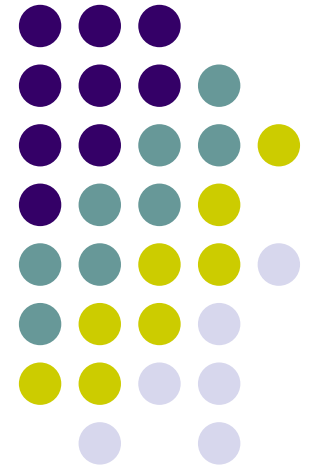


RFID Media Access

Roland Schneider

Betreuer: Christian Flörkemeier

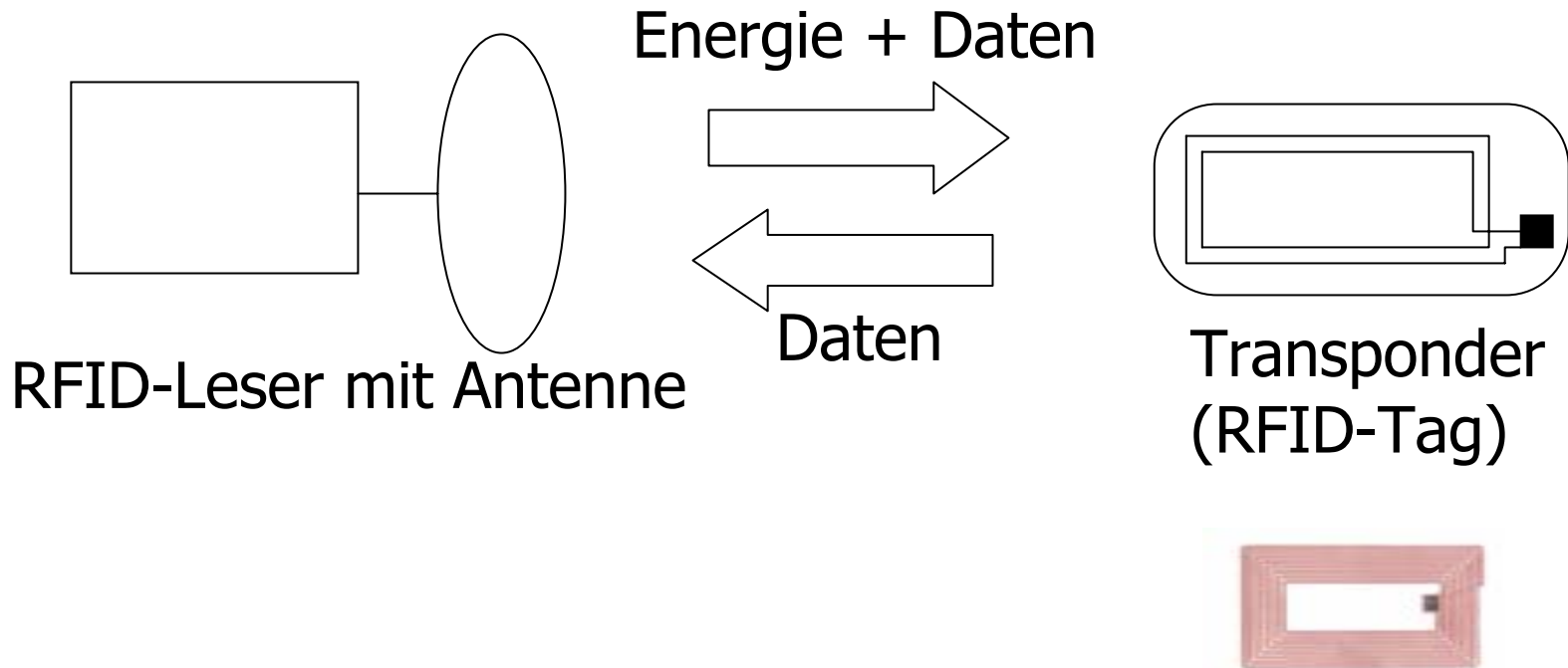


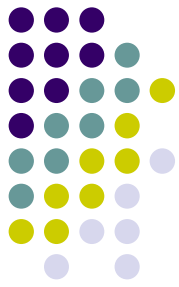
Überblick



- 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

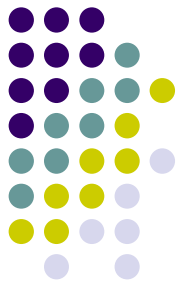
Sensornetze

- 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

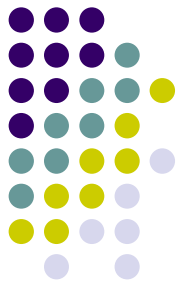
Mehrfachzugriff/Antikollision



- 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

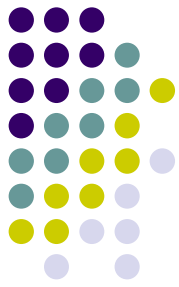
(Frequency Domain Multiple Access)



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

TDMA

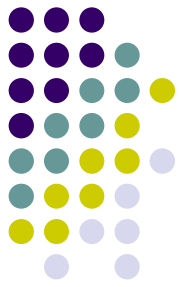
(Time Domain Multiple Access)



- 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

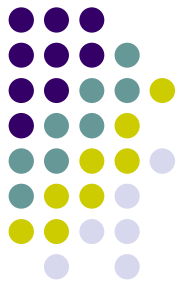


Eignung für RFID-Systeme

- 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

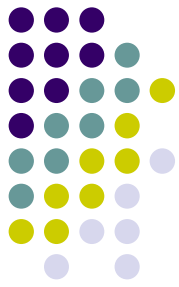


- RFID-Technologie
- Mehrfachzugriffsverfahren (Media Access)
 - Bekannte Ansätze
 - Verfahren für RFID-Systeme
 - Deterministisches Verfahren
 - Probabilistisches Verfahren
- Zusammenfassung

Antikollisions-Algorithmen



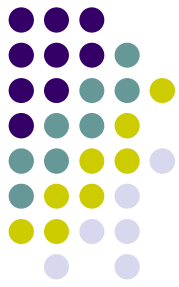
- Ausgangslage
 - Mehrere RFID-Tags im Lesebereich
 - Der Leser will von bestimmten Tags Daten lesen
 - Der Leser fordert alle Tags auf, ihre ID zurückzusenden



Klassische Algorithmen

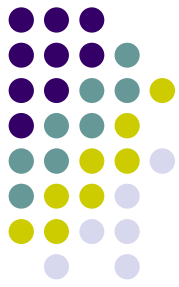
- Deterministische Verfahren
 - Suche durch den Raum der Identifikationsnummern
 - Tree Search Algorithmus
- Probabilistische Verfahren
 - Tags antworten zu zufälligen Zeiten
 - Slotted Aloha

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



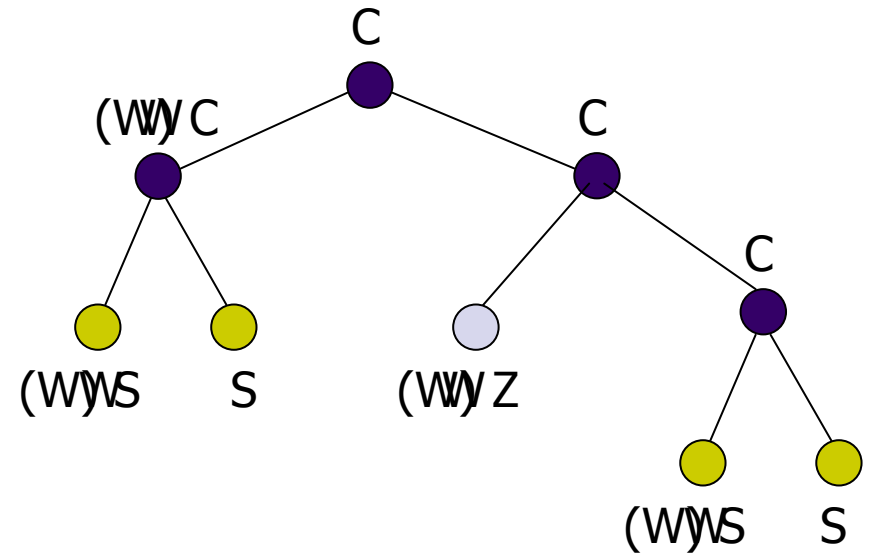
Tree Search Algorithmus

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

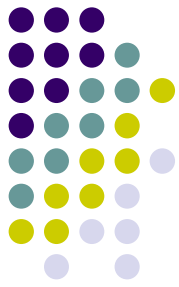


Tree Search Algorithm

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



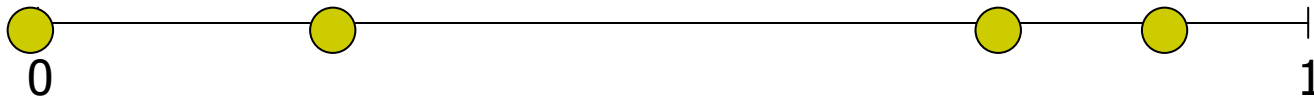
C: Collision
S: Single Reply
Z: Zero Reply
W: Wait



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



Slot-Analyse

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

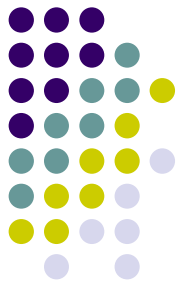
Wahrscheinlichkeit, dass sich k Tags in einem bestimmten Intervall befinden:

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

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:

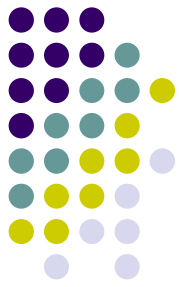
$$P(k > 1 | n, L) = 1 - P(0 | n, L) - P(1 | n, L)$$



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

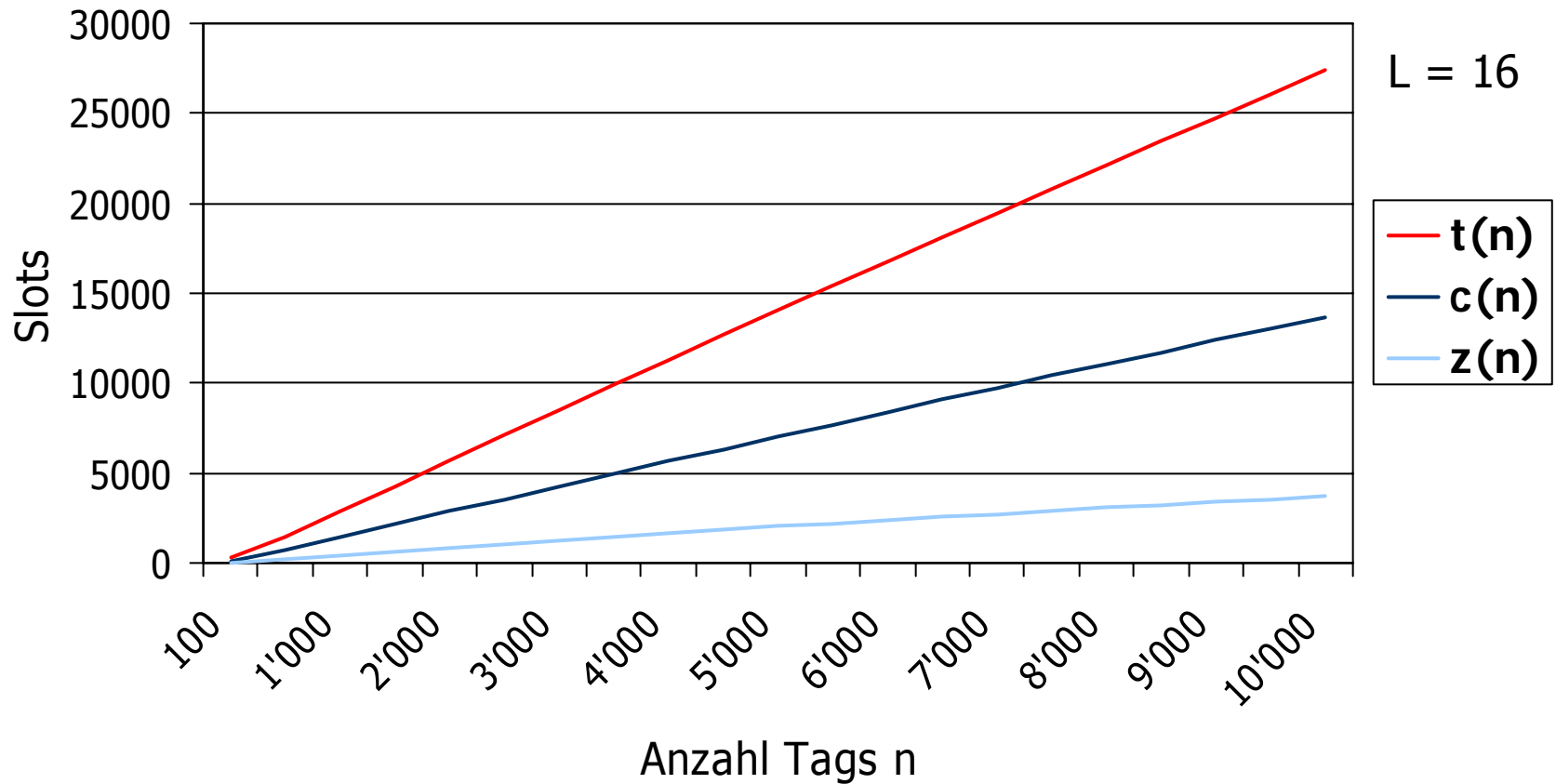
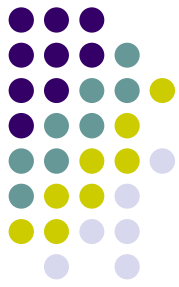
- Erwartete Anzahl besuchter Knoten
 - Summieren von q_L über alle Knoten in allen Levels

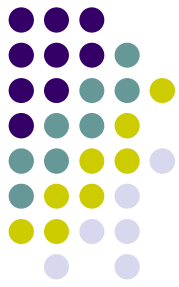
$$t(n) = 1 + \sum_{L=1}^{\infty} 2^L * q_L = 1 + \sum_{L=1}^{\infty} 2^L * b_{L-1}$$

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





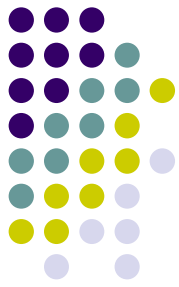
Tree Search Algorithmus

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

Überblick



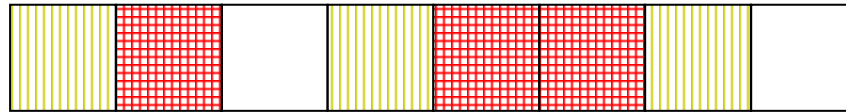
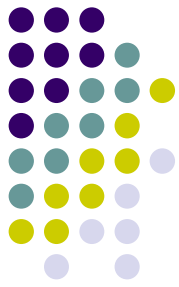
- RFID-Technologie
- Mehrfachzugriffsverfahren (Media Access)
 - Bekannte Ansätze
 - Verfahren für RFID-Systeme
 - Deterministisches Verfahren
 - Probabilistisches Verfahren
- Zusammenfassung



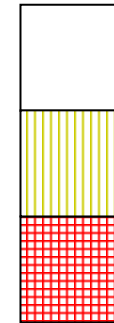
Slotted Aloha

- 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

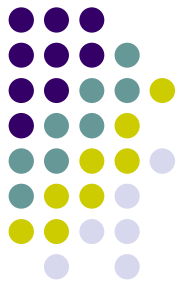
Wahrscheinlichkeit P_r , dass Slot mit r Tags besetzt:

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

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 $N = 128$

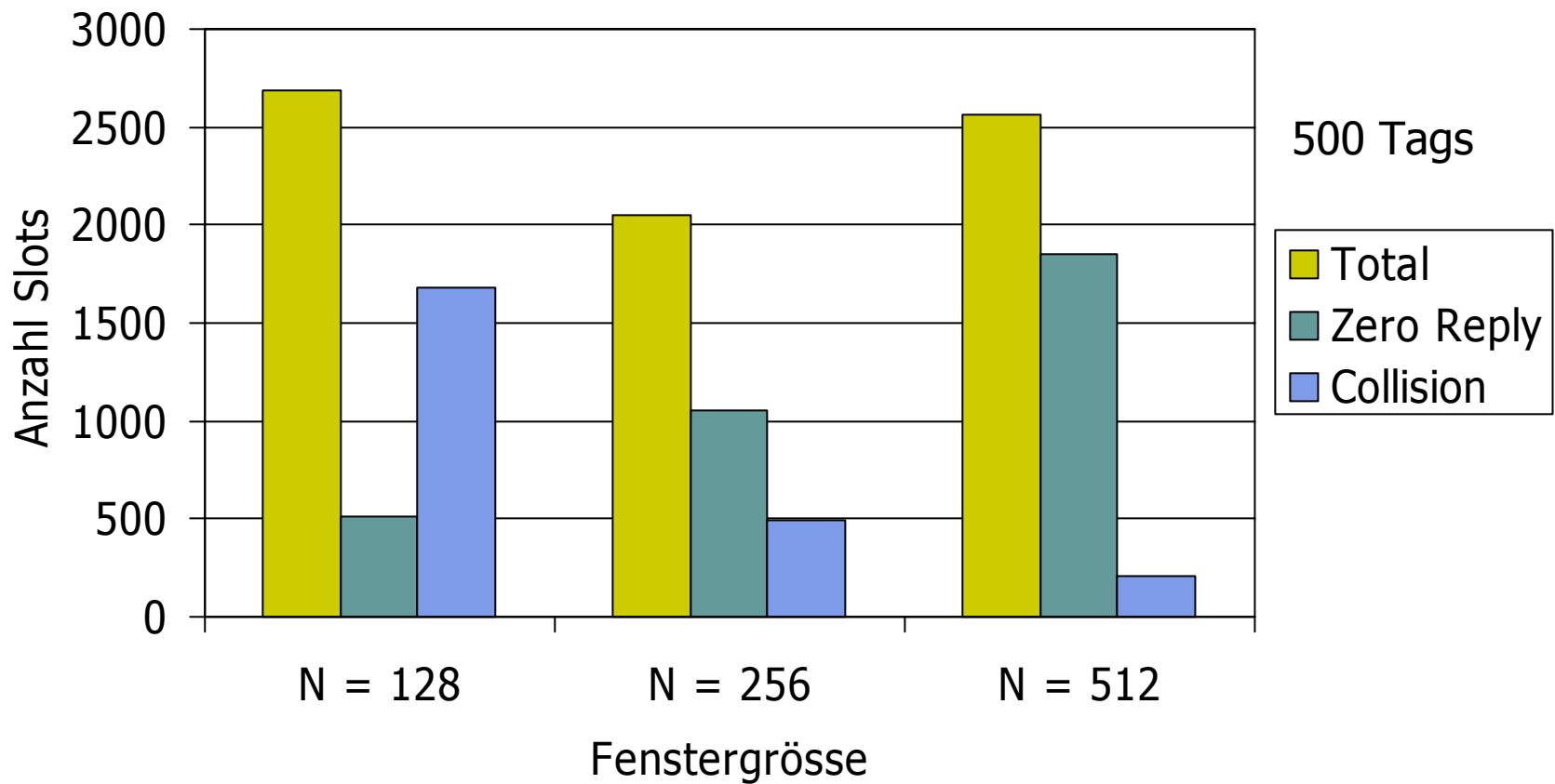
Verbleibende Tags	a_0	a_1	a_k	Erkannte Tags
500	2	10	116	10
490	2	11	115	21
479	2	12	114	33
467	3	13	112	46
162	35	46	47	384
116	51	48	29	432
68	75	41	12	473
27	103	23	2	496
4	124	4	0	500

