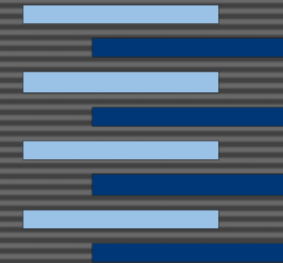


# Vortrag



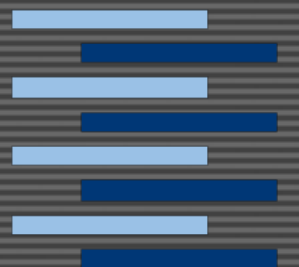
Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Hamburg

## Zeitgesteuerte und selbstorganisierende Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation auf Basis von Ad-hoc-WLAN

Marco Munstermann  
Hans Heinrich Heitmann

# Agenda

- Motivation
- Anforderungen
- Grundlagen AIS
- Konzept / Spezifikation
- Simulation
- Realisierung
- Fazit



## Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols Enhancing Highway Traffic

Subir Biswas, Michigan State University

Raymond Tatchikou, University of Kaiserslautern

Francois Dion, Michigan State University

### ABSTRACT

This article presents an overview of highway cooperative collision avoidance (CCA), which is an emerging vehicular safety application using the IEEE- and ASTM-adopted Dedicated Short Range Communication (DSRC) standard. Along with a description of the DSRC architecture, we introduce the concept of CCA and its implementation requirements in the context of a vehicle-to-vehicle wireless network, primarily at the Medium Access Control (MAC) and the routing layer. An overview is then provided to establish that the MAC and routing protocols from traditional Mobile Ad Hoc networks are not directly applicable for CCA and similar safety-critical applications. Specific constraints and future research directions are then identified for packet routing protocols used to support such applications in the DSRC environment. In order to further explain the interactions between CCA and its underlying networking protocols, we provide an example of the safety performance using simulated vehicle crash experiments. Results from these experiments are demonstrated to demonstrate the need for network optimization for safety-critical applications like CCA. Finally, the performance of CCA to unreliable wireless networks is based on the experim

collis  
series  
cles.

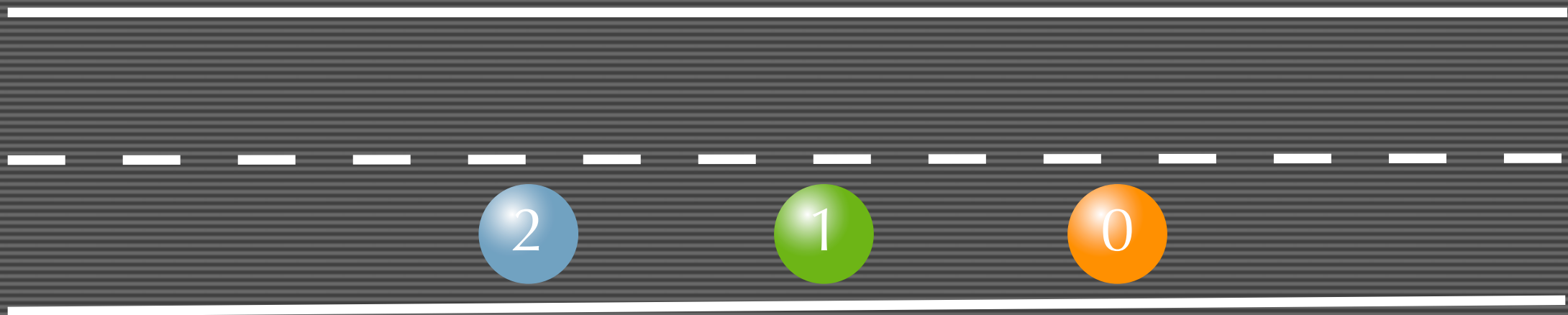
In  
relies  
ately  
actic  
alwe  
vari  
det  
di  
di  
I

# Motivation

- Europäische Kommission:  
“Verkehrsunfälle sind bis 2010 um die Hälfte zu reduzieren.”
- Schätzungen aus USA und Japan sehen Potenzial, 20% der Unfälle durch Einsatz von Fahrzeug- zu- Fahrzeug- Kommunikation zu vermeiden.
- Beispiel: Cooperative Collision Avoidance (CCA)

# Beispiel: Ausgangslage

- Kolonne bestehend aus drei Fahrzeugen
- Geschwindigkeit:  $v_0 = 32 \text{ m/s}$  (konst.)



