

# **L3-NET**

**Communication Architecture for  
Wireless Low Power-, Low Cost-, Low Datarate-NETworks  
based on 802.15.4 / ZigBee and ISSA**

**Prof. Dr.-Ing. Ralph Welge**

Email: [welge@fhnon.de](mailto:welge@fhnon.de)

Internet: <http://informatik.fhnon.de>

Tel.: +49-4131-677 462

Fachbereich Automatisierungstechnik  
Fachhochschule Nordostniedersachsen  
Volgershall 1  
21339 Lüneburg

**Prof. Dr.-Ing. C. Müller-Schloer**

**Dr.-Ing. habil. J. Brehm**

**Dipl.Ing. S. Voigt**

Email: [{cms,brehm,voigt}@sra.uni-hannover.de](mailto:{cms,brehm,voigt}@sra.uni-hannover.de)

Internet: <http://www.sra.uni-hannover.de>

Tel.: +49-511-762 19730

SRA  
Universität Hannover  
Appelstraße 4  
30167 Hannover



Fachbereich Automatisierungstechnik

## Inhalt

- **Motivation**
- **L<sup>3</sup>-Net - Low Power, Low Cost, Low Datarate Network**
- **IEEE 802.15.4 im Überblick**
- **JXTA – Die ISSA Plattform**
- **ISSA – Das Gesamtkonzept**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Ubiquitous Computing

## Eigenschaften moderner (drahtloser) Netzwerktechnologien

- Ubiquity: Allgegenwärtige Computer (Geräte, Peers).
- Dezentrale auch mehrfach vorhandene Dienste (Services) attributieren Geräte.
- Vereinbarung zwischen Services: Nachrichtenformate
- Dynamische Netzwerkstrukturen: Mobile Geräte, Spontane (Ad hoc-) Vernetzung.
- Kontextsensitive Bildung von Gerätegruppen (Peergroups).

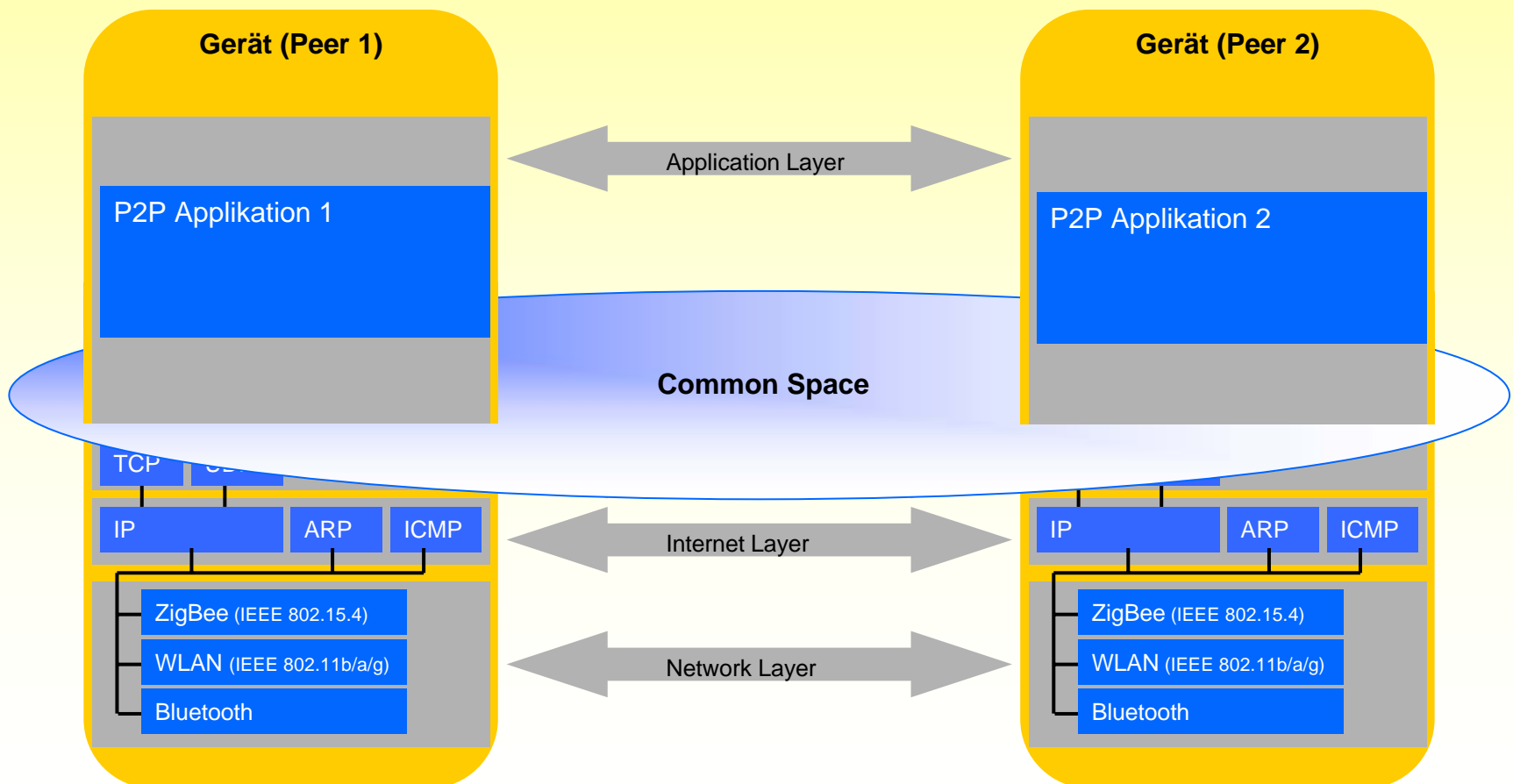
## Probleme beim sicheren Management von „per def.“ unsicheren Netzen.