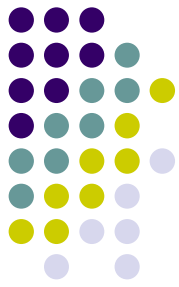
Total 21 Runden

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*

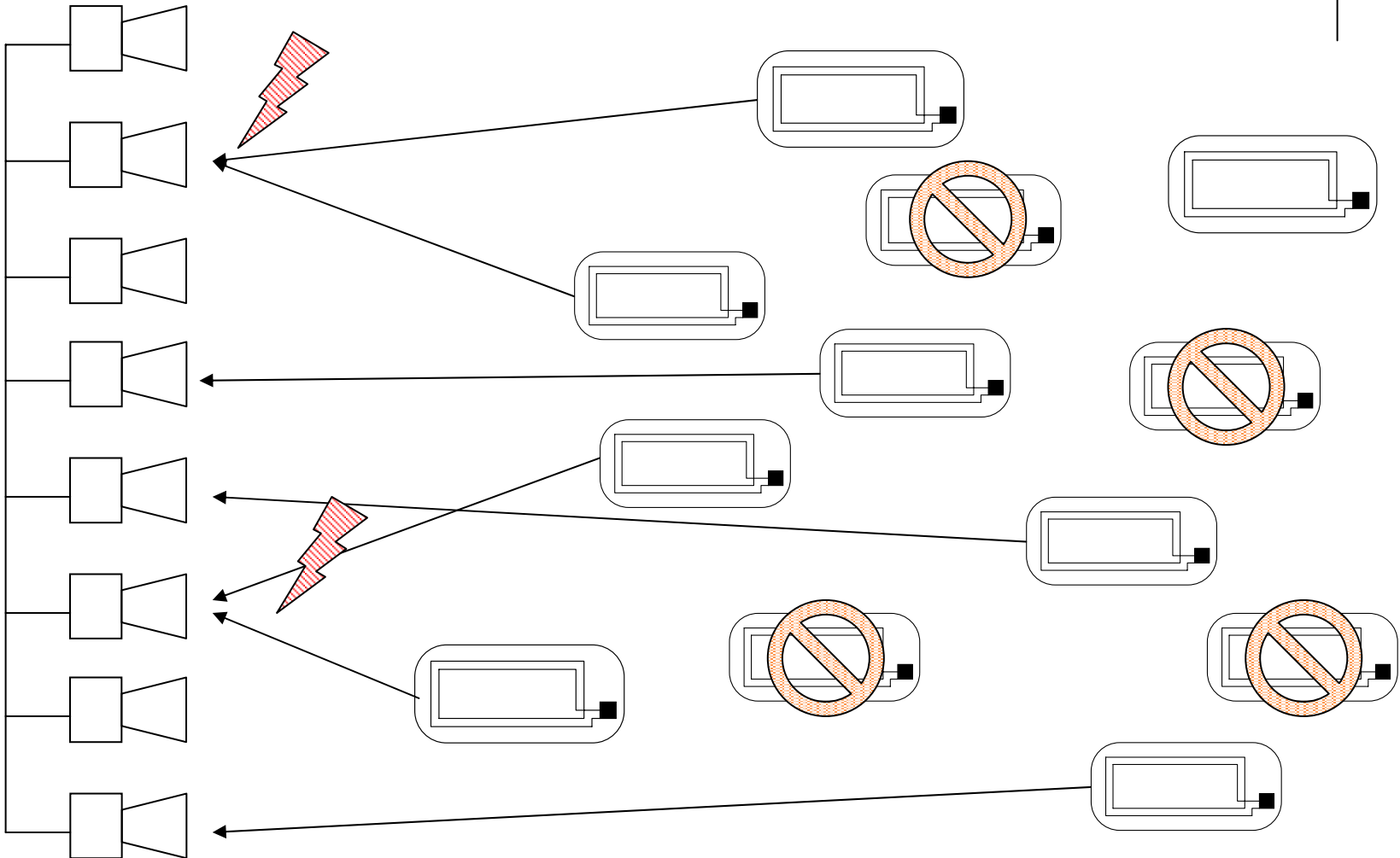
Kombiniertes Multiplexverfahren

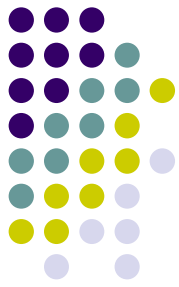


- FDMA + TDMA = FTDMA
- Teurere Lösung
- ISO Standard
 - Schritt zur Standardisierung von RFID-Systemen

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

FTDMA

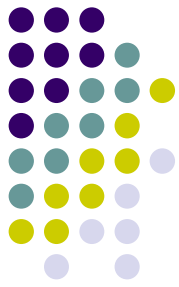




Fazit

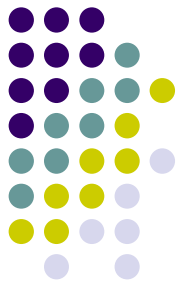
- Höhere Identifikationsrate als TDMA
- Adaptiver Algorithmus
- Paralleles Daten-Lesen

Überblick



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

Wahl des Antikollisionsverfahrens



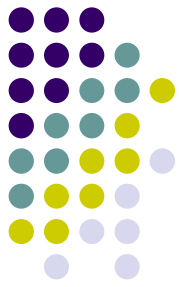
- Reglementierungen der Frequenzen
 - 13.56 MHz:
 - Kleine Bandbreite zugelassen
 - Meist Aloha-Algorithmen
 - 915 MHz
 - Höhere Bandbreite
 - Hauptsächlich deterministische Algorithmen

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)