# Beispiel: Ausgangslage

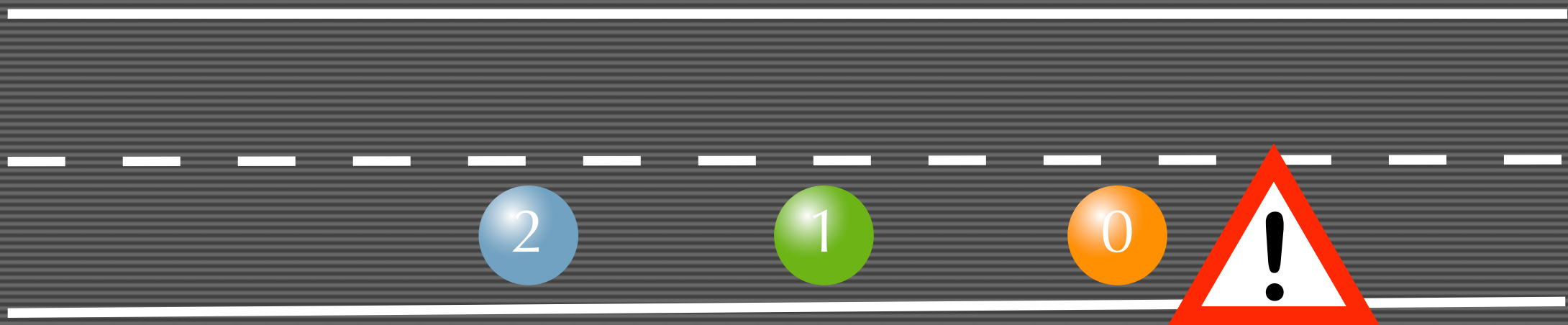
○ Reaktionszeit: 1,5 s

○ Verzögerung: 4 m/s<sup>2</sup>



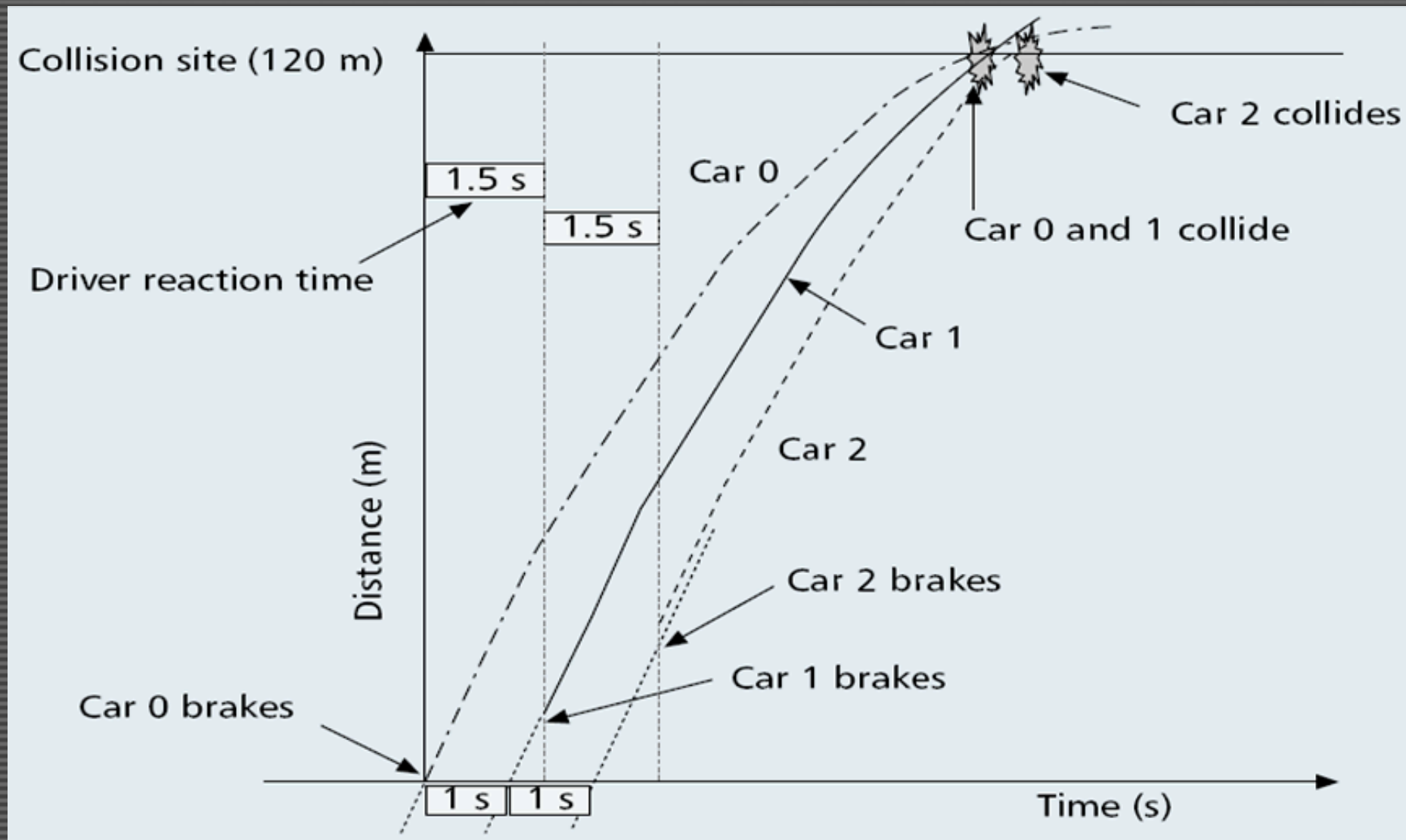
# Beispiel: Ausgangslage

- Fahrzeug 0 wird bei  $t_0$  zu einem Nothalt gezwungen.

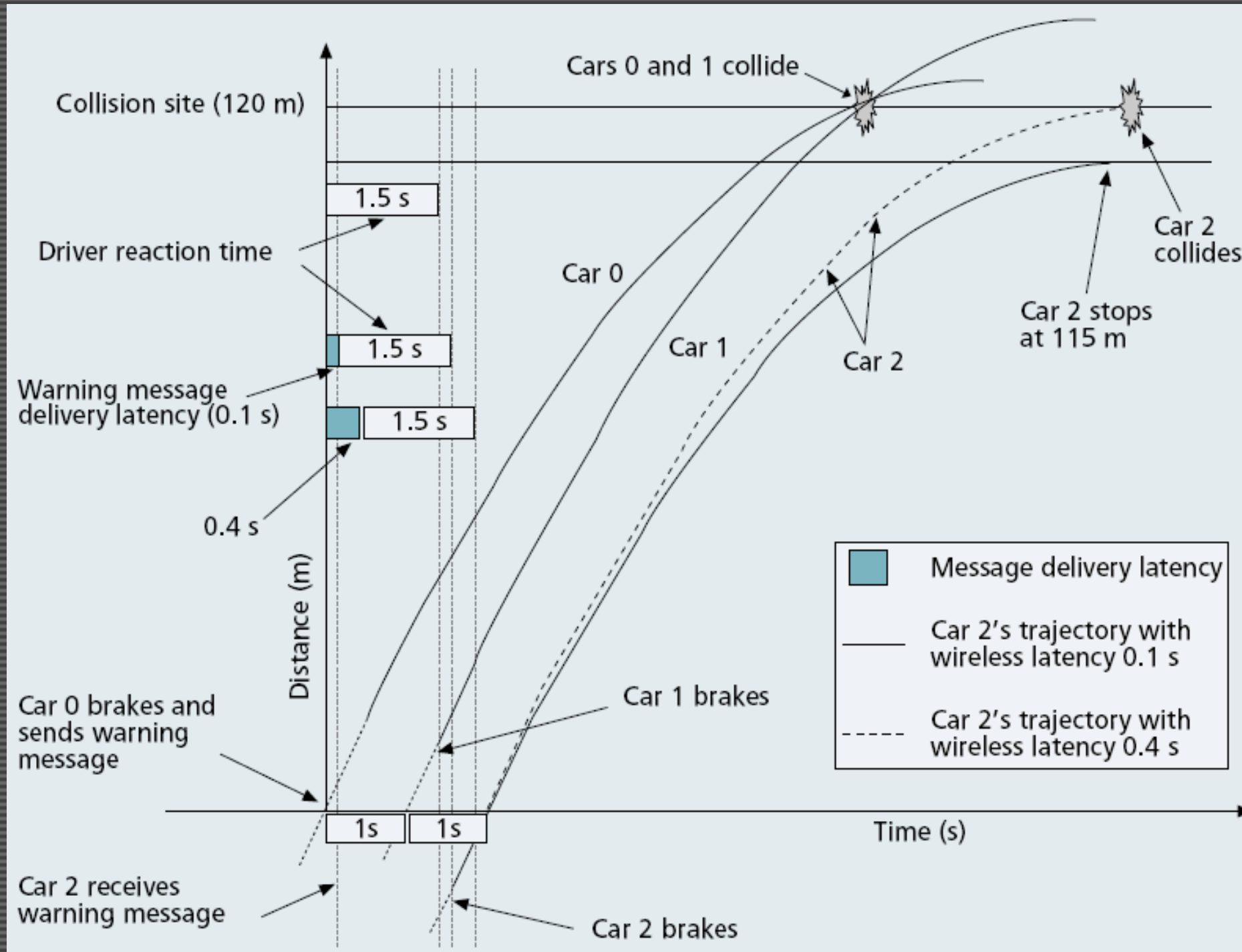


# Beispiel A (ohne CCA)

- Fahrzeugführer reagieren **nur** auf die Bremslichter des vorausfahrenden Fahrzeuges.



# Beispiel B (mit CCA)





# Motivation

- Mittels Fahrzeug- zu- Fahrzeug-Kommunikation können CCA-Systeme entwickelt und Unfälle vermieden / abgeschwächt werden.
- Eine Anforderung an das Kommunikationssystem ist eine adäquate Übertragungsverzögerung.

PUBLIC SAFETY

## Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocol Enhancing Highway Traffic

*Subir Biswas, Michigan State University*

*Raymond Tatchikou, University of Kaiserslautern*

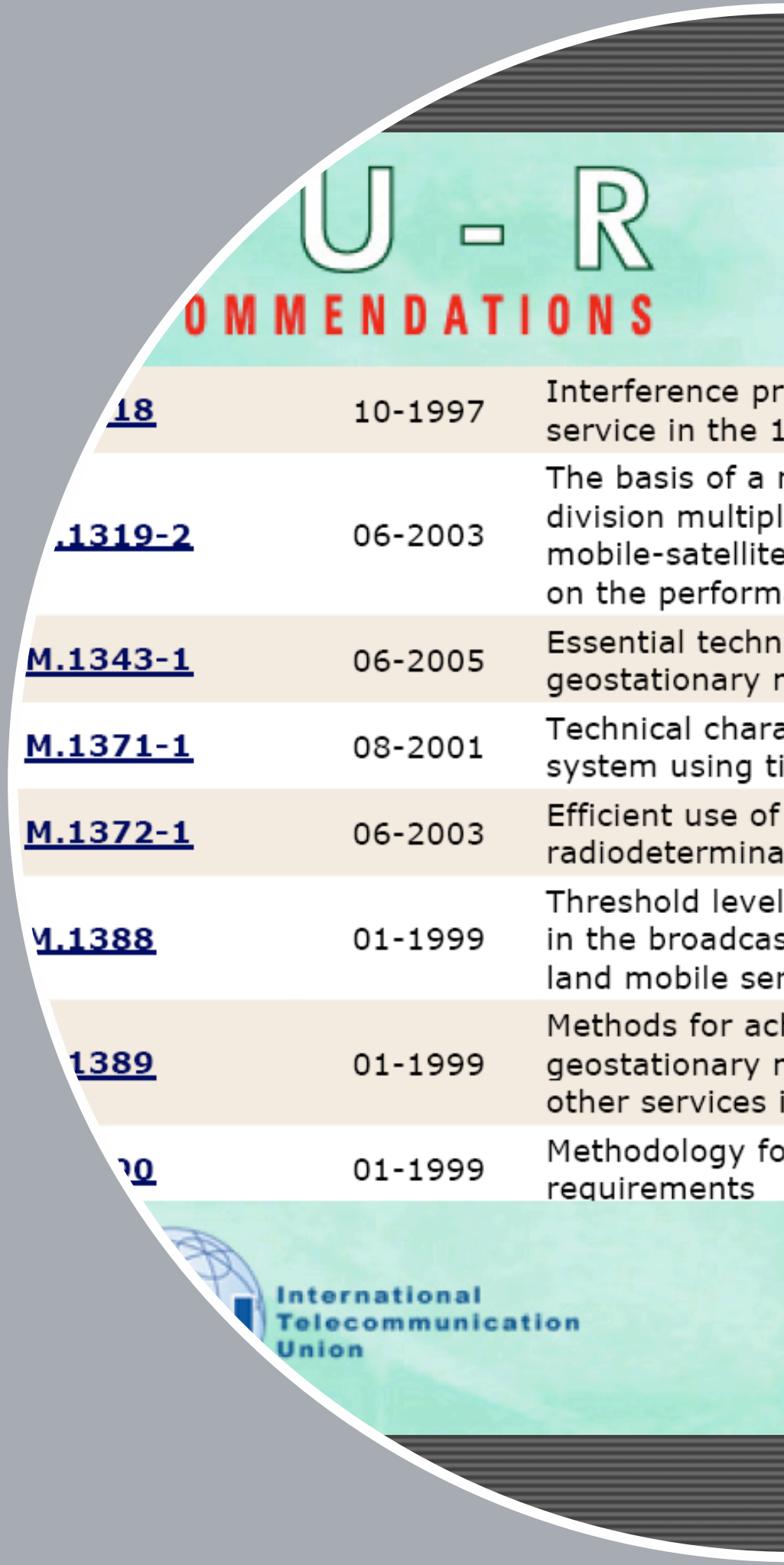
*Francois Dion, Michigan State University*

### ABSTRACT

This article presents an overview of highway cooperative collision avoidance (CCA), which is an emerging vehicular safety application using the IEEE- and ASTM-adopted Dedicated Short Range Communication (DSRC) standard. Along with a description of the DSRC architecture, we introduce the concept of CCA and its implementation requirements in the context of a vehicle-to-vehicle wireless network, primarily at the Medium Access Control (MAC) and the routing layer. An overview is then provided to establish that the MAC and routing protocols from traditional Mobile Ad Hoc networks are not directly applicable for CCA and similar safety-critical applications. Specific constraints and future research directions are then identified for packet routing protocols used to support such applications in the DSRC environment. In order to further explain the interactions between CCA and its underlying networking protocols, we present an example of the safety performance of CCA using simulated vehicle crash experiments. The results from these experiments are also used to demonstrate the need for network data prioritization for safety-critical applications such as CCA. Finally, the performance sensitivity of CCA to unreliable wireless channels is discussed based on the experimental results.

# Grundlagen AIS

- AIS stellt eine seit 2002 real erprobte zeitgesteuerte und selbstorganisierende Kommunikationsform dar.
- Hoffnung: Ansatzpunkte von AIS für die eigene Fahrzeug- zu-Fahrzeug- Kommunikation übernehmen.



The image shows a circular graphic containing a table of ITU-R Recommendations. The table lists various recommendation numbers, their dates, and brief descriptions of their content. The ITU-R logo is visible at the top, and the International Telecommunication Union logo is at the bottom.

Recommendation	Date	Description
<u>18</u>	10-1997	Interference protection for mobile service in the 1800 MHz band
<u>.1319-2</u>	06-2003	The basis of a new mobile-division multiple access system for mobile-satellite services on the performance of the system
<u>M.1343-1</u>	06-2005	Essential technical characteristics of geostationary mobile-satellite systems
<u>M.1371-1</u>	08-2001	Technical characteristics of a mobile-satellite system using time division multiple access
<u>M.1372-1</u>	06-2003	Efficient use of mobile-satellite systems for radiodetermination services
<u>M.1388</u>	01-1999	Threshold level for coexistence in the broadcast mobile service and land mobile service
<u>1389</u>	01-1999	Methods for allocation of frequencies for geostationary mobile-satellite and other services in the 1800 MHz band
<u>1390</u>	01-1999	Methodology for the determination of requirements for mobile-satellite systems

International Telecommunication Union

# ITU - RECOMMENDATIONS

<u><a href="#">M.1318</a></u>	10-1997	Interference service in
<u><a href="#">M.1319-2</a></u>	06-2003	The basis of division multiple access mobile-satellite on the performance
<u><a href="#">M.1343-1</a></u>	06-2005	Essential technical geostationary
<u><a href="#">M.1371-1</a></u>	08-2001	Technical characteristics system using time
<u><a href="#">M.1372-1</a></u>	06-2003	Efficient use of radiodetermination
<u><a href="#">M.1388</a></u>	01-1999	Threshold level in the broadcast land mobile service
<u><a href="#">M.1389</a></u>	01-1999	Methods for geostationary other services
<u><a href="#">M.1390</a></u>	01-1999	Methodology requirements



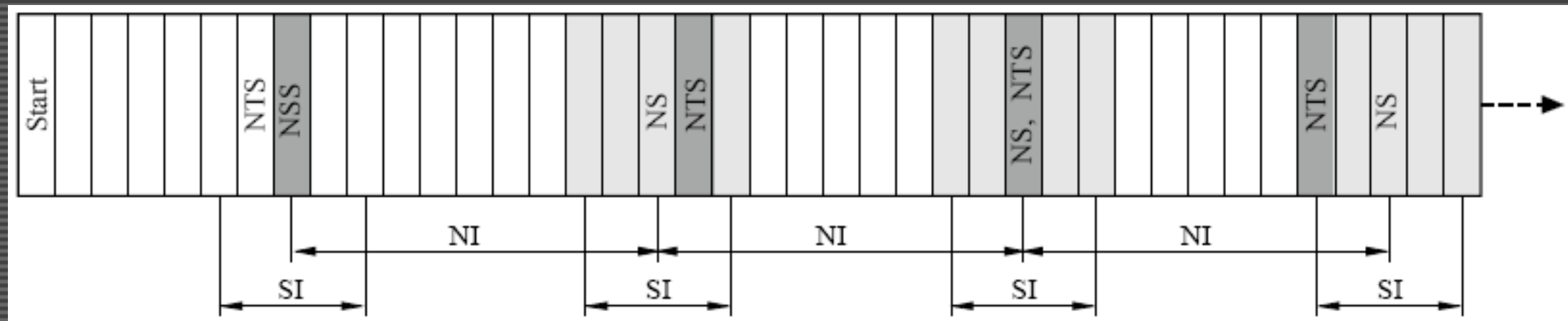
# Grundlagen AIS

- durch die ITU-R standardisiert (ITU-R M.1371-1)
- effizienter Austausch von Navigationsdaten zwischen Schiffen
- nutzt zeitgesteuertes und selbstorganisierendes Zugriffsverfahren
- arbeitet primär autonom, automatisch und kontinuierlich

# Einteilung der Zeit

- AIS-Rahmen dauert eine Minute.
- Minute teilt sich auf in 2250 Zeitschlitz (slots).
- Synchronisation geschieht mittels koordinierter Weltzeit.
- Zugriff auf das Medium erfolgt stets zu Beginn eines slots.
- Zeitschlitz befindet sich in einem von vier Zuständen:  
free, external allocation, internal allocation, available.

# SOTDMA-Zugriffsverfahren



- NTS: Zeitschlitz der Übertragung
- NSS: erster verwendeter Zeitschlitz
- SI: Intervall, aus dem zufällig ein Zeitschlitz gewählt wird
- NS: Zentrum innerhalb eines Intervalls

# ALS Initialisierungsphase

- Abhören des Mediums für die Dauer eines Rahmens
- zufällige Wahl eines slots aus definiertem Intervall (RATDMA)
- implizite Reservierung für Folgepaket durch erstes Paket
- Wechsel von RATDMA- zu SOTDMA- Zugriffsverfahren



# Grundidee

- Konzept stützt sich auf zwei Standards.
- Schnittpunkte beider Standards sind auszunutzen.



# Schnittpunkte der Standards

ITU-R M.1371-1

IEEE 802.11

Funkhardware im  
maritimen VHF Band

Funkhardware im  
ISM Band

Einteilung der Zeit in Rahmen  
von je einer Minute

Einteilung der Zeit in Rahmen  
von je 100 time units (TU)

Synchronisation mittels  
UTC

Synchronisation mittels  
TSF

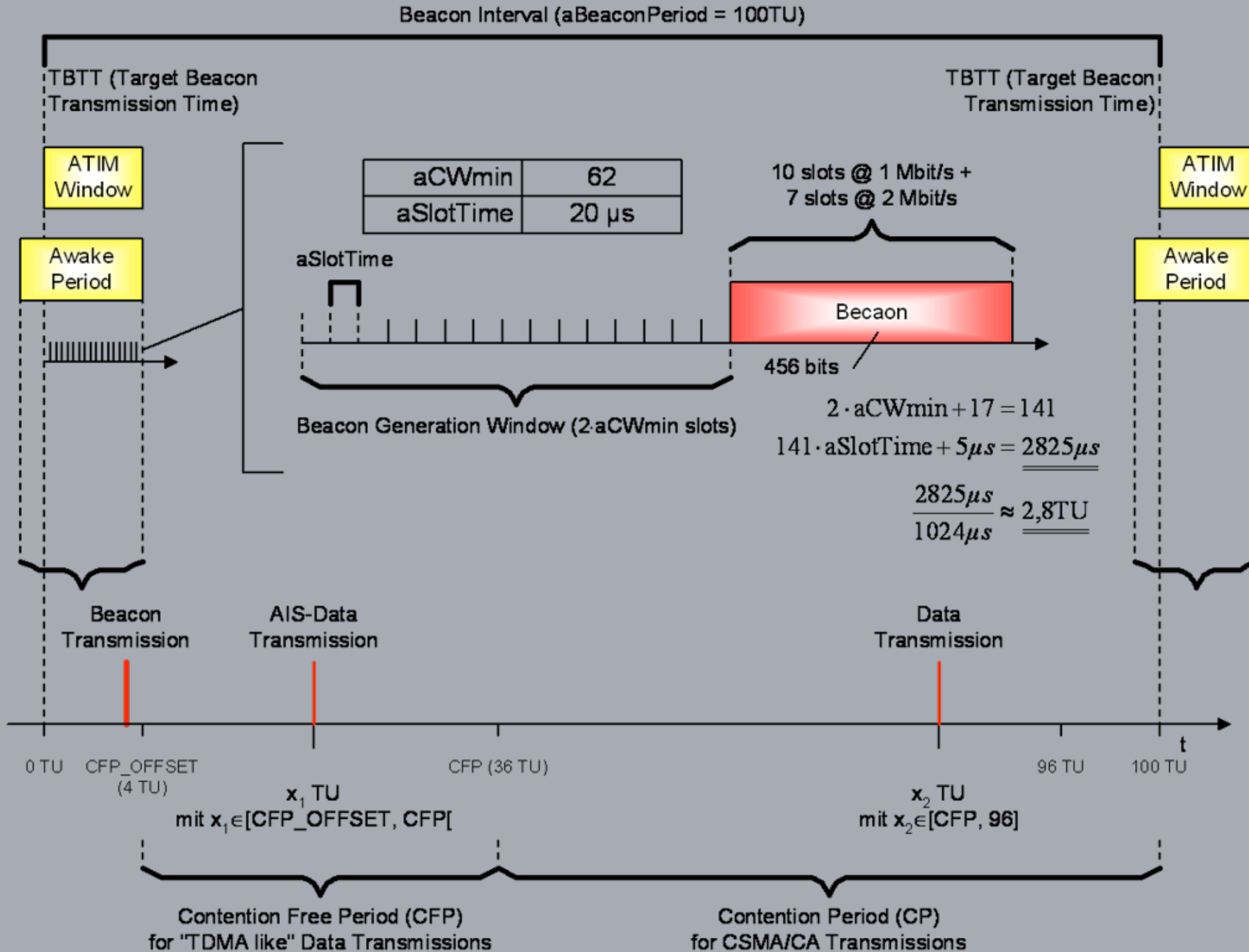


# Eckdaten des eigenen Konzepts

Funktechnologie	IEEE 802.11
Physikalische Ebene	DSSS
Rahmen	Beacon- Intervall
Synchronisation	TSF
Perioden	CFP, CP
Zugriffsverfahren	SOTDMA (CFP), CSMA/CA (CP)

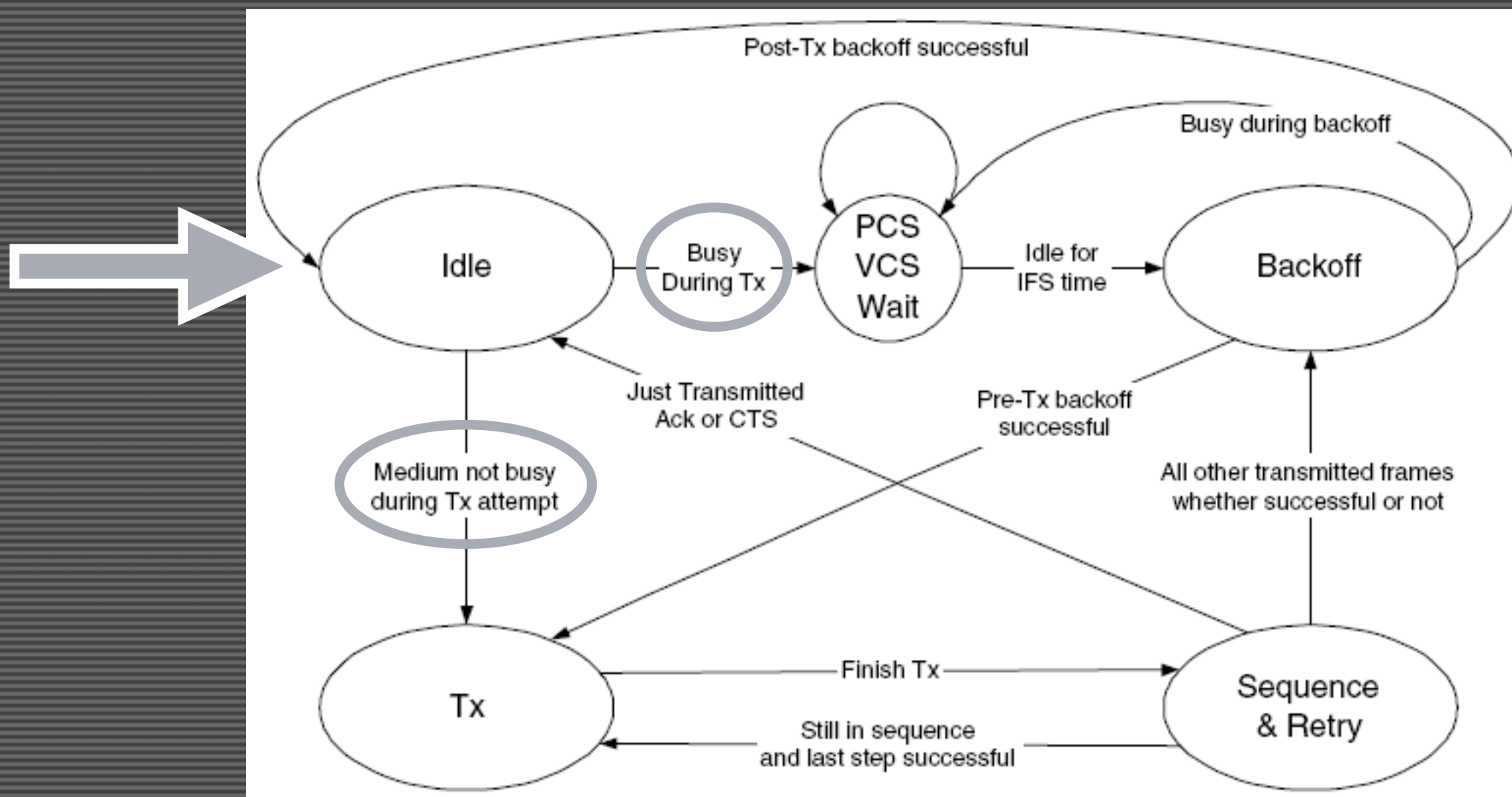
1TU = 1024  $\mu$ s

Synchronization of the TSF timers in a BSS to within 4  $\mu$ s (see IEEE, 1999, 11.1.2, p. 123)  
+ maximum propagation delay (max. 1  $\mu$ s @ 200 m, see Trikalotis, 2000, p. 51)  $\approx$  5  $\mu$ s



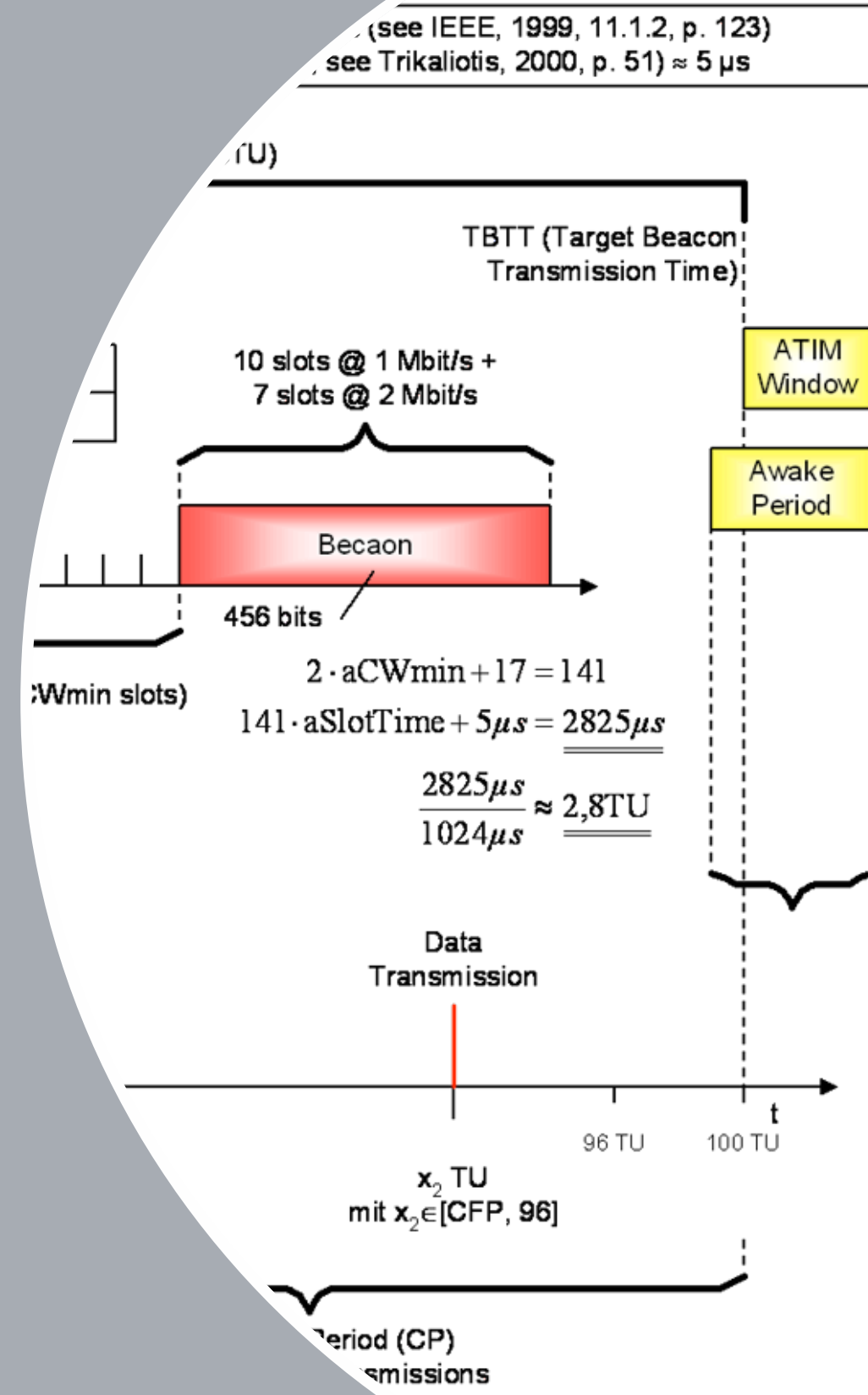
# Überlagertes Zeitschlitzverfahren

- CSMA/CA wird mittels Zeitschlitzverfahren überlagert.

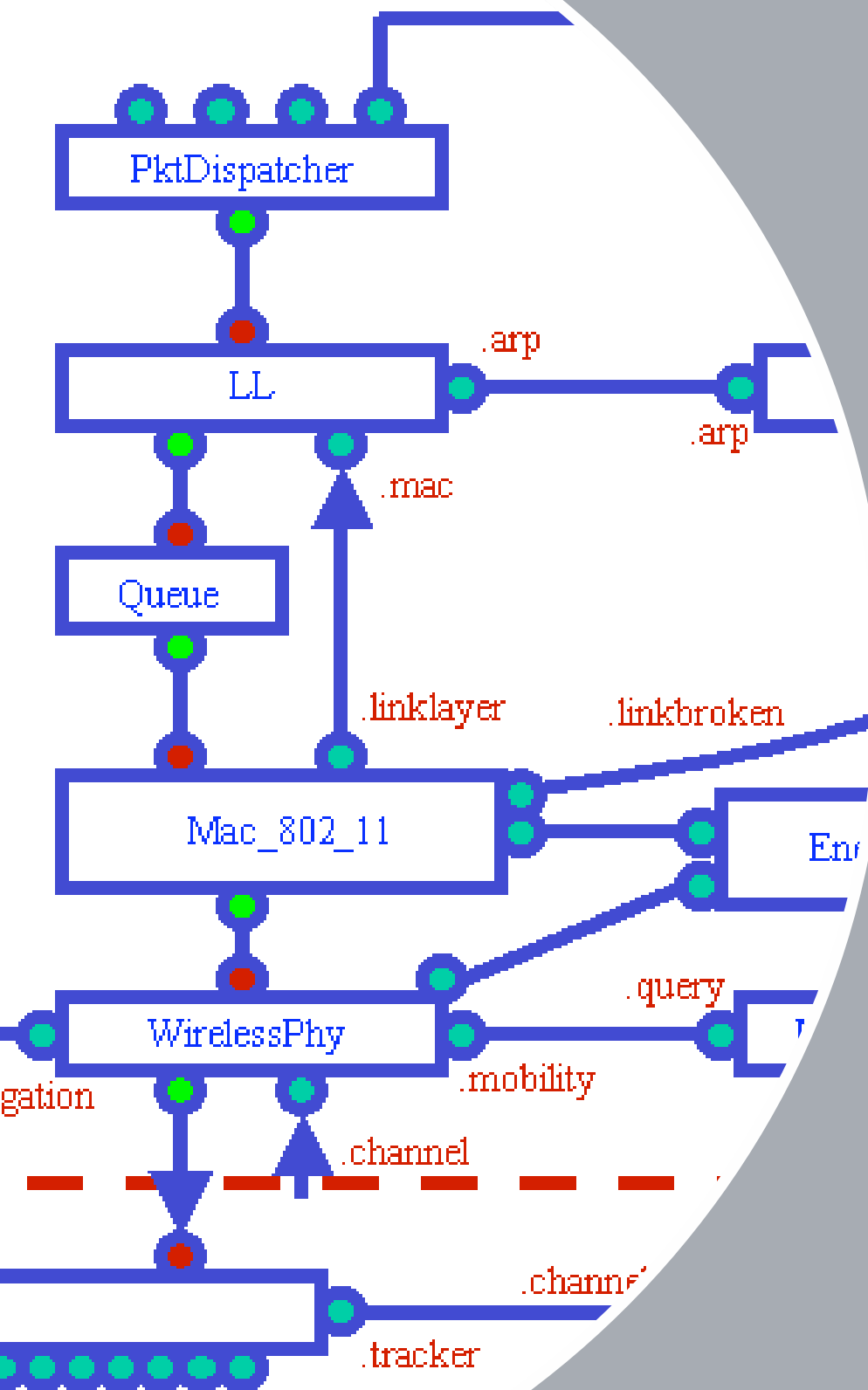


# Spezifikation

Report rate	1 (konstant)
Rahmen	100 TU
Zeitschlitz	1 TU
CFP (synchron)	32 TU (SOTDMA)
CP (asynchron)	64 TU (CSMA/CA)
Daten (synchron)	21 Byte
Daten (asynchron)	beliebig



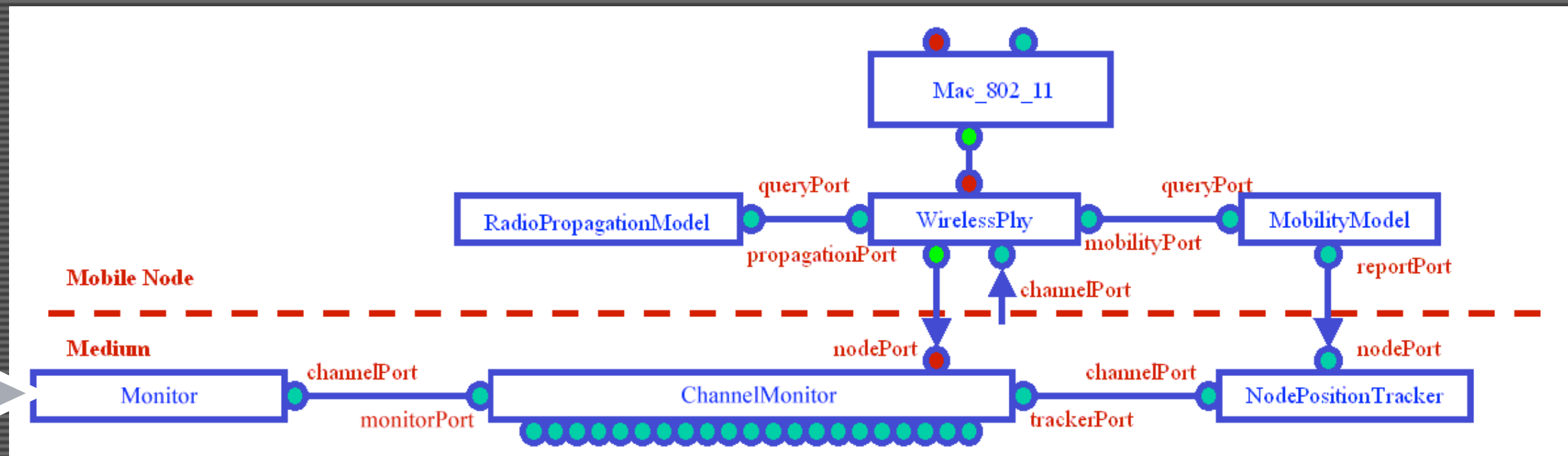
# Simulation



- erster Schritt zur Untersuchung der generellen Machbarkeit
- verwendet als Simulationsumgebung "J-Sim"
- liegt eine Komponentenarchitektur zugrunde

# “Monitor”- Erweiterung

- zur Protokollierung aller auf dem Medium befindlichen Nachrichten
- zur Überprüfung des korrekten Protokollablaufs



# “Mac\_802\_11”-Komponente

- Schwerpunkt der Umsetzung des vorgestellten Konzepts
- zwei Timer einschließlich entsprechender Interrupt-Routinen hinzugefügt:
  - ein Timer zur Positionierung des zeitgesteuerten Pakets
  - ein Timer zur Indikation des Periodenwechsels
- zwei zusätzliche Nachrichtentypen
- Algorithmen der Zugriffsverfahren

# Szenario B (zweispurige Autobahn)

0 m

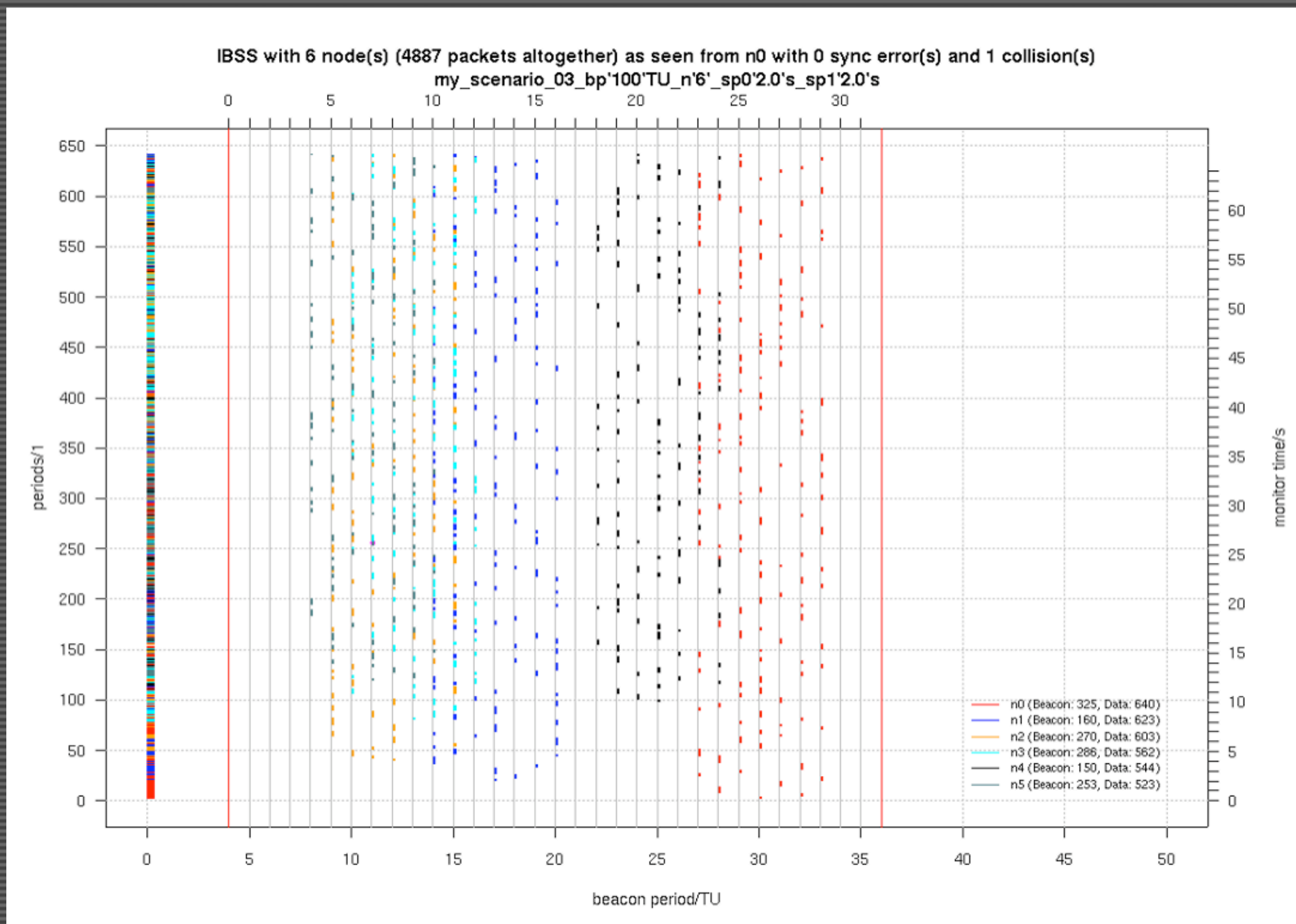
3000 m



Abbildung ist nicht maßstabsgetreu!

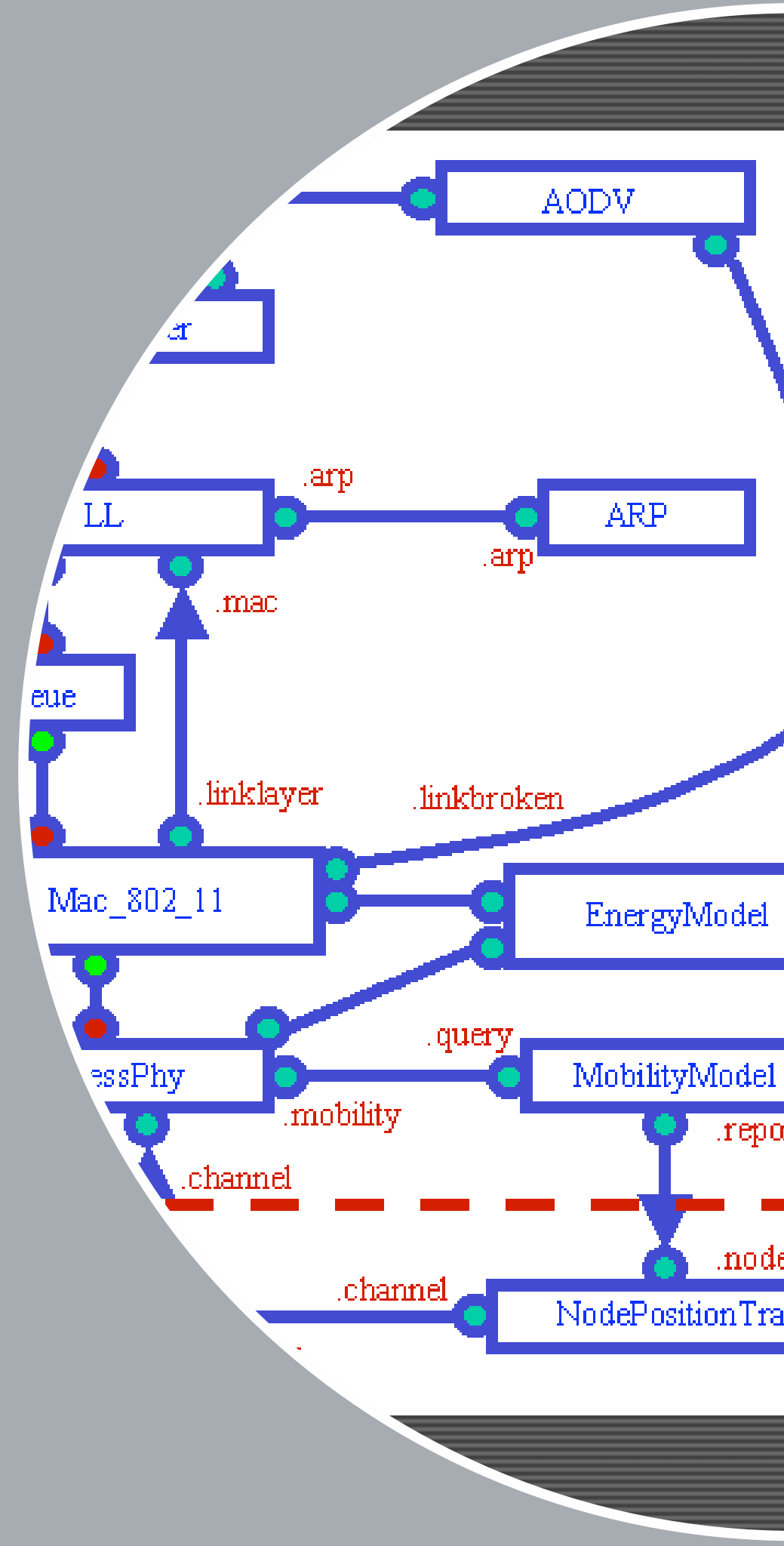


# Szenario B (zweispurige Autobahn)



# Simulation

- Theoretische Machbarkeit des Konzepts wurde demonstriert.
- Realitätsnahe Szenarien konnten simuliert werden.
- Kein Paket wurde außerhalb seines Zeitschlitzes empfangen.
- Kollisionen traten auf, wenn sie unvermeidbar waren.

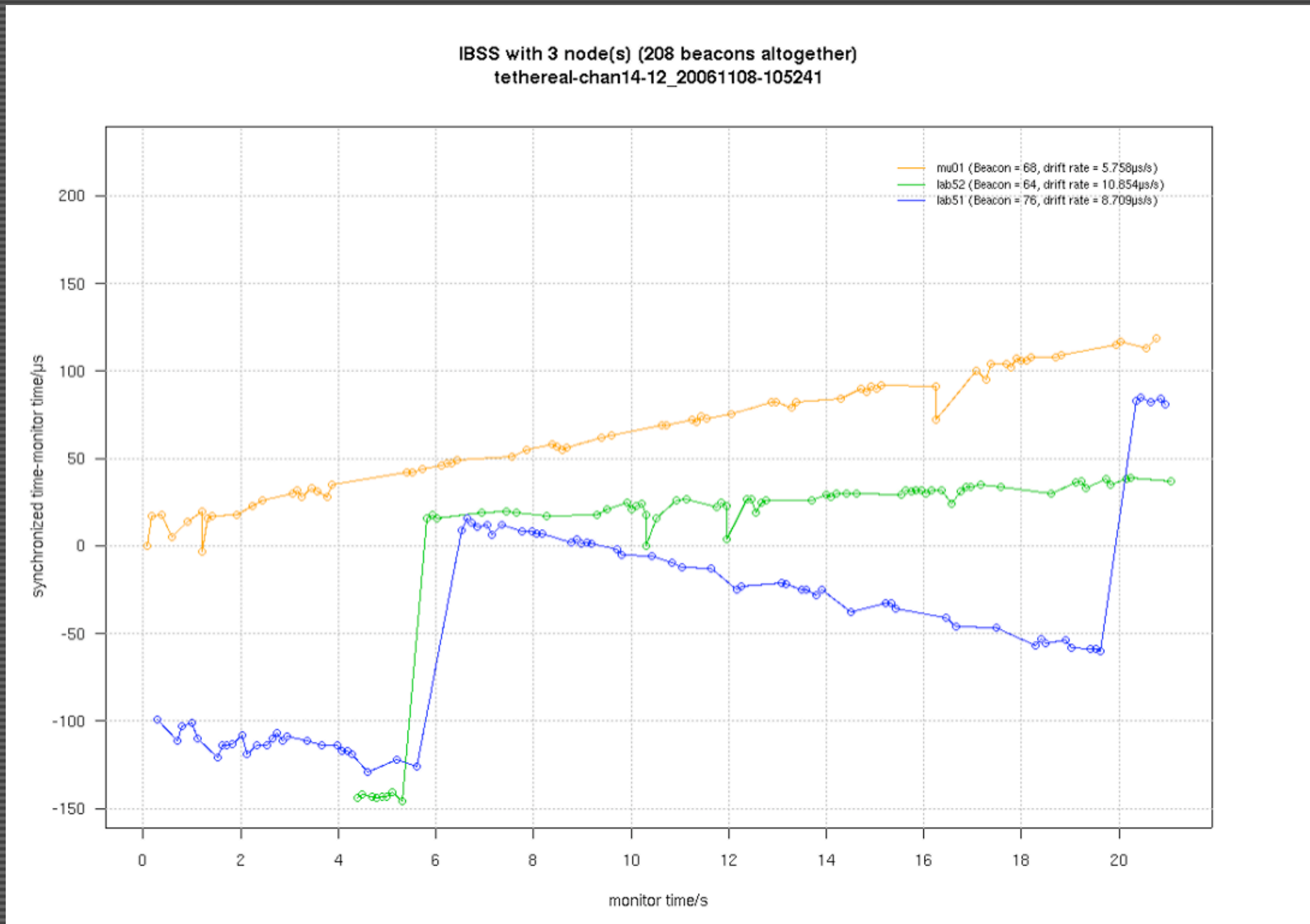


# Realisierung

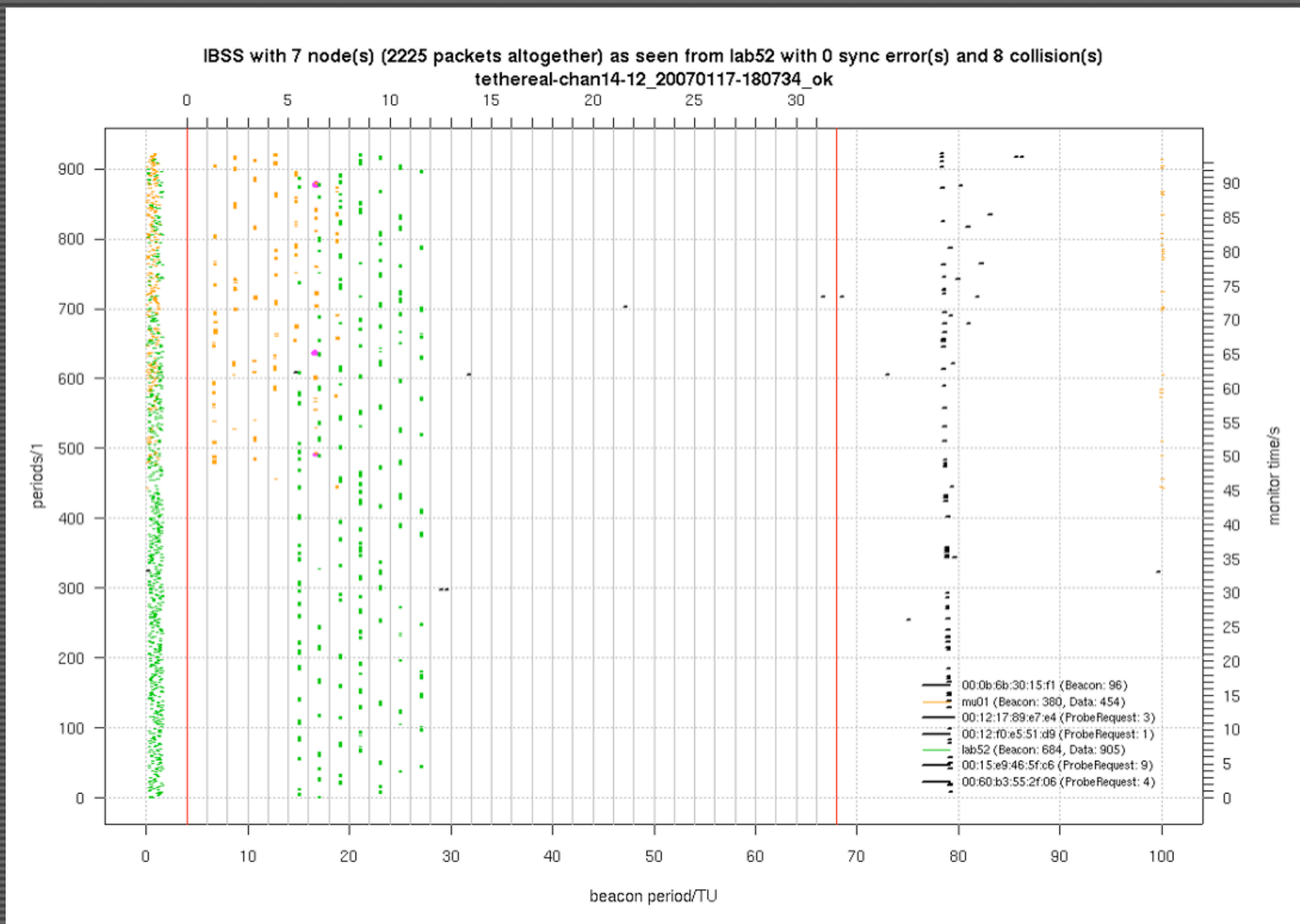
- zweiter Schritt zur Untersuchung der generellen Machbarkeit
- Treiberimplementierung unter Linux
- verwendet den "rt2500"-MAC-Controllerchip der Firma Ralink



# Synchronisationsverhalten



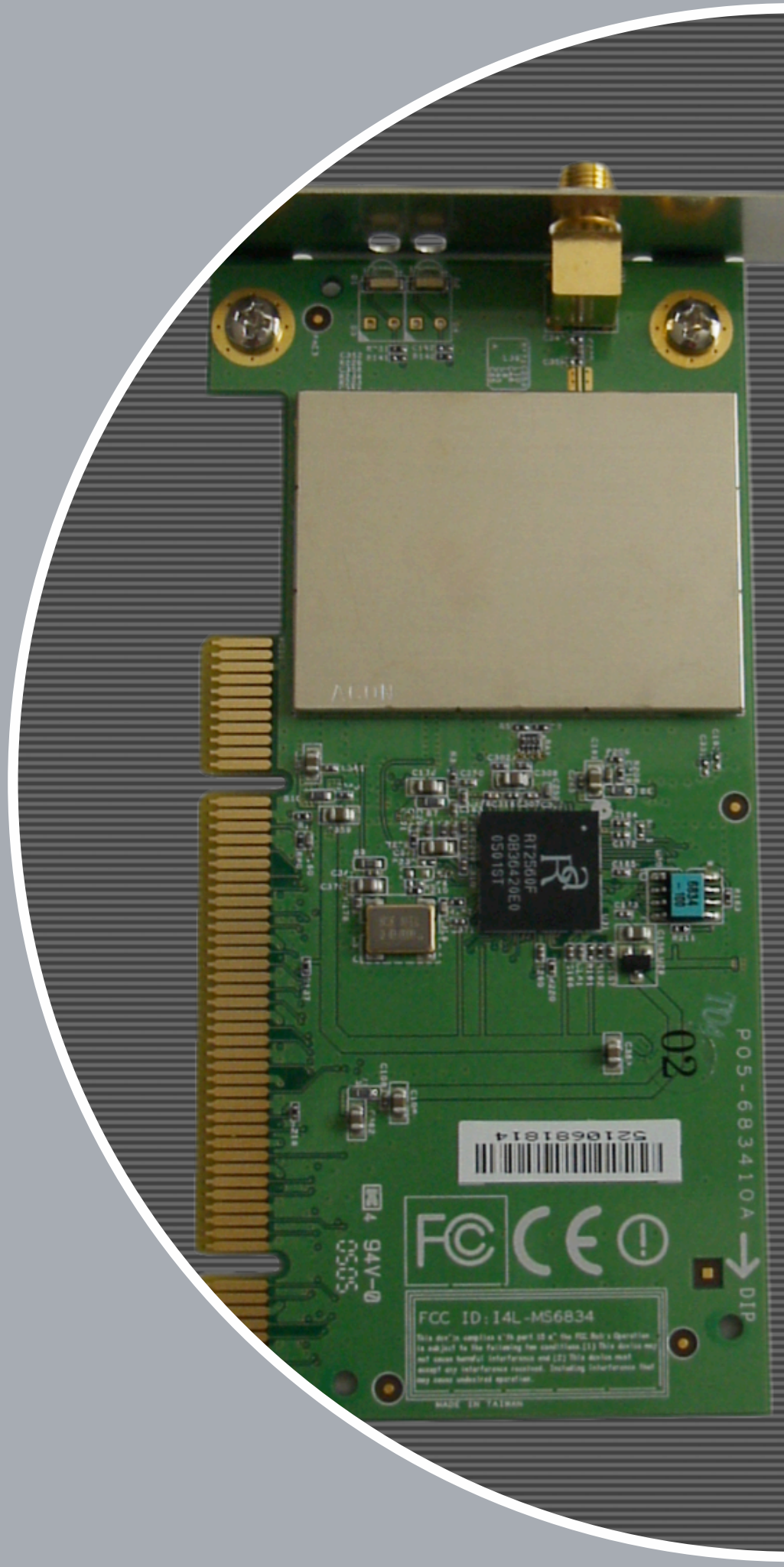
# Szenario A mit realer Hardware





# Realisierung

- Ungenauigkeit bei der Synchronisierung wurde festgestellt.
- Abgeschlossenheit der Hardware verhindert Korrekturmaßnahmen.
- Szenario A konnte mit modifizierter Spezifikation nachgestellt werden.



# Fazit

- SOTDMA erwies sich als verlässlich.
- Potenzielle Fehler sind lokal begrenzt.
- Zufällige Zeitschlitzwahl sichert Fairness.
- "slot reuse" sorgt für Skalierbarkeit.
- Zeitschlitzkandidaten erhöhen die Verfügbarkeit.