- Welche Geräte und Dienste sind zu einem Zeitpunkt gerade verfügbar?
- Temporäre Verfügbarkeit der Produzenten und Konsumenten von Diensten.
- Informationsaustausch nur innerhalb von Gerätegruppen .
- Distributed Shared Memory Dienste innerhalb von Gerätegruppen.

# Das Kommunikationsparadigma: ISSA - Info Space Service Architecture

## Motivation für den Einsatz der ISSA

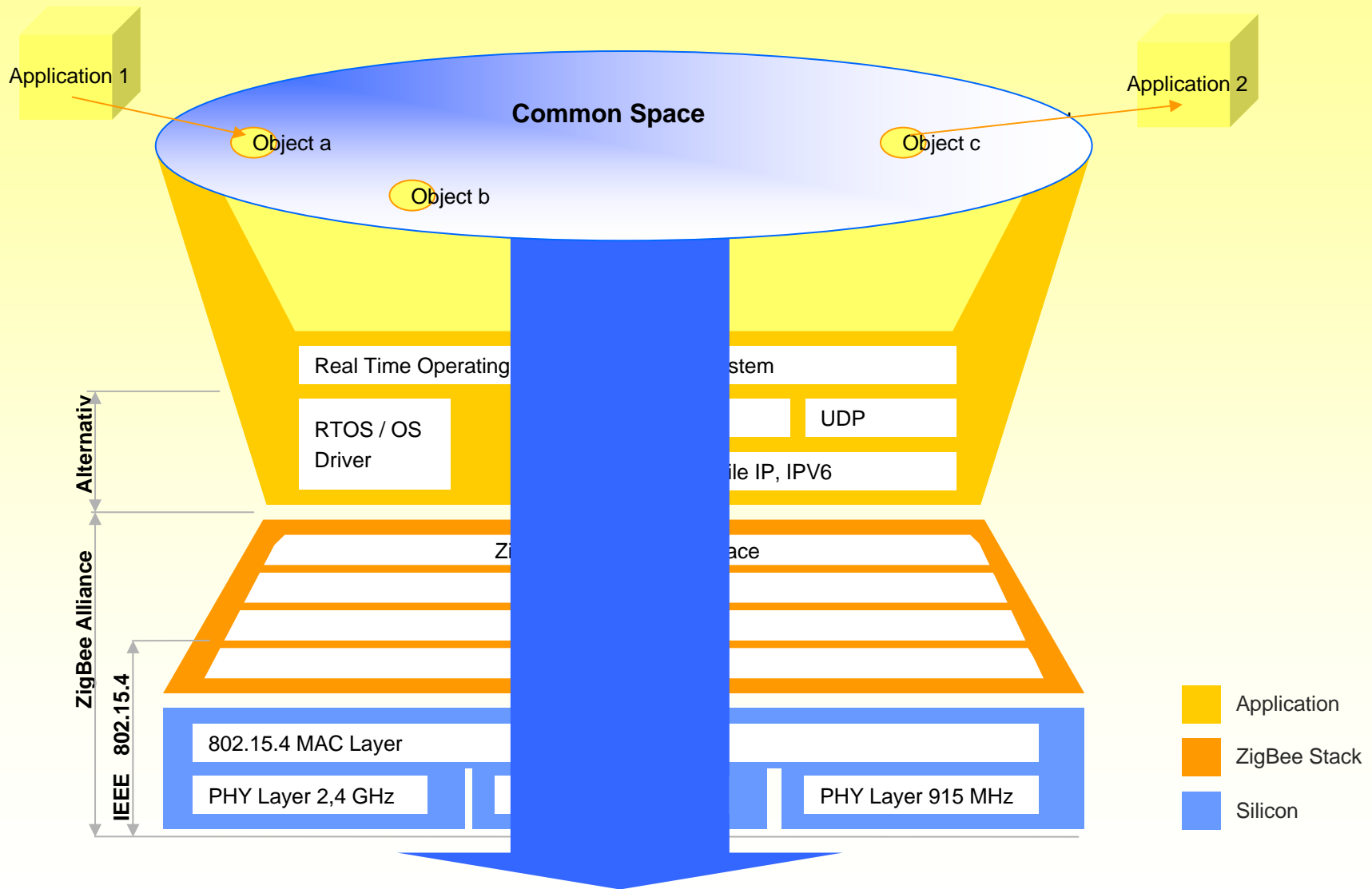
- **Kommunikation** über einen objektbasierten, verteilten gemeinsamen Speicher (DSM: Distributed Shared Memory)



## Inhalt

- Motivation
- **L<sup>3</sup>-NET - Low Power, Low Cost, Low Datarate NETwork**
- IEEE 802.15.4
- JXTA – Die ISSA Plattform
- ISSA – Das Gesamtkonzept
- Zusammenfassung und Ausblick

# L<sup>3</sup>-NET - Low Power, Low Cost, Low Datarate NETWORK



## Inhalt

- Motivation
- L<sup>3</sup>-Net - Low Power, Low Cost, Low Datarate Network
- **IEEE 802.15.4 im Überblick**
- JXTA – Die ISSA Plattform
- ISSA – Das Gesamtkonzept
- Zusammenfassung und Ausblick

# IEEE 802.15.4 im Überblick

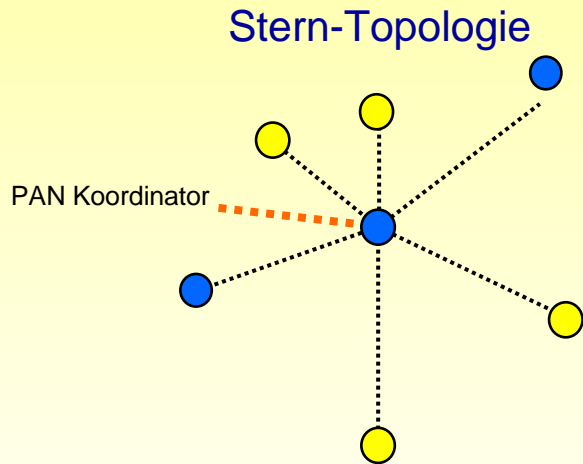
## Einsatzbereich von Netzwerken nach der IEEE 802.15.4

- LR-WPAN (Low Rate Wireless Personal Area Network)
- Versuch einer Standardisierung im stark fragmentierten Markt für Low Power-, Low Cost-, Low Datarate-Funkverbindungen für Netzwerke mit hoher Knotendichte und geringen Bandbreitanforderungen.
- Einsatzbereich: Medizintechnik, Gebäudetechnik, Steuerungstechnik, Sensornetze, Konsumelektronik bis hin zu Spielzeugen.
- **Schlüsselaspekte: Energiemanagement, begrenzte Rechenleistung**

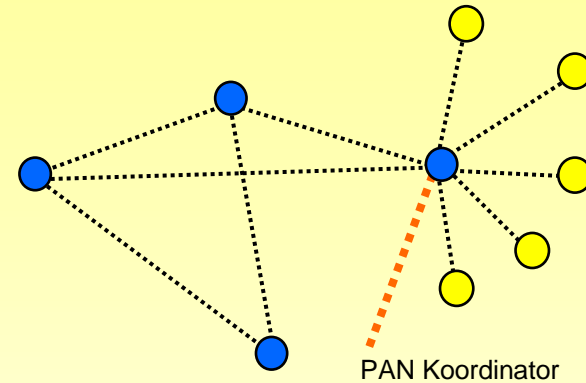
## Eigenschaften der IEEE 802.15.4

- Datenraten: 250 KBit/s, 40 KBit/s und 20 KBit/s je nach Frequenzband
- Stern- oder Peer-to-Peer-Topologie
- CSMA-CA- und TDMA-Zugriffsverfahren über GTS (Guaranteed Time Slots)
- Verbindungsorientiertes Protokoll
- Energy Detection (ED) und Link quality indication (LQI)
- Formale Spezifikation in ITU-SG16-88 (802.15.4-2003) (802.15.4-2006 und 802.15.4-2011 sind abwärtskomp.)

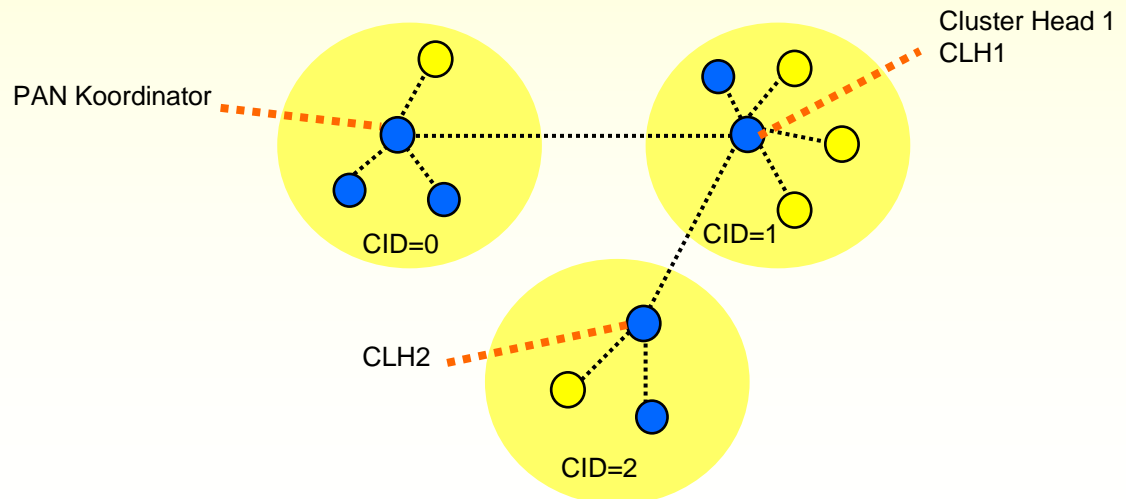
## Netzwerktopologien



## Peer-to-Peer-Topologie



## Cluster Tree-Topologie



- Netzwerkkoordinator (FFD – Full Function Device)
- Einfacher Netzwerkknoten (RFD – Reduced Function Device)
- ..... Kommunikationsverbindung

# IEEE 802.15.4 im Überblick

## Gerätetypen eines POS (Personal Operating Space)

### Full Function Device (FFD)

- Ist PAN-Koordinator oder Device.
- Überträgt als PAN-Koordinator optional Network Beacons.
- Aufgaben als PAN-Koordinator: Netzwerk-Setup und Management.
- Routing von Nachrichten.
- Empfängt permanent; daher i.d.R. Netzspeisung.

### Reduces Function Device (RFD)

- Annahme: Batteriespeisung.
- Sucht erreichbare Netzwerke.
- Entscheidet selbst, ob ein Datentransfer eingeleitet werden soll.
- Registriert über die Beacon Extension, ob Datentransfers anstehen.
- Fordert den Koordinator über MAC-Commands auf, Daten zu transferieren.
- Kann für undefinierte Zeit inaktiv sein.

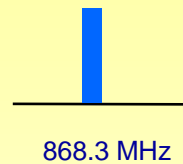
# IEEE 802.15.4 im Überblick

## Frequenzbereiche

### 868 MHz-Frequenzband

(nur Europa)

1 Kanal (0)

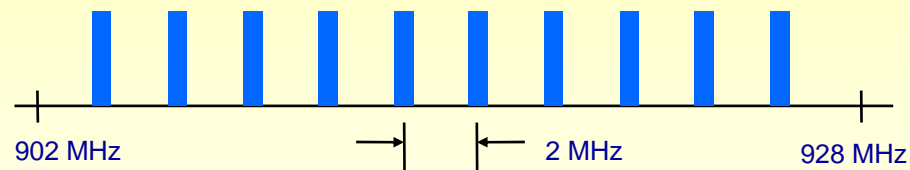


### 915 MHz-Frequenzband

(nur USA)

10 Kanäle (1 .. 10)

Kanalabstand: 2 MHz



### 2,4 GHz-Frequenzband

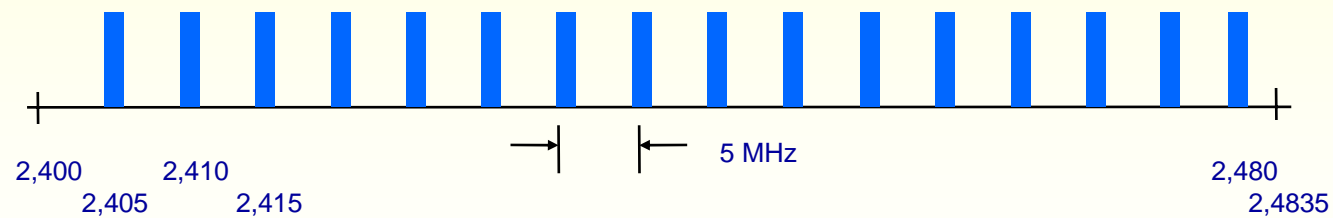
(Europa und USA)

16 Kanäle (11 .. 26)

Kanalabstand: 5 MHz

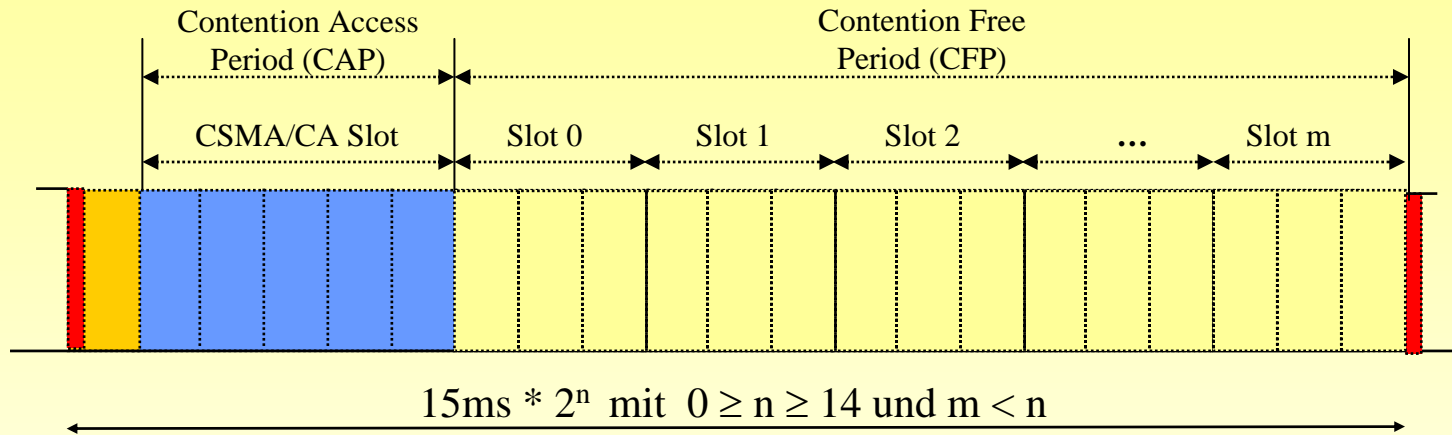
$f = 2405 \text{ MHz} + 5 \cdot k \text{ MHz}$

mit  $k = 0, \dots, 15$



# IEEE 802.15.4 im Überblick

## Optionaler Superframe



- Network Beacon  
Synchronisations-Signal des Netzwerkkoordinators.
  
- Beacon Erweiterung
  
- CSMA/CA Zeitfenster
  
- Zeitschlitze für Netzwerkknoten mit festen Bandbreitenanforderungen

# IEEE 802.15.4 im Überblick

## PHY Layer (Physical Layer)

- Schicht zwischen MAC-Layer und RF-Firmware / -Hardware.
- Interaktion mit dem RF-Transceiver.
- Energy Detection (ED) – Schätzung im aktuellen Kanal.
- Link Quality Indication – LQI für eingegangene Pakete.
- Clear Channel Assessment - CCA für CSMA-CA.
- Kanalwahl.
- Versenden und Empfangen von Daten.
- Enthält PHY Layer Management Entity (PLME).

## Services

- PHY Data Service
- PHY Management Service

# IEEE 802.15.4 im Überblick

## MAC Layer (MAC - Medium Access Control)

- Generierung von Network Beacons, wenn das Device Koordinator ist.
- Synchronisation zu Beacons.
- Assoziatiuon und Disassoziation zu PANs.
- Security.
- Anweisung von CSMA-CA Zugriffen.
- Management von GTS-Zugriffen.
- Management von sicheren Verbindungen zu entfernten MAC-Services .

## Services

- MAC Data Service
- MAC Management Service

## Inhalt

- Motivation
- L<sup>3</sup>-Net - Low Power, Low Cost, Low Datarate Network
- IEEE 802.15.4 im Überblick
- **JXTA – Die ISSA Plattform**
- ISSA – Das Gesamtkonzept
- Zusammenfassung und Ausblick

# JXTA – Die ISSA Plattform

## Basistechnologie JXTA

- Sun veröffentlichte die Ergebnisse des Projekts JXTA im Jahr 2001.
- Forschungsprojekt zur Entwicklung von Peer-to-Peer Netzwerken.
- Protokollspezifikation einer Netzwerktechnologie, keine Implementierung.
- SUN hat allerdings Referenzimplementierungen in C und Java veröffentlicht.

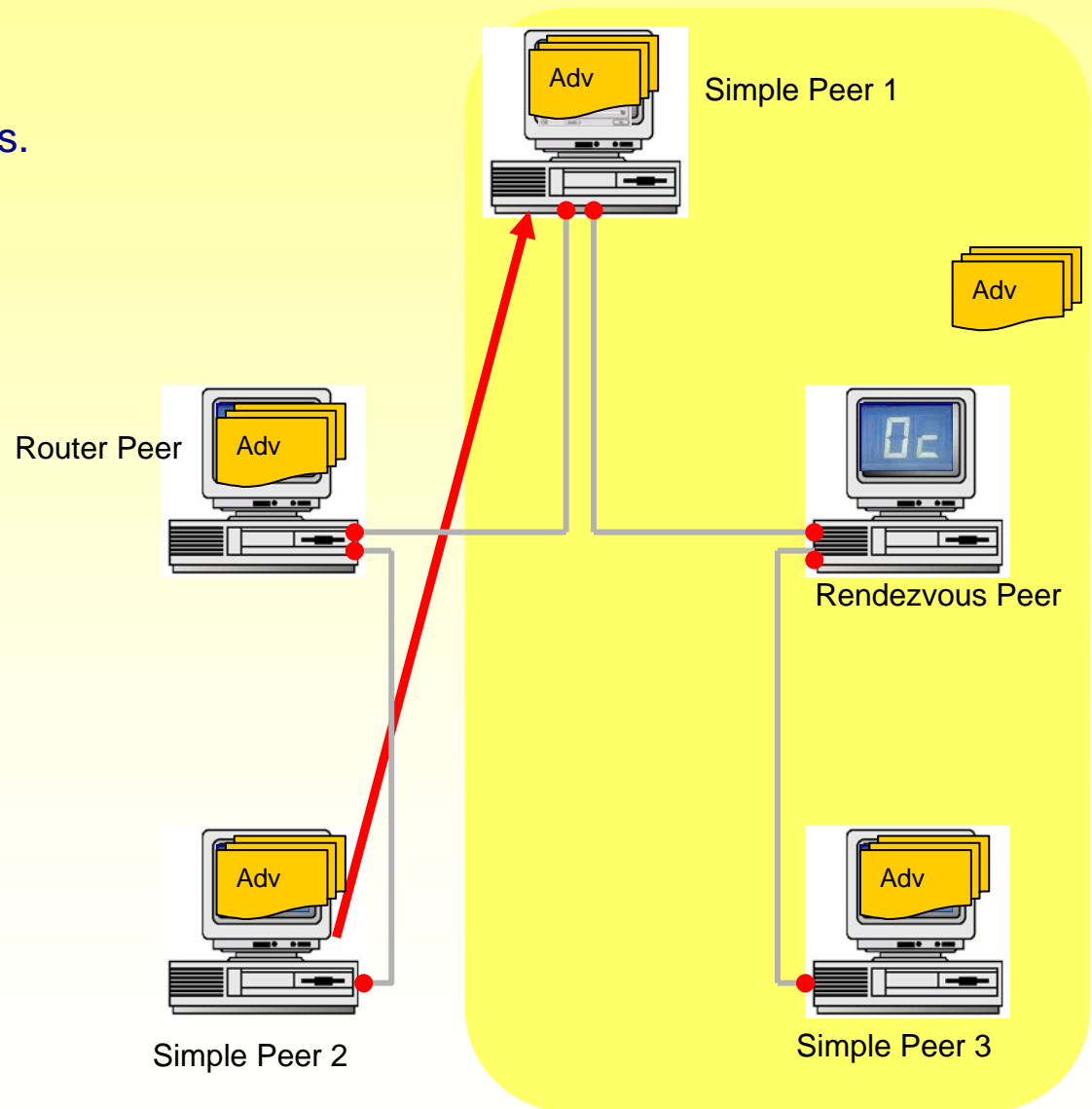
## Vorteil für ISSA: Abstrahierte und damit vereinfachte Sicht auf komplexe Netzwerke

- Erkennung dynamischer Geräte und deren Dienste im Netz.
- Bildung von Gerätegruppen und Gruppendiensten.
- Veröffentlichung Geräte-eigener Dienste im Netz.
- Austausch von Daten und Statusinformationen mit anderen Geräten.
- Gewährleistung des Routings.
- XML-basierte Nachrichtenformate

# JXTA – Die ISSA Plattform

## Elemente von Peer-to-Peer-Netzwerken

- Peers (Geräte).
- Logische Peer-to-Peer-Links.
- Peer Groups.
- Network Transport
  - Endpoints
  - Pipes
  - Messages
- Services
  - Peer Services
  - Peer Group Services
- Advertisements
- Protokolle
  - Z.B. Discovery
- Identifikation



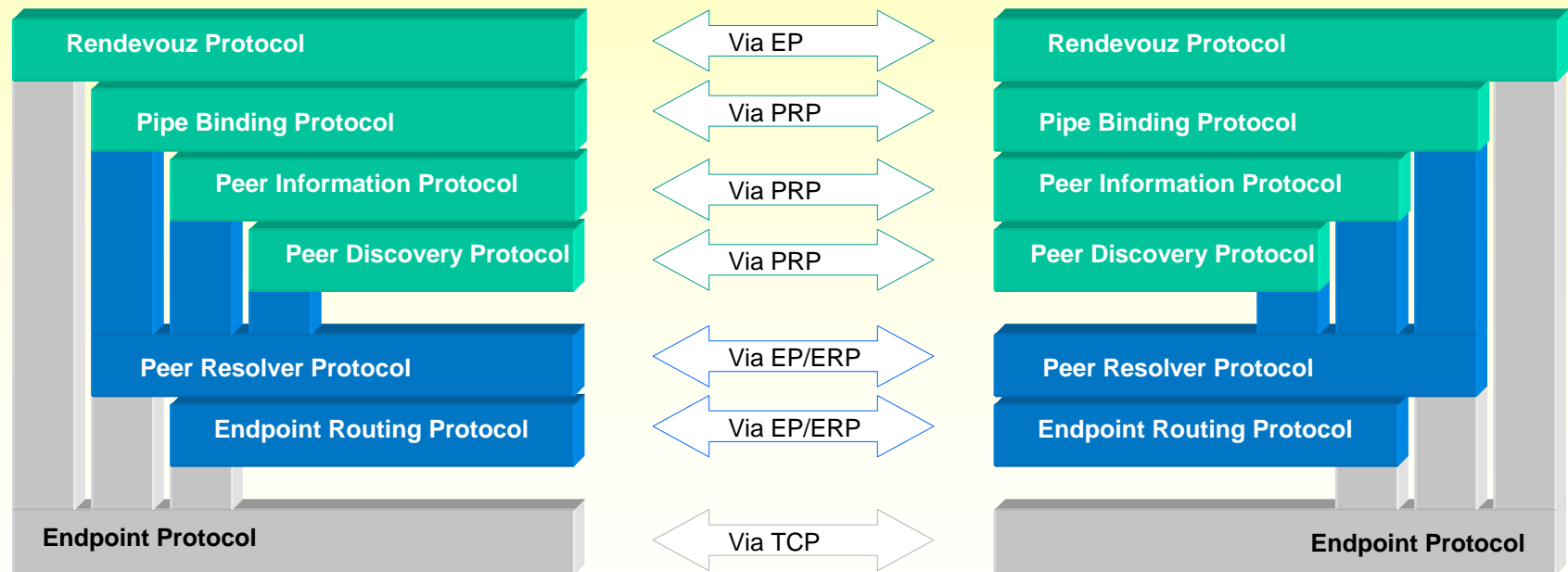
# JXTA – Die ISSA Plattform

## JXTA Kern-Protokolle

- Peer Resolver Protokoll (PRP)
- Endpoint Routing Protocol (ERP)

## JXTA Standard-Service-Protokolle

- Peer Discovery Protocol (PDP)
- Peer Information Protocol (PIP)
- Pipe Binding Protocol (PBP)
- Rendezvous Protocol (RVP)



# JXTA – Die ISSA Plattform

## Anpassung der Nachrichtenformate an Low Datarate-Netzwerke

- Übernahme der JXTA-Semantik.
- Änderung des XML-Nachrichtenkonzepts in eine binäres Nachrichtenformat.

Command (Opcode)	Source	Destination	Service ID	Channel
1 Byte	8 Byte	8 Byte	2 Byte	2 Byte

Reference	Hop	Message	
		length	content
2 Byte	1 Byte	2 Bytes	Max. 255 Bytes

## Inhalt

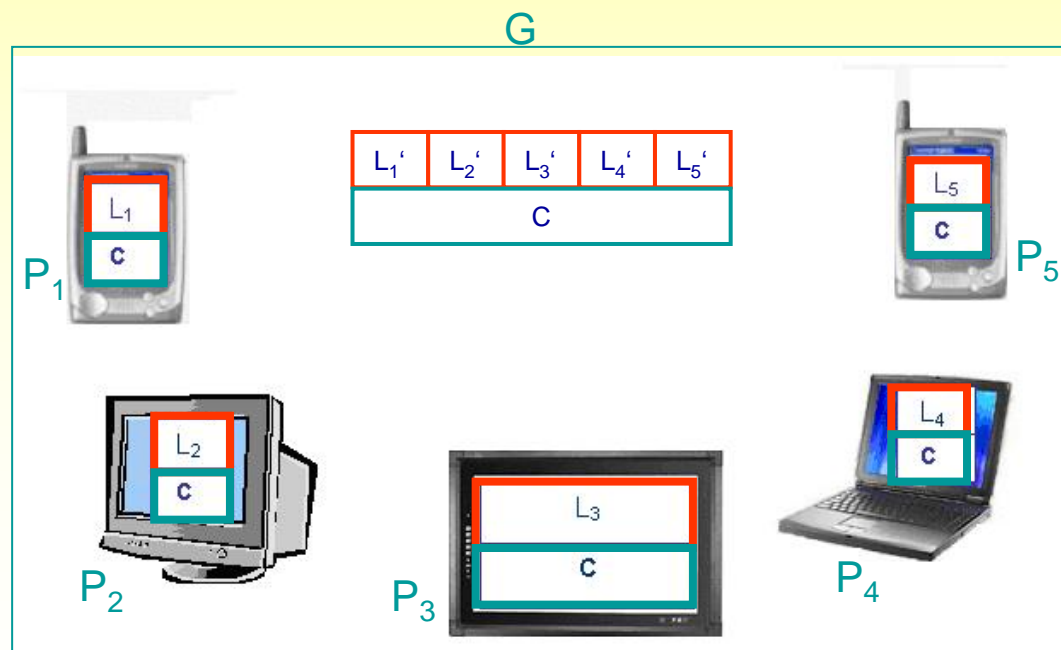
- Motivation
- L3-Net - Low Power, Low Cost, Low Datarate Network
- IEEE 802.15.4 im Überblick
- JXTA – Die ISSA Plattform
- **ISSA – Das Gesamtkonzept**
- Zusammenfassung und Ausblick

# ISSA Info Space Service Architektur - eine Middleware für Ad-hoc-Netzwerke

## Struktur der ISSA - Info Space Service Architektur

- $P_i$  : Peers einer zuvor gebildeten Peer Group G
- $L_i$  : Objektspeicher - Lokaler Speicherbereich jedes Peers  $P_i$ .
- $L_i'$  : Objektreferenzspeicher enthält Referenzen auf ein Subset der Objekte von  $L_i$ .
- C : Common Space – Verteilter, gemeinsamer Speicher - Virtueller, globaler Speicher.

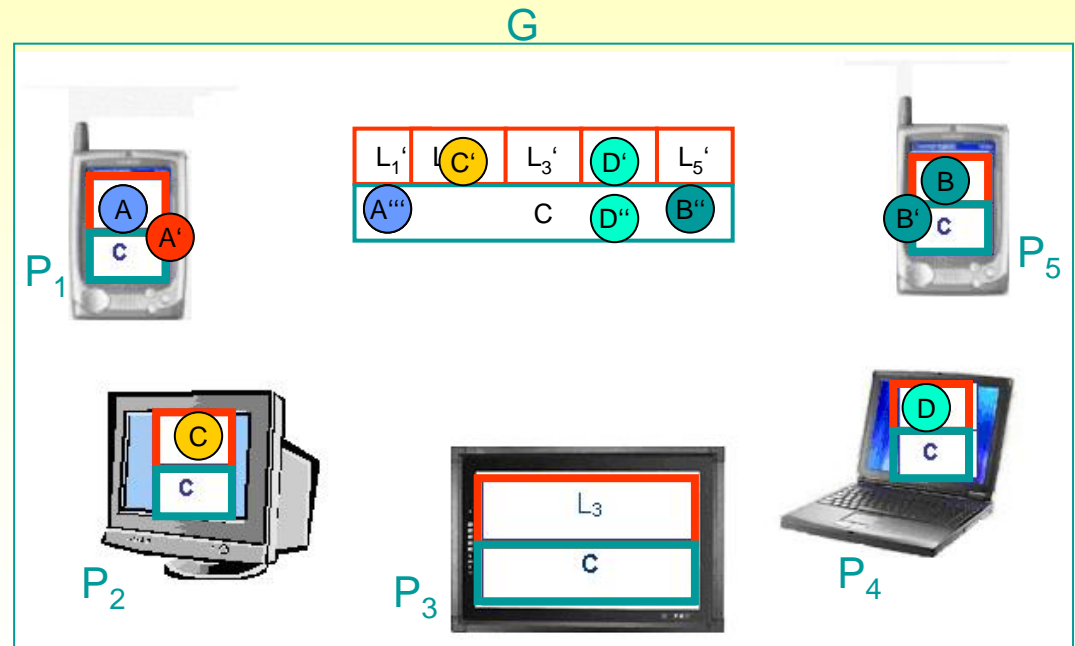
- Veröffentlichung der Objekte aus allen  $L_i'$  innerhalb der Peer Group.



# ISSA Info Space Service Architektur - eine Middleware für Ad-hoc-Netzwerke

## Kommunikation innerhalb der ISSA

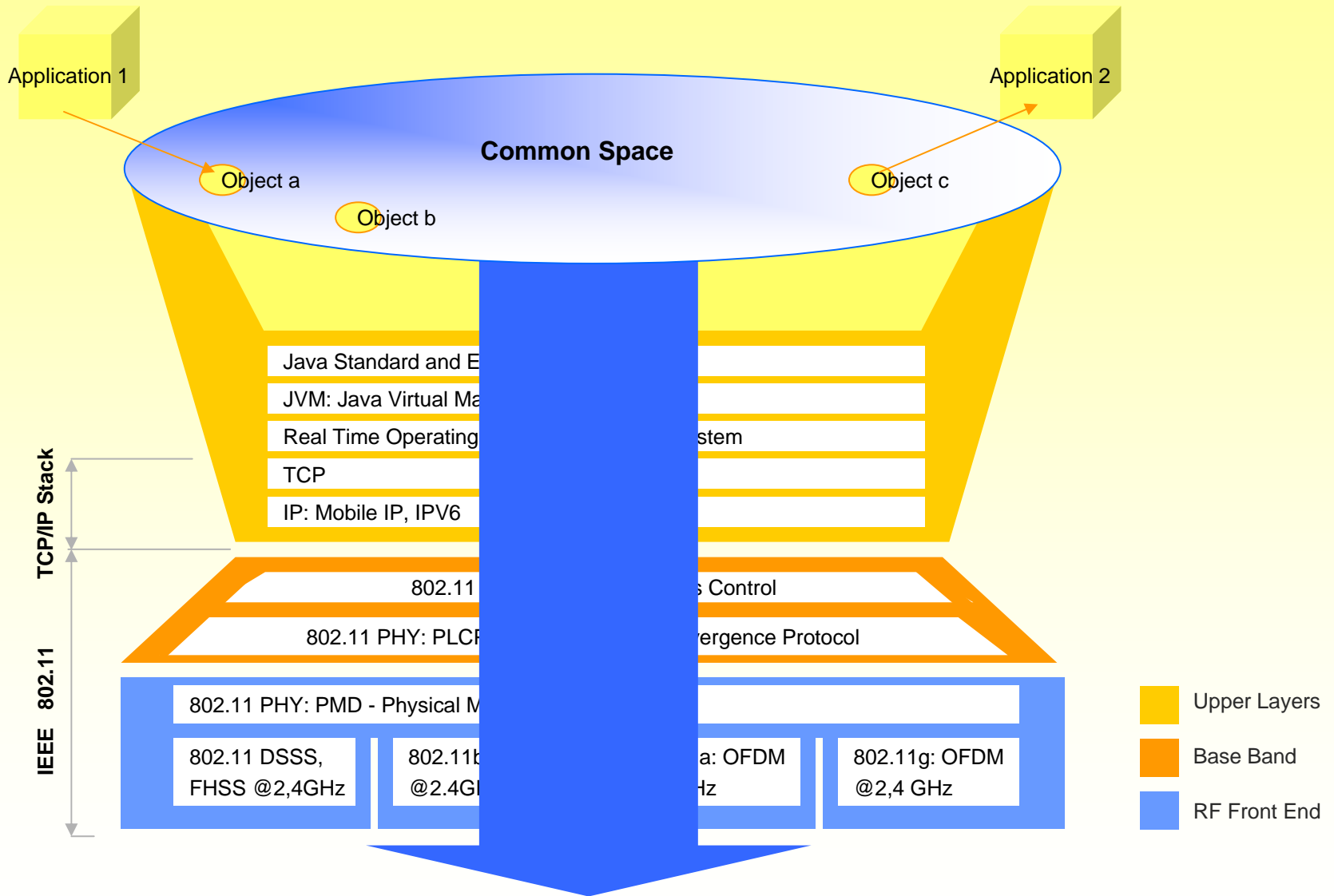
- Grundlage: Tuple Spaces des Projekts LINDA.
- Einfache Operationen:
  - Copy to Local (CTL)
  - Remove from Local (RFL)
  - Copy to Common (CTC)
  - Move to Common (MTC)
  - Copy from Common (CFC)
  - Move from Common (MFC)



## Inhalt

- **Motivation**
- **L<sup>3</sup>-Net - Low Power, Low Cost, Low Datarate Network**
- **IEEE 802.15.4 im Überblick**
- **JXTA – Die ISSA Plattform**
- **ISSA – Das Gesamtkonzept**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Ausblick: Einführung von Java und 802.11x in L<sup>3</sup>-NET



**IEEE 802.15.4,  
ISSA, JXTA, Kommunikationsprotokolle,  
Mikrocontroller, Embedded Systems, ...**

**Interesse, Projekte ?  
Sprechen Sie uns an !**

**Prof. Dr.-Ing. Ralph Welge**

Email: [welge@fhnon.de](mailto:welge@fhnon.de)  
Internet: <http://informatik.fhnon.de>  
Tel.: +49-4131-677 462  
Fax: +49-4131-677 300

Fachbereich Automatisierungstechnik  
Fachhochschule Nordostniedersachsen  
Volgershall 1  
21339 Lüneburg