

EMES: Eigenschaften mobiler und eingebetteter Systeme

Drahtlose Kommunikation Teil 1

Dr. Siegmar Sommer, Dr. Peter Tröger
Wintersemester 2009/2010





Überblick

- Anwendungen
- Grundlagen
- Beschränkungen natürlicher und künstlicher Art
- Beispiele
 - IrDA
 - WLAN
 - Bluetooth
 - ZigBee
 - GSM
 - UMTS



Anwendungen

“Information anywhere and anytime”

- Mobiler Zugriff auf
 - Daten
 - Dienste
 - Anwendungen
- Entwicklung von neuen Applikationen
- Ad-hoc-Networking

Herausforderungen: Hardware

- Umgang mit verschiedenen Medien (multi-mode)
- Umgang mit ständig wechselnden Umgebungen
- Beschränkte Energieversorgung (low power)
- Beschränkter Raum (kleine, tragbare Geräte)
- Hochfrequenztechnik

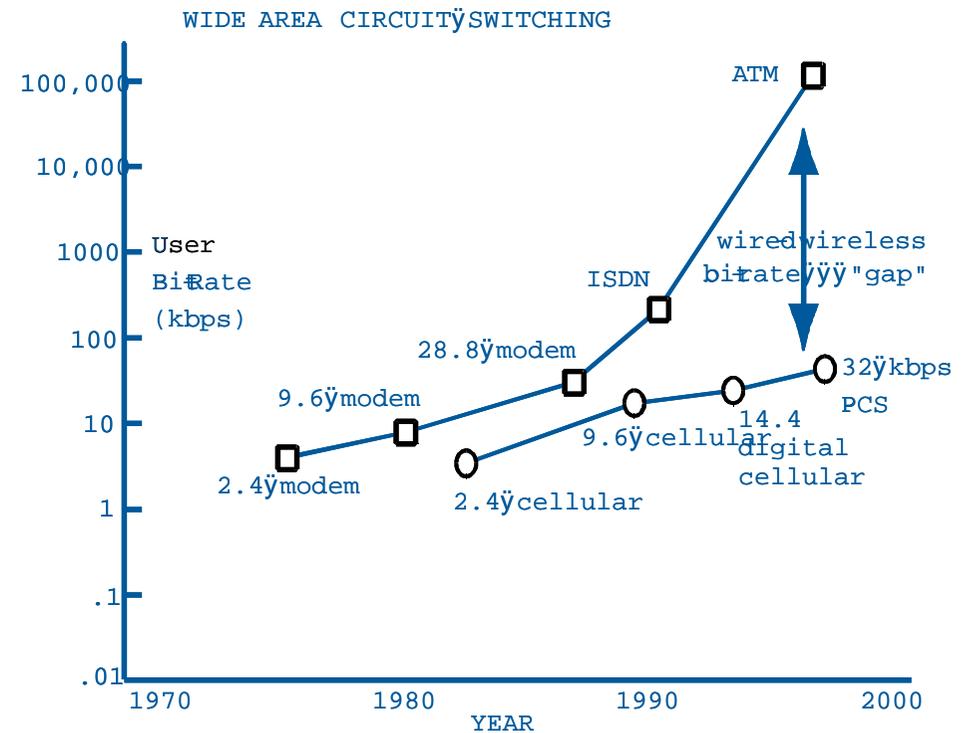
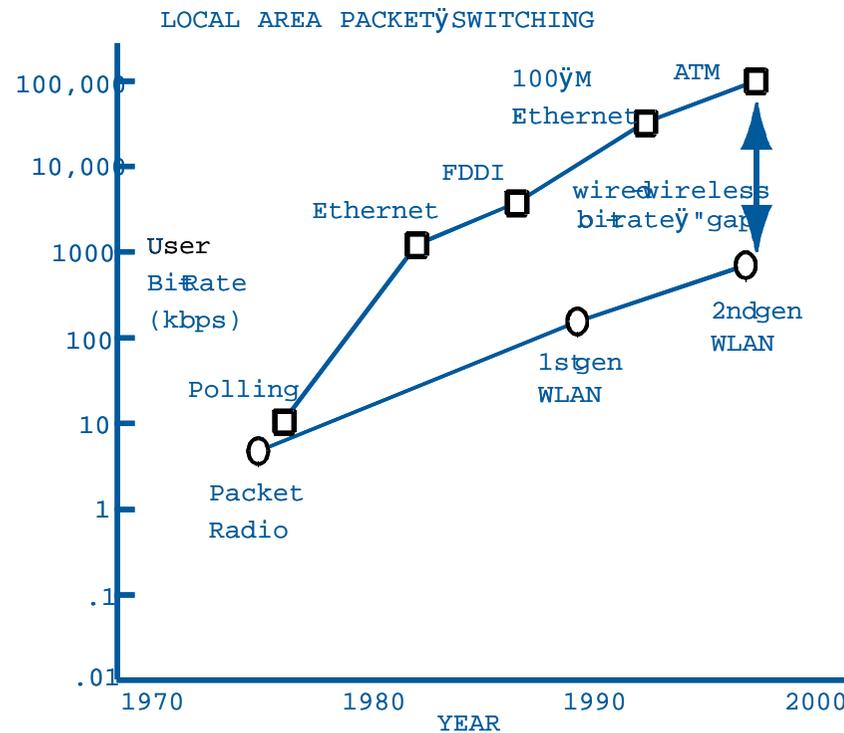
Herausforderungen: Low-Level-Networking

- Schnelle und robuste Kommunikation
- Effektive Ausnutzung vorhandener Spektren (bei Funklösungen)
- Adaptierbarkeit an veränderte Umgebungsbedingungen (z.B. Zahl anderer Nutzer auf dem “Medium”)
- Umgang mit “Fehlern” — Verlust eines Links gehört zum Alltag eines mobilen Gerätes
- Standardisierung (Interoperabilitätsanforderungen sehr hoch)

Herausforderungen: High-Level-Networking

- Routing für mobile Nutzer (möglichst transparent)
- Zuverlässigkeit auch im Falle ungünstiger Bedingungen
- QoS auf Anwendungsebene
- Adaptierbarkeit von Anwendungen an QoS
- Performance-Unterschied zu drahtgebundenen Netzen

Performance: drahtlos vs. drahtgebunden



Physikalische Grundlagen

- Benutzung elektromagnetischer Wellen als Träger von Informationen
 - Funk: Vom Langwellenbereich (Telegrafie) bis in den Gigahertz-Bereich (GSM, UMTS)
 - Licht: Vom schwachen Infrarot-Licht einer Diode (IrDA) bis zu leistungsfähigen Lasern
- Modulation des Trägers mit den zu übertragenden Informationen
 - Amplituden-Modulation
 - Frequenz-Modulation
 - Phasen-Modulation
 - Kombinationen davon
- Reichweite physikalisch bestimmt von direktem Sichtkontakt über einige Zentimeter bis hin zu mehreren AE Entfernung

Beispiele für drahtlose Kommunikation

- Punkt-zu Punkt-Verbindungen
 - IrDA
 - Laserlinks
- Zellenbasierte Systeme
 - GSM
 - GPRS
 - UMTS
- Wireless LAN (WLAN)
- Ad-hoc Netzwerke
 - Bluetooth
- Satelliten-Systeme
 - Iridium
 - “Sky-DSL”

Beschränkungen künstlicher Art

- Gesetzliche Bestimmungen regeln die Nutzung des Frequenzbandes
 - FCC in USA
 - ITU-R international
- Gesetzliche Bestimmungen regeln die erlaubte Sendeleistung für bestimmte Geräte
- Geräte bedürfen in vielen Fällen einer Zulassung
- Standards für Kommunikation
 - Nicht immer auf dem technisch möglichen Stand durch langwierigen Standardisierungsvorgang
 - Kompatibilität nach oben und unten sowie zwischen verschiedenen Herstellern
 - Kompromiß zwischen Interessen verschiedener Parteien

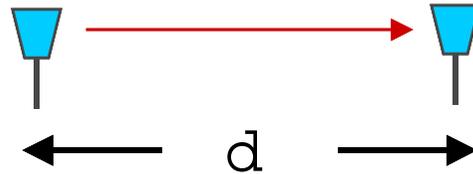
Beschränkungen natürlicher Art

abhängig vom Medium:

- Reichweite und Fading
- Ausbreitungsverhalten
- nutzbare Bandbreite
- Besonderheiten
 - Übersprechen mit eigenen Reflektionen
 - Reflektionen an diversen Materialien oder an der Ionosphäre

Beispiel hier: Funkwellen

Reichweite und Fading I

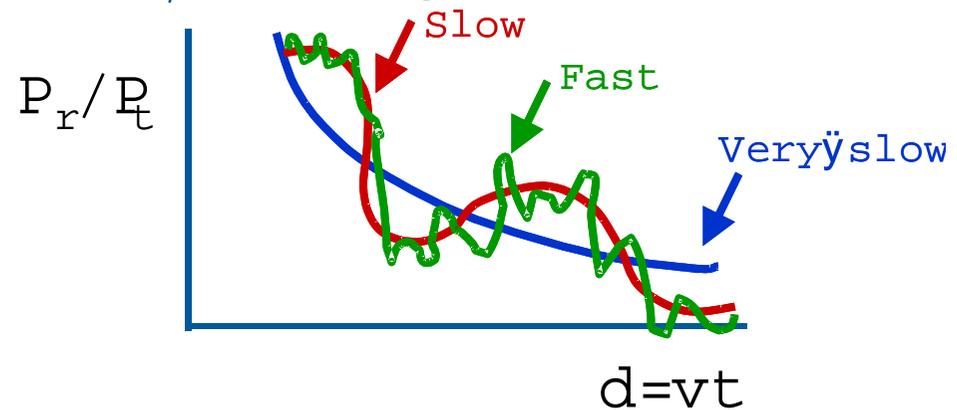
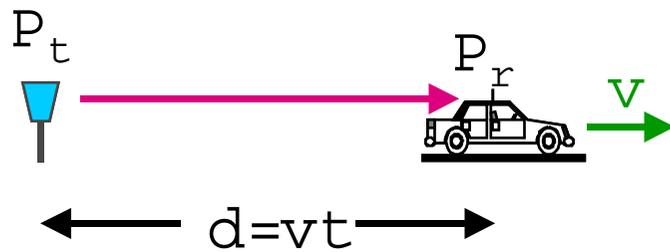


- Signal wird mit zunehmender Entfernung und abnehmender Frequenz beim Empfänger schwächer (Fading)
- Berechnung des Verhältnisses zwischen Sendefeldstärke und Empfangsfeldstärke
- Empfangsfeldstärke sinkt proportional zu
 - d^2 (Abstand)
 - λ^2 (Wellenlänge)
 - indirekt proportional zu f^2 (Frequenz)

Reichweite und Fading II

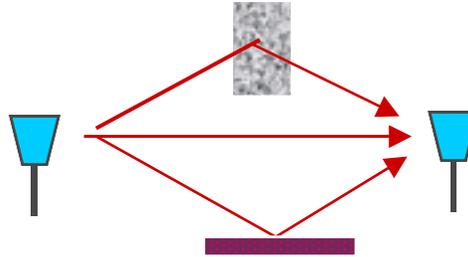
Abhängigkeit von der Geschwindigkeit eines sich bewegenden Senders/Empfängers:

- Nur bei sehr geringer Geschwindigkeit entsprechend theoretischer Berechnung für stillstehende Sender/Empfänger

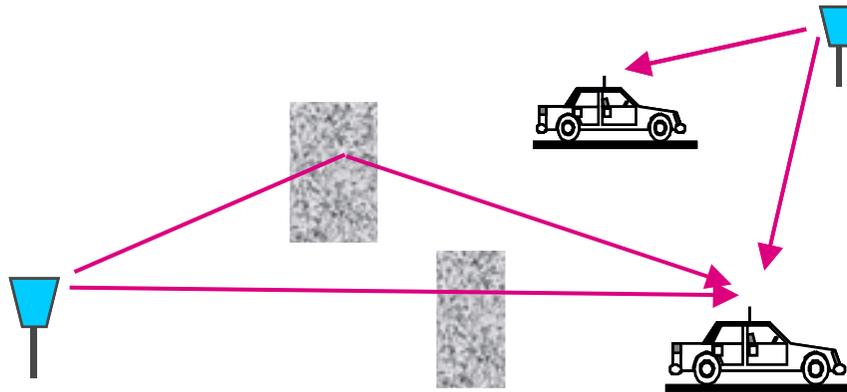


Ausbreitungsverhalten

- Signal kann verschiedene Wege zum gleichen Ziel nehmen



- Räumlicher Abstand muß nicht der Ausbreitung entsprechen



- Ein bestimmtes spektrales Band steht zur Übertragung von Informationen zur Verfügung
- Nutzung dieses Bandes wird durch Modulationsverfahren bestimmt
- Modulationsverfahren basieren auf der Entropie (“Grad der Unvorhersagbarkeit”) und sind durch die Physik beschränkt (verschiedene Zustände müssen unterscheidbar bleiben)
- Erzielbare Bitrate nach Shannon berechenbar
- Verfahren:
 - Frequenzmodulation
 - Amplitudenmodulation
 - Phasenmodulation
 - Mischformen (z.B. Kombination von Phasen- und Amplitudenmodulation)

Erzielbare Bitrate nach Shannon

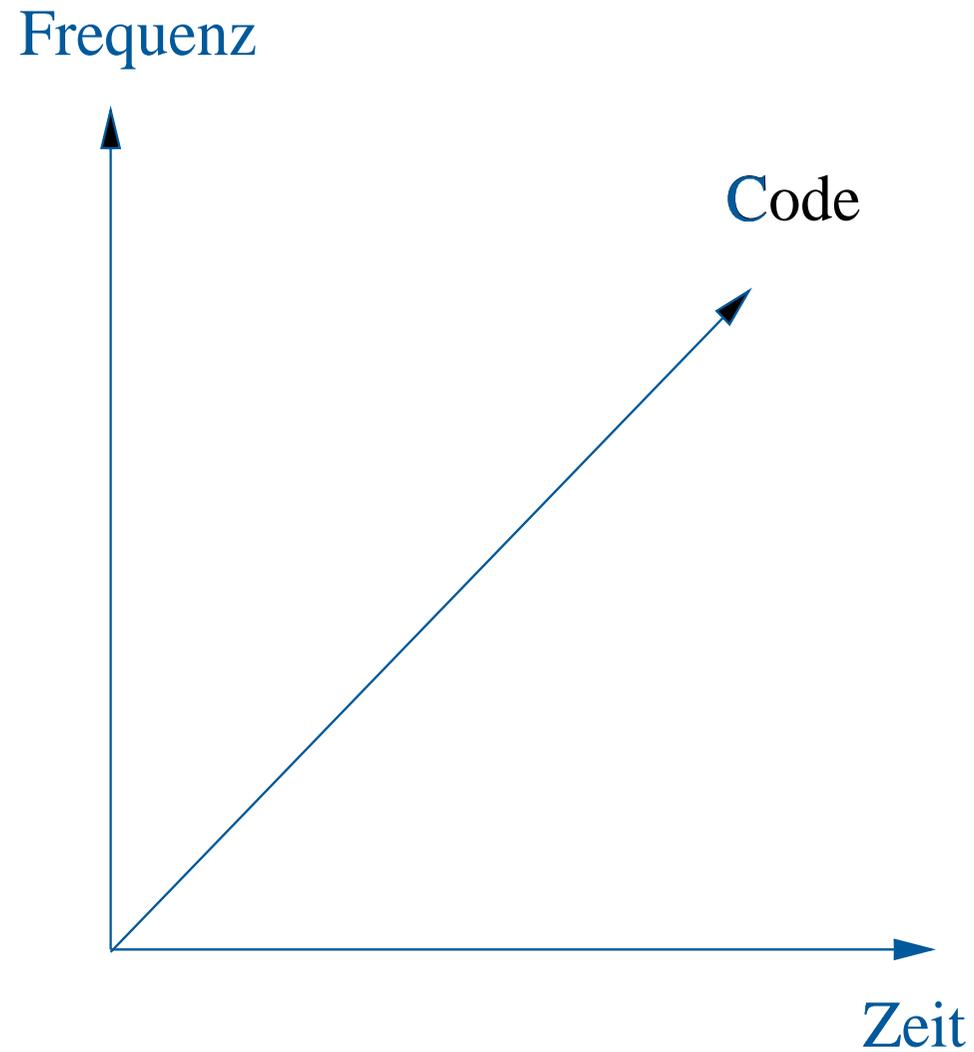
- Ausgangspunkt: Verrauschter Kanal
- Bitrate (in Bit/s): $H \cdot \log_2 \cdot (1 + S/N)$
- Dabei:
 - H : Bandbreite des Signals
 - S/N : Signal-to-Noise-Ratio
- Beispiel: Kanal mit 3 KHz Bandbreite (z.B. Telefonleitung), 20 dB Rauschabstand:

$$20dB \Rightarrow S/N = 100$$

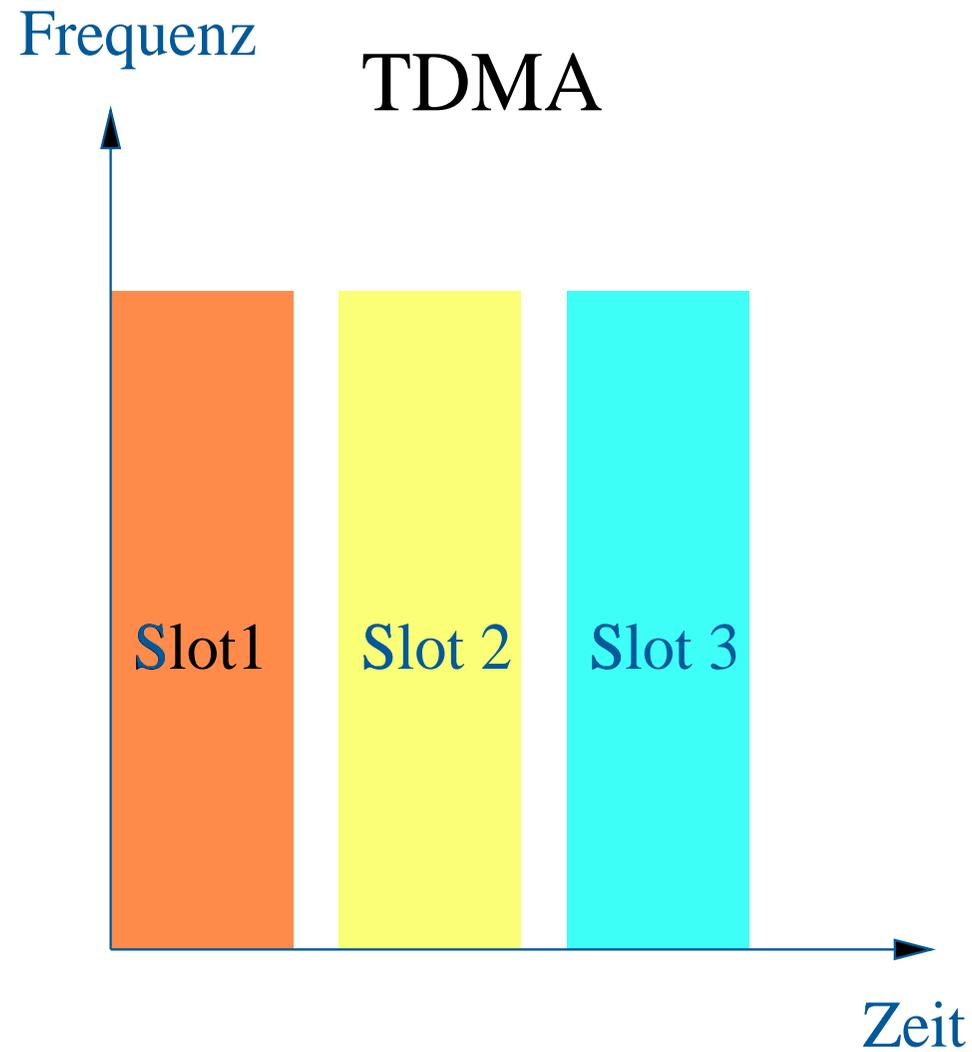
$$H \cdot \log_2 \cdot (1 + S/N) = 3000 \cdot \log_2(101) = 19975 \text{ Bit/s}$$

- Dies ist die theoretische Grenze, die praktisch erzielbaren Werte liegen darunter

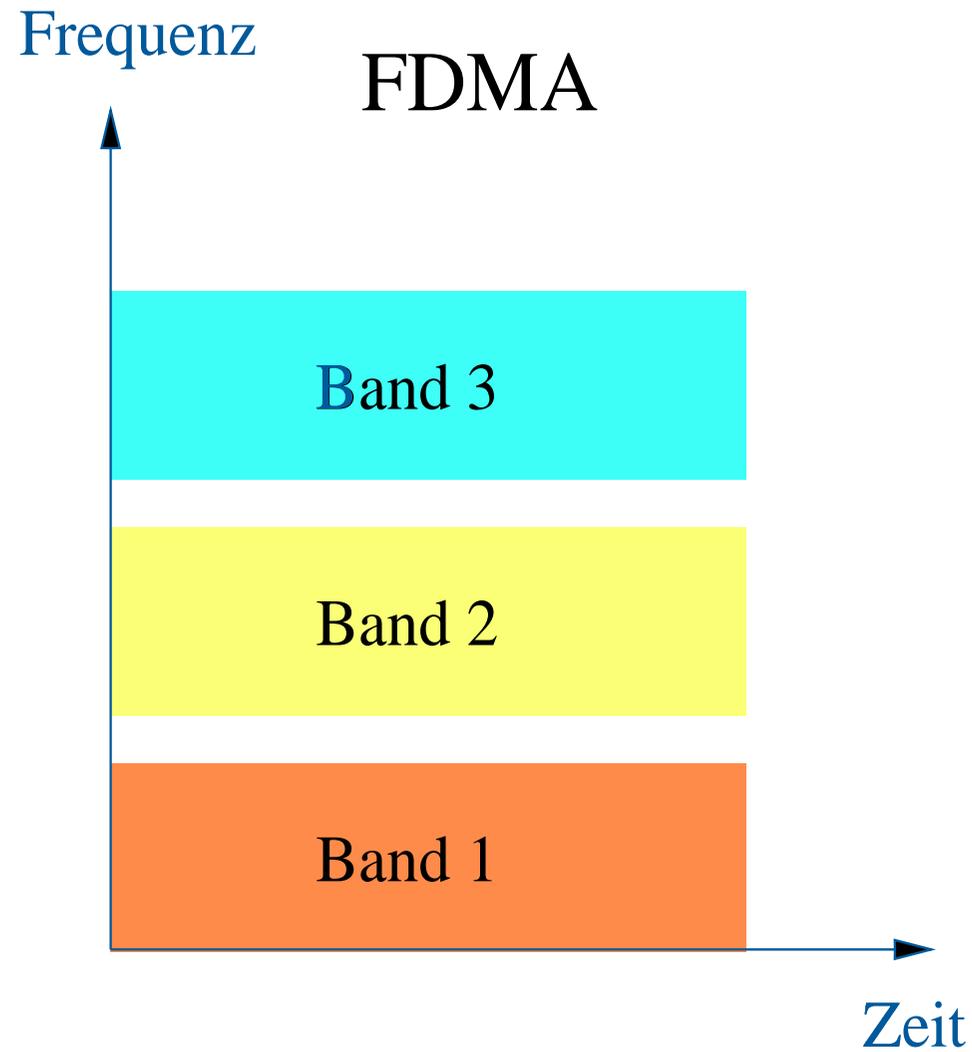
Multiplexverfahren: Möglichkeiten



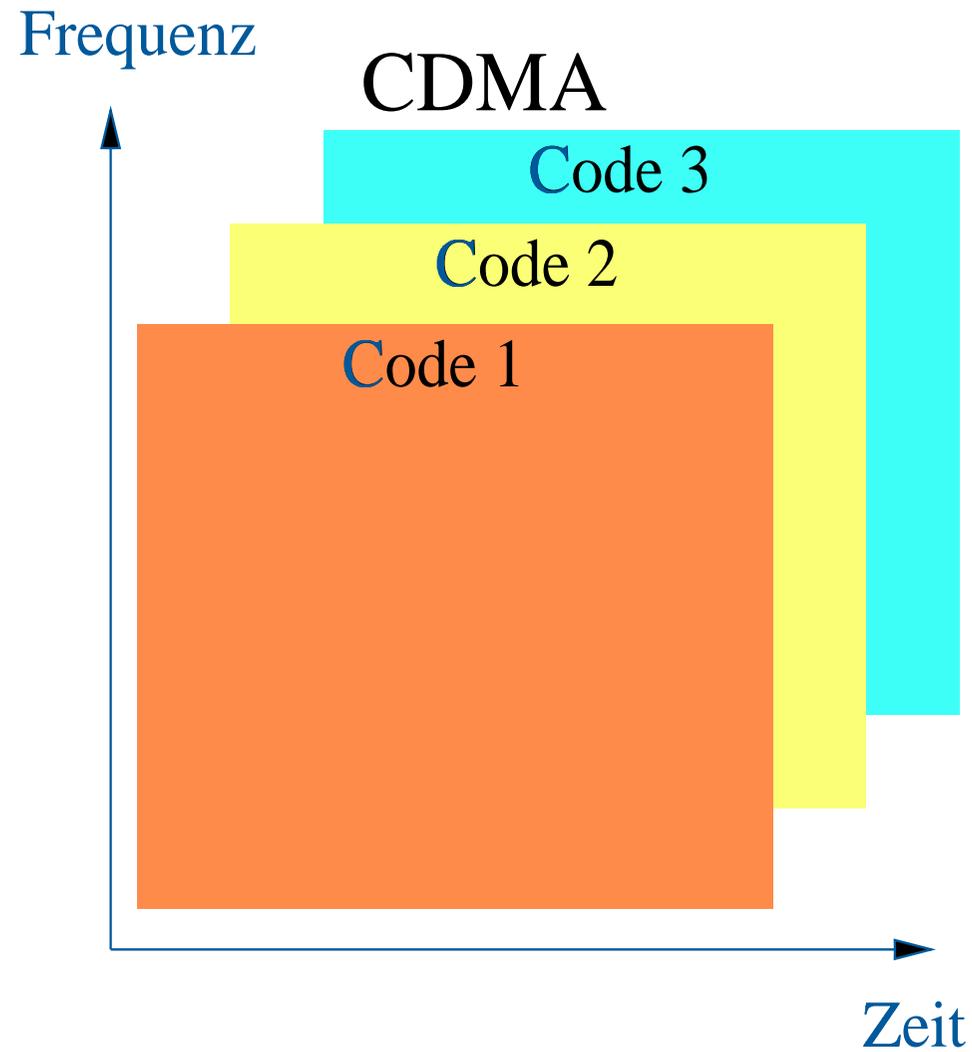
Multiplexverfahren: TDMA



Multiplexverfahren: FDMA



Multiplexverfahren: CDMA I



Multiplexverfahren: CDMA II

- asynchron
- breitbandig
- robust gegen schmalbandige Störungen
- flexible Ausnutzung von Ressourcen
- Abhörsicherheit
- Anpassung der Dienstgüte („graceful degradation“)

Beispiele für drahtlose Kommunikation, Teil 1

- IrDA
- WLAN
- Bluetooth
- ZigBee

Gemeinsamkeiten:

- Räumlich sehr beschränkte Kommunikation
- Keine öffentliche Infrastruktur wird benutzt



INFRARED DATA ASSOCIATION — <http://www.irda.org>

- 1993 als nichtprofitable Organisation mit dem Ziel gegründet, interoperable, kostengünstige IR-Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zu entwerfen und zu promoten
- Mitglieder: Hard- und Software-Firmen weltweit
- Heute: vorhanden in über 300 Millionen Geräten
- IrDA-Protokolle bestehen aus obligatorischen und optionalen Protokoll-Sätzen
- IrDA-DATA: schnelle Datenübertragung über kurze Entfernung
- IrDA-CONTROL: langsame Datenübertragung/Fernsteuerung “in-room”

Hier: IrDA-DATA

Besteht aus Sätzen obligatorischer und optionaler Protokolle

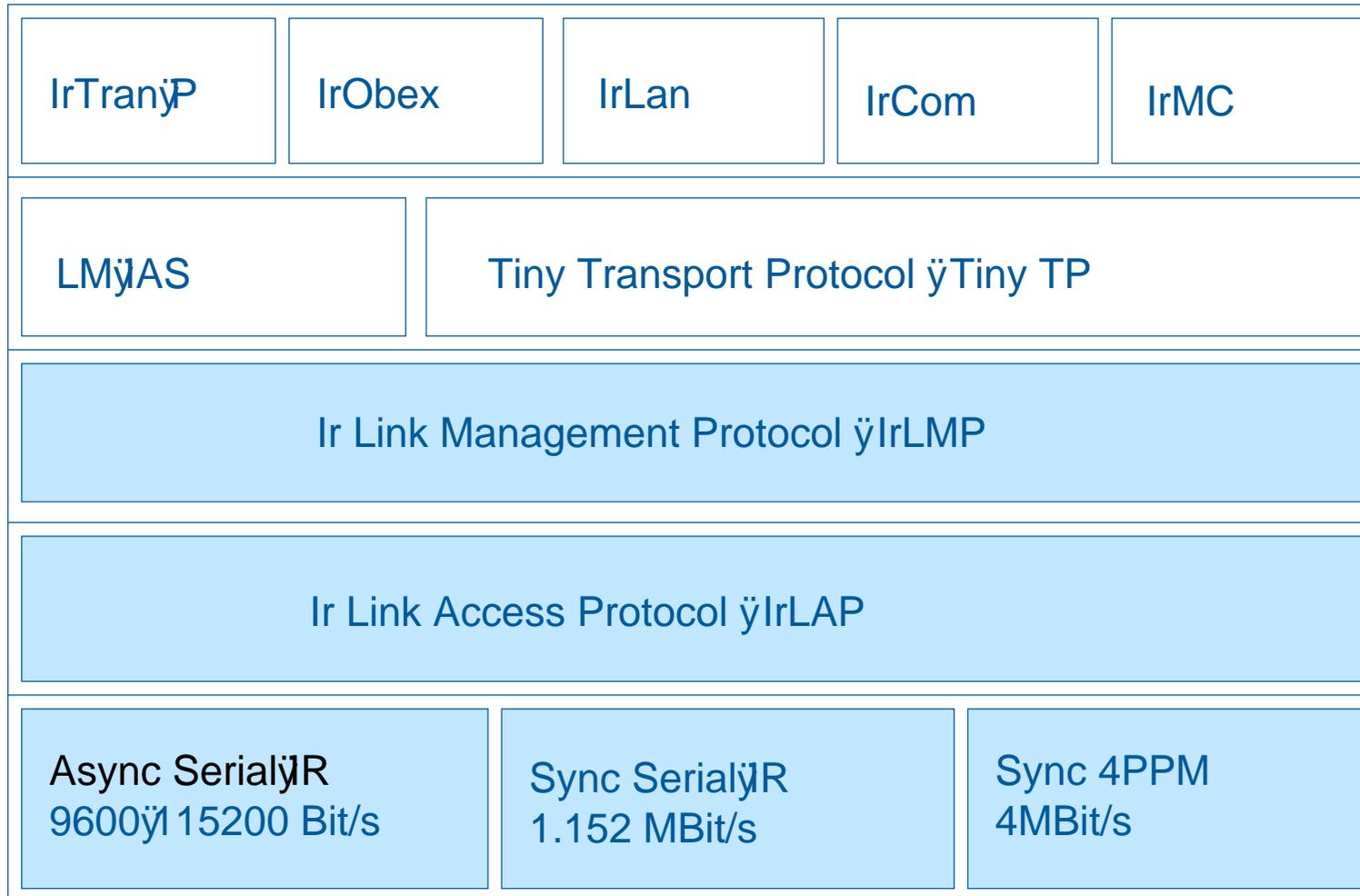
Obligatorische IrDA-Protokolle

- PHY (Physical Signaling Layer)
 - bidirektional, bis zu 2 Meter Reichweite (low-Power: 20 cm)
 - 9600 Bit/s über 115200 Bit/s (kosteneffektiv) bis 4 MBit/s
 - CRC-16 bzw. CRC-32 für Fehlererkennung
- IrLAP (Link Access Protocol)
 - Gerät-zu-Gerät Verbindung für zuverlässigen und reihenfolgeerhaltenden Datentransfer
 - Geräte-Erkennung/Entdeckung, Behandlung von “hidden nodes”
- IrLMP (Link Management Protocol, Information Access Service (IAS))
 - Multiplexing: Mehrere Kanäle auf einer IrLAP-Verbindung
 - Protokoll- und Service-Entdeckung über Information Access Service (IAS).

Optionale IrDA-Protokolle

- Tiny TP - Flußsteuerung auf IrLMP mit optionaler Segmentierung
- IrCOMM - COM-Emulation (seriell, parallel) für Drucker und Modems
- IrOBEX - Objekt-Austausch-Service ähnlich HTTP
- IrDA Lite - Bietet Methoden an zur Reduzierung der Codegröße des IrDA-Stacks bei Kompatibilität mit voller Implementation
- IrTran-P - Bild-Austausch-Protokoll für Kameras/Scanner
- IrMC - spezifiziert Informationsaustausch für mobile Telefone und Kommunikationsgeräte, inklusive Telefonbuch, Kalender, Nachrichten, Call-Control und Sprache
- IrLAN - Protokoll zur Unterstützung von IR-Zugriff auf LANs

IrDA-Protokoll-Stack

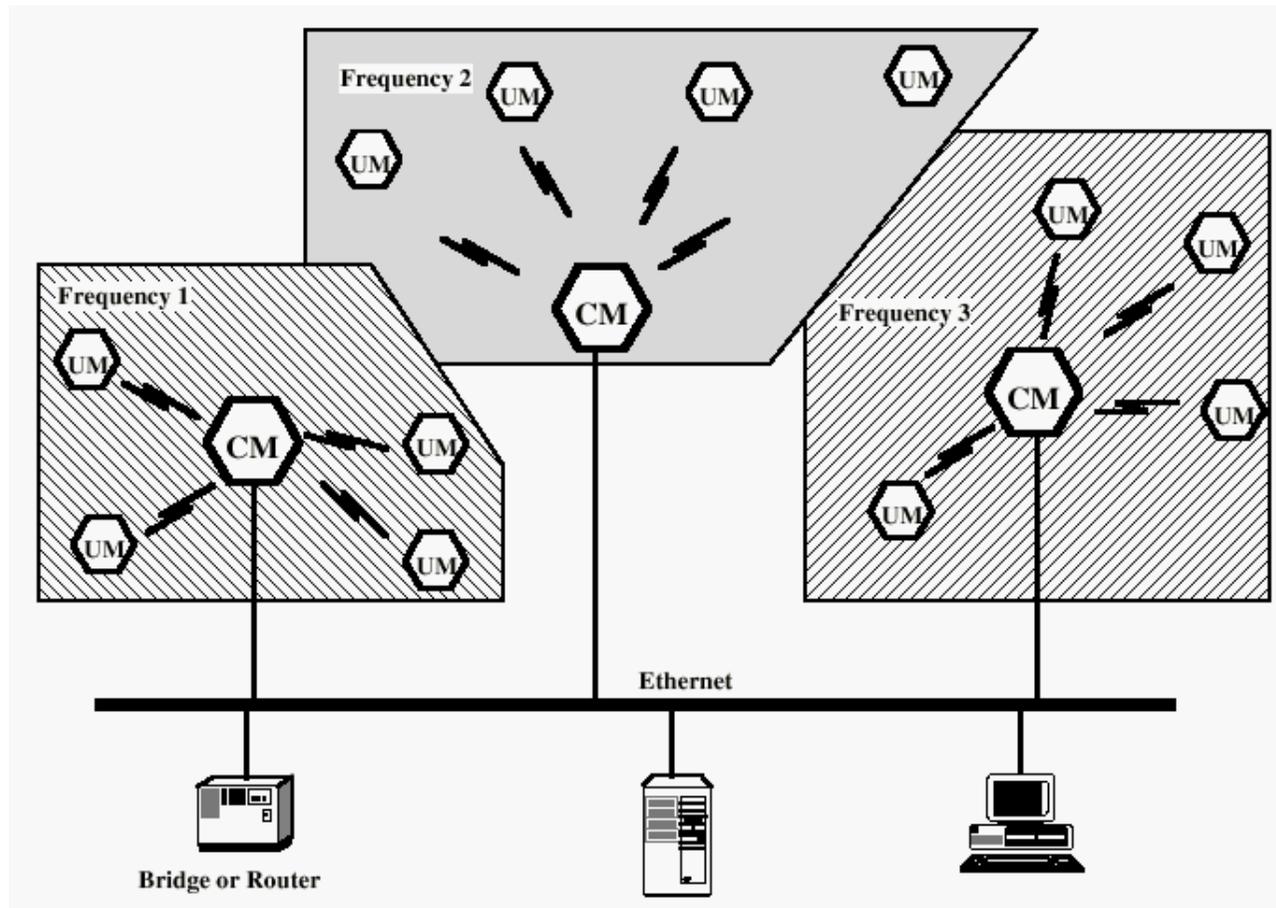


Wireless LAN — WLAN

<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>

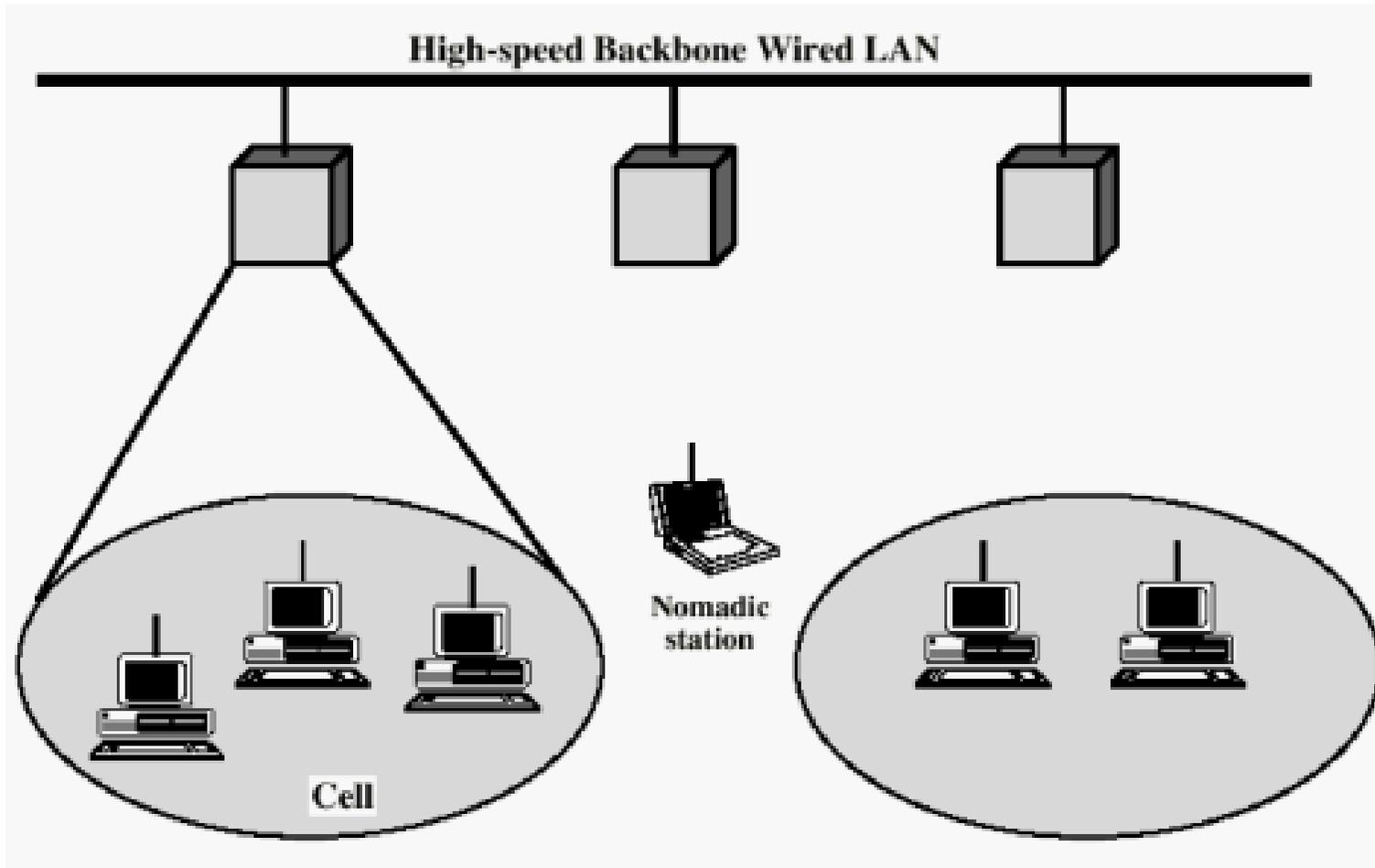
- Standardisiert nach IEEE 802.11[abg] (sowie weitere)
- Schnelles drahtloses Netz (1...11 MBit/s für Endnutzer bei 802.11b, höhere Datenraten bei neueren Standards)
- Reichweite bis zu 300 Meter, mit Aufbau von Zellen größere Areale (Roaming ist möglich)
- Physikalische Grundlage: Funk (oder Infrarot)
- Für
 - Unabhängige LANs ohne teure Verkabelung
 - Erweiterung bestehender Infrastruktur
 - Ad-hoc Netzwerke
- Hier: Nur Einführung, Details im Halbkurs „Grundlagen der Rechnerkommunikation“

Ergänzung bestehender Infrastruktur

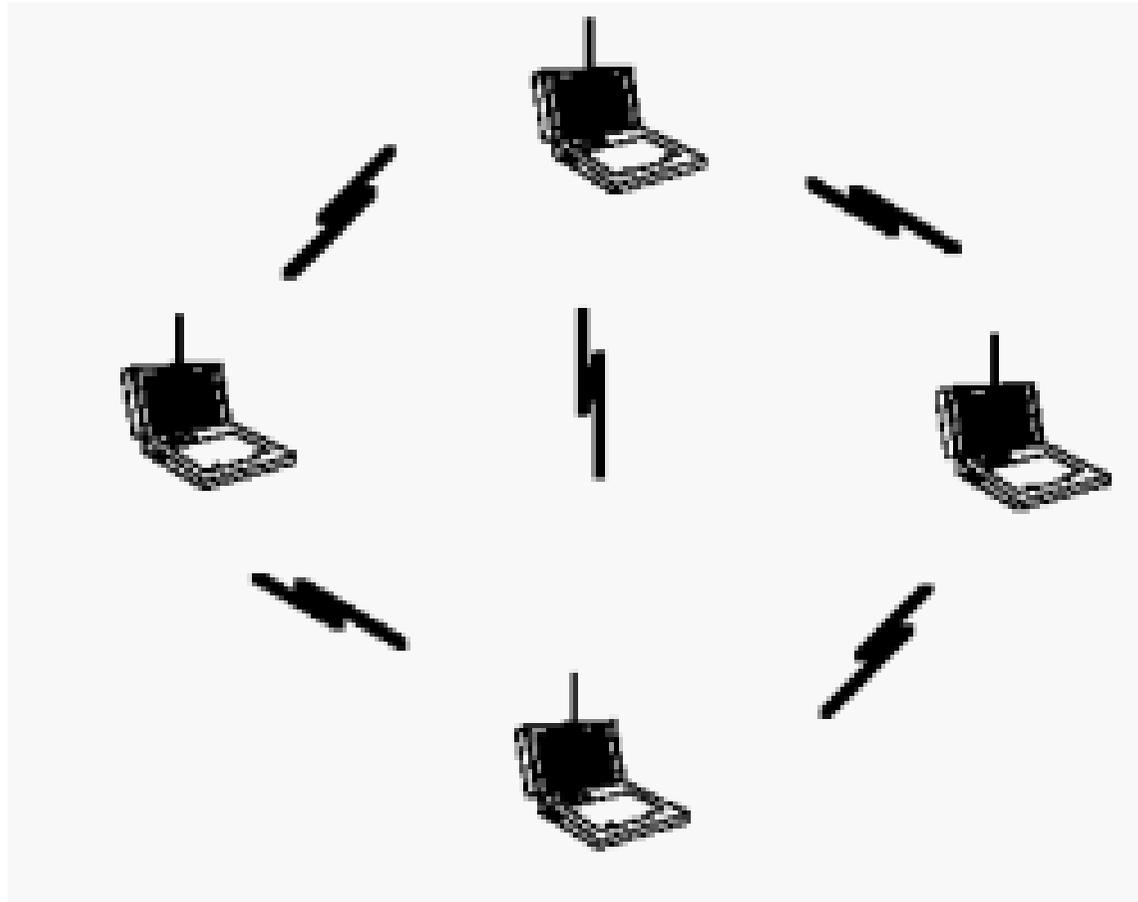


Bilder nach Dr. Z. Huang, University of Otago

Unabhängige WLANs



Ad-hoc Netzwerke



WLAN - MAC-Schicht (802.11b)

- Medium: Funk im Frequenzband 2400-2500 MHz, 13 Kanäle
- Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)
 - Empfangen, um herauszufinden, ob der Kanal frei ist
 - Wenn der Kanal frei ist, Paket senden, sonst nach einer zufällig bestimmten Zeit noch einmal versuchen
 - Idee der Kollisionsvermeidung: Empfänger zuerst zum Senden eines kurzen Frames stimulieren, so daß benachbarte Stationen diesen empfangen können und ihrerseits die folgende Sendung des Datenframes nicht stören
 - Kollisionen können trotzdem auftreten — Warten mit zufälliger Verzögerung
- Direct Sequence Spread Spectrum-Technologie:
Jedes Bit wird durch ein Muster (höherer Frequenz als die benutzte Bitrate) dargestellