datenübertragung
  - Sichtverbindung nicht notwendig
  - Schreib-/Lesedistanz gering
- Energieversorgung
  - passiv: Leser überträgt Energie kontaktlos
  - aktiv: Tag hat eigene Energiequelle

# RFID-Technologie



- Speicher
  - Read-only
  - Read/Write
  
- Übertragungsrate
  - gering

# Anwendungen



- Wegfahrsperre
  - Fahrzeuge sind mit RFID-Lesern ausgerüstet
  - Schlüssel enthält RFID-Transponder
- Ski-Ticketing
  - Ticket bekommt Zeitstempel
- Logistik
  - Waren mit Tags ausgerüstet
  - Warenkontrolle beim Abladen



Quellen: K. Finkenzeller: RFID-Handbuch; Tibbett & Britten: Sainsbury's RFID Trial

# Gemeinsamkeiten von Sensornetzen und RFID-Systemen



- Killer Application: Monitoring
- Event Detection: Presence / Absence
- Nodes are small, cheap, unreliable

Quelle: K. Römer, Wireless Sensor Networks



# Unterschiede zu Sensornetzen

## Sensornetze

- Knoten-Knoten-Kommunikation
- Autonome Energieversorgung
- Fortlaufende Erfassung von Sensordaten

## Passive RFID-Systeme

- Knoten-Leser-Kommunikation
- Energieversorgung nur in Lesernähe
- Tag-IDs sind die „Sensordaten“

# Überblick



- RFID-Technologie
- Mehrfachzugriffsverfahren (Media Access)
  - Bekannte Ansätze
  - Verfahren für RFID-Systeme
    - Deterministisches Verfahren
    - Probabilistisches Verfahren
- Zusammenfassung

# Mehrfachzugriff/Antikollision



- In RFID-Systemen (sowie in Sensornetzen) benützen mehrere Knoten gleichzeitig das gleiche Medium zur Kommunikation
- => Kollisionen bei der Übertragung

# SDMA

(Space Division Multiple Access)



- Aufteilung des Raumes in Sektoren
- Alle Knoten senden auf dem gleichen Kanal
- Die Empfangsstation „hört“ nur Knoten in ihrem Sektor

# FDMA

(Frequency Domain Multiple Access)



- Aufteilung des Frequenzbandes in mehrere Kanäle
- Alle Knoten senden gleichzeitig, jedoch auf einem anderen Kanal
- Der Empfänger hört alle Kanäle gleichzeitig ab

# TDMA

(Time Domain Multiple Access)



- Alle Knoten senden auf dem gleichen Kanal
- Zu jedem Zeitpunkt sendet nur ein Knoten
- Oft mit FDMA kombiniert

# CDMA

(Code Division Multiple Access)



- Alle Knoten senden auf dem gleichen Kanal
- Jedes zu übertragende Bit wird in eine tag-spezifische Bitsequenz umgewandelt
- Empfänger kann aus dem Signal die Daten extrahieren und dem Sender zuordnen

# Charakterisierung von RFID-Systemen



- Kommunikation ist meist Leser-initiiert
- Keine Tag-zu-Tag-Kommunikation
- Leistungsfähigkeit ist beschränkt
- Dynamik im Lesefeld
- Hohe Anzahl Tags

Quelle: D. Hush et al, Analysis of Tree Algorithms for RFID Arbitration



# Eignung für RFID-Systeme

- SDMA
  - Entspricht dem Einzel-Transponder-Fall
  
- FDMA
  - Hohe Anzahl an Kanälen erforderlich
  - Komplexere Radiotechnik in den Transpondern und Lesern

Quellen: K. Finkenzeller, RFID-Handbuch



# Eignung für RFID-Systeme

- TDMA
  - Meist verwendete Technik für Vielfachzugriff-Anwendungen in RFID-Systemen
- CDMA
  - Komplexere, teurere Technik
  - Wird in RFID-Systemen selten benutzt



# Überblick

- RFID-Technologie
- Mehrfachzugriffsverfahren (Media Access)
  - Bekannte Ansätze
  - Verfahren für RFID-Systeme
    - Deterministisches Verfahren
    - Probabilistisches Verfahren
- Zusammenfassung

# Antikollisions-Algorithmen



- Ausgangslage
  - Mehrere RFID-Tags im Lesebereich
  - Der Leser will von bestimmten Tags Daten lesen
  - Der Leser fordert alle Tags auf, ihre ID zurückzusenden



# Klassische Algorithmen

- Deterministische Verfahren
  - Suche durch den Raum der Identifikationsnummern
  - Tree Search Algorithmus
- Probabilistische Verfahren
  - Tags antworten zu zufälligen Zeiten
  - Slotted Aloha

Quelle: S. Sarma et al, RFID Systems and Security and Privacy Implications



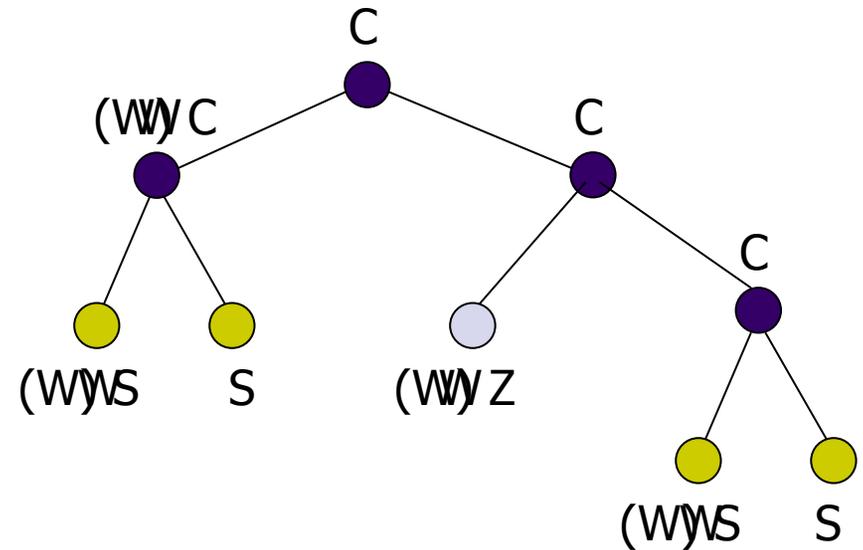
# Tree Search Algorithm

- Lesegerät sendet „Request(Interval)“
- Antwort falls Tag-ID im Intervall
- Leser teilt Intervall, bis keine Kollision auftritt
- Dann: Restliche Intervalle durchsuchen



# Tree Search Algorithm

- Start an der Wurzel:
  - Alle Tags antworten
  - => Kollision
- Linker Teilbaum wartet
- Rechten Teilbaum untersuchen
- Tags:
  - 111
  - 110
  - 01
  - 00



C: Collision  
S: Single Reply  
Z: Zero Reply  
W: Wait



# Slot-Analyse

Ziel:

- Erwartete Erfassungszeit  $t(n)$  für alle  $n$  Tags:
  - #Kollisionen + #Zero Replys + #Single Replys
  - $t(n) = c(n) + z(n) + n$
- Betrachtung der Tag-ID als binäre Bruchzahl
  - $110 \rightarrow 0,110 = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$
- Suche nach den Zahlen im Intervall  $[0,1)$



Quelle: D. Hush et al, Analysis of Tree Algorithms for RFID Arbitration

SS 2003

RFID Media Access

23



# Slot-Analyse

- Annahmen
  - Tags bzw. Zahlen sind gleichverteilt auf  $[0,1)$
  - Binärer Baum
- Level  $L$  im Suchbaum  $\Rightarrow$  Intervallgrösse =  $2^{-L}$

Wahrscheinlichkeit, dass sich  $k$  Tags in einem bestimmten Intervall befinden:

$$P(k \mid n, L) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$$

wobei:  $p = 2^{-L}$

$L$ : Level im Suchbaum

$n$ : # Tags gesamt

$k$ : # Tags in diesem Intervall

# Slot-Analyse



$$P(k | n, L) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$$

L: Level im Suchbaum  
n: # Tags gesamt  
k: # Tags in diesem Intervall

Zero Reply:

$$P(0 | n, L) = (1 - 2^{-L})^n$$

Single Reply:

$$P(1 | n, L) = n * 2^{-L} * (1 - 2^{-L})^{n-1}$$

Collision:

$$P(k > 1 | n, L) = 1 - P(0 | n, L) - P(1 | n, L)$$



# Slot-Analyse

- Knoten wird besucht, falls Vorgänger Kollision verursacht
- Wahrscheinlichkeit, dass Knoten in Level L Kollision verursacht:
  - $b_L = P(k > 1 \mid n, L)$
- Wahrscheinlichkeit, dass Knoten in Level L besucht wird:

$$q_L = \begin{cases} 1 & \text{falls } L = 0 \\ b_{L-1} & \text{falls } L > 0 \end{cases}$$



# Slot-Analyse

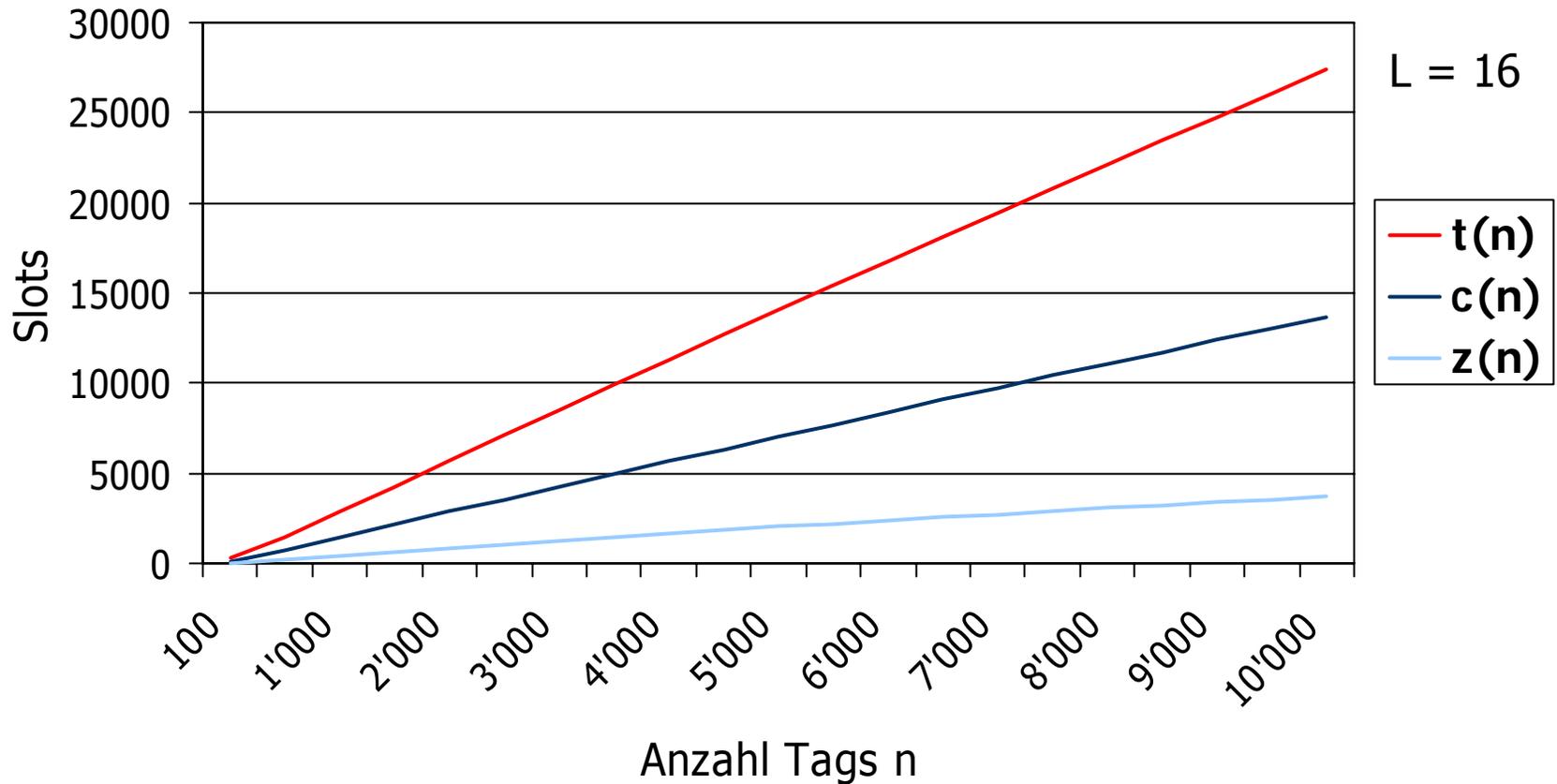
- Erwartete Anzahl besuchter Knoten
  - Summieren von  $q_L$  über alle Knoten in allen Levels

$$t(n) = 1 + \sum_{L=1}^{\infty} 2^L * q_L = 1 + \sum_{L=1}^{\infty} 2^L * b_{L-1}$$

$b_L$ : WSK Kollision  
 $q_L$ : WSK Besuch

$$= 1 + 2 \sum_{L=0}^{\infty} 2^L [ 1 - (1 - 2^{-L})^n - n 2^{-L} (1 - 2^{-L})^{n-1} ]$$

# Slot-Analyse





# Tree Search Algorithmus

- Variationen
  - Bit-Kollisionen erkennen
  - Reduktion der Datenmenge pro Anfrage



# Überblick

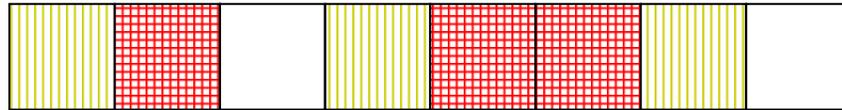
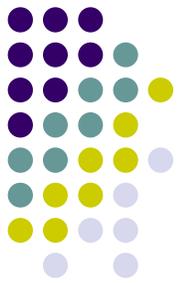
- RFID-Technologie
- Mehrfachzugriffsverfahren (Media Access)
  - Bekannte Ansätze
  - Verfahren für RFID-Systeme
    - Deterministisches Verfahren
    - Probabilistisches Verfahren
- Zusammenfassung



# Slotted Aloha

- Leser sendet Request(N)
  - N = Fenstergrösse (# Slots)
- Tags wählen zufällig einen der Slots für ihre Antwort

# Slotted Aloha



$N = 8$



Zero Reply

Single Reply

Collision

Wahrscheinlichkeit  $P_r$ , dass Slot mit  $r$  Tags besetzt:

$$P_r = \binom{n}{r} \left( \frac{1}{N} \right)^r \left( 1 - \frac{1}{N} \right)^{n-r}$$

$N$ : # Slots

$n$ : # Tags

Quelle: H. Vogt, Efficient Object Identification with Passive RFID Tags



# Beispiel

- Tags  $n = 500$ ;
- Tags bleiben im Lesefeld
- Tags können stumm geschaltet werden
- Fenstergrösse konstant



# Fenstergrösse $N = 128$

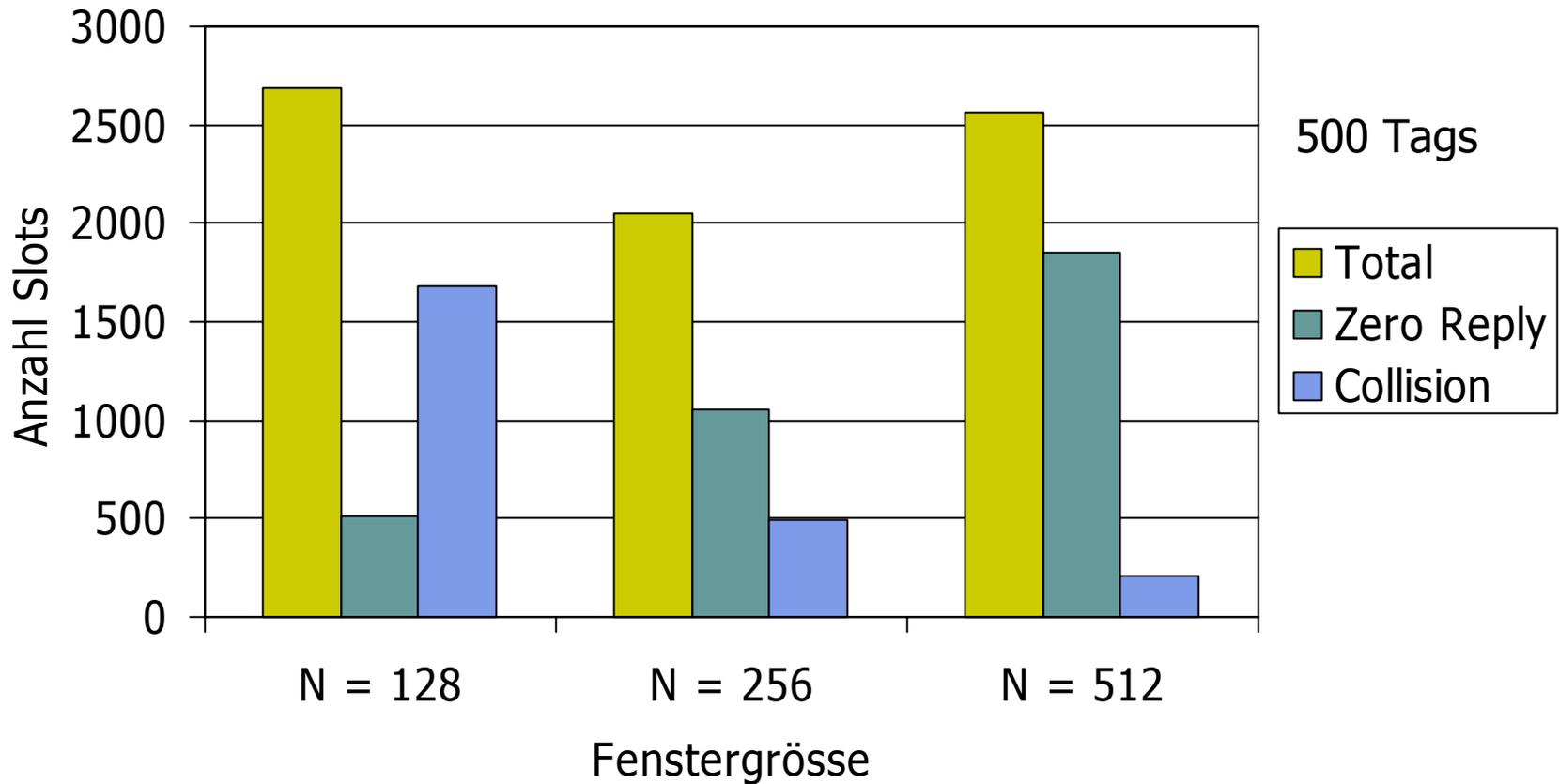
Verbleibende Tags	$a_0$	$a_1$	$a_k$	Erkannte Tags
500	2	10	116	10
490	2	11	115	21
479	2	12	114	33
467	3	13	112	46
162	35	46	47	384
116	51	48	29	432
68	75	41	12	473
27	103	23	2	496
4	124	4	0	500

Total 21 Runden

510 500 1678

$$= 21 * 128 = 2688 \text{ verbrauchte Slots}$$

# Vergleich





# Fazit

- Wahl der Fenstergrösse beeinflusst Erfassungszeit
- Adaptives Verfahren sinnvoll
  - Schätzen der Anzahl Tags im Lesefeld anhand der Grössen  $a_0$ ,  $a_1$  und  $a_k$
  - *H. Vogt: Efficient Object Identification with Passive RFID Tags*

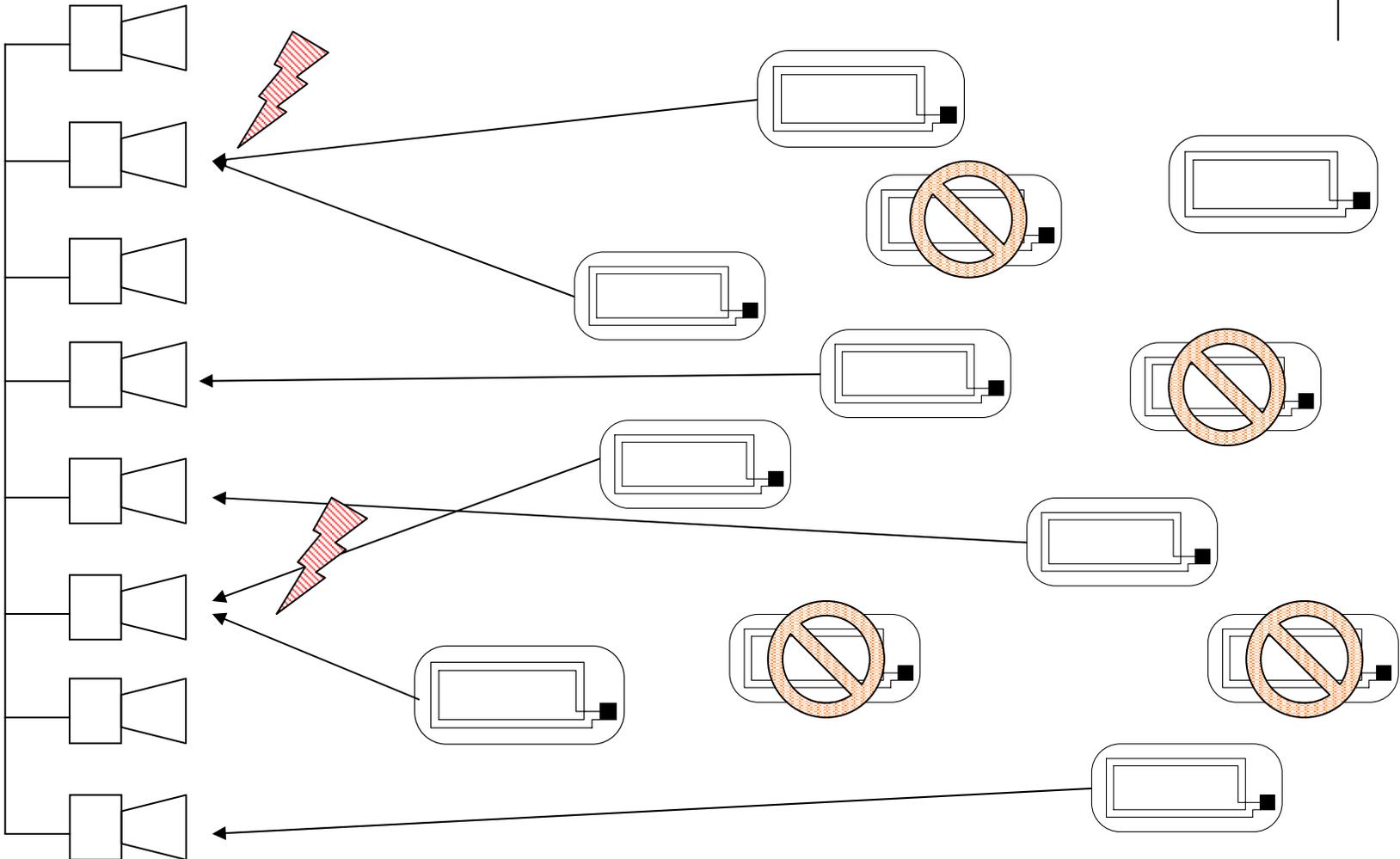
# Kombiniertes Multiplexverfahren



- FDMA + TDMA = FTDMA
- Teurere Lösung
- ISO Standard
  - Schritt zur Standardisierung von RFID-Systemen

Quelle: ISO/IEC 18000-3-5, Automatic Identification – Part 3 – Anti collision System and Protocol

# FTDMA





# Fazit

- Höhere Identifikationsrate als TDMA
- Adaptiver Algorithmus
- Paralleles Daten-Lesen



# Überblick

- RFID-Technologie
- Mehrfachzugriffsverfahren (Media Access)
  - Bekannte Ansätze
  - Verfahren für RFID-Systeme
    - Deterministisches Verfahren
    - Probabilistisches Verfahren
- **Zusammenfassung**

# Wahl des Antikollisionsverfahrens



- Reglementierungen der Frequenzen
  - 13.56 MHz:
    - Kleine Bandbreite zugelassen
    - Meist Aloha-Algorithmen
  - 915 MHz
    - Höhere Bandbreite
    - Hauptsächlich deterministische Algorithmen

Quelle: S. Sarma et al, RFID Systems and Security and Privacy Implications

# Wahl des Antikollisionsverfahrens



- Abhängig von Systemanforderungen
  - Fehlertoleranz
  - Kosten
  - (Energie)



# Zusammenfassung

- Antikollisionsverfahren
  - Hauptsächlich TDMA
  - Teilweise auch FDMA oder Kombinationen
- Algorithmen
  - Tree Search (deterministisch)
  - Aloha (probabilistisch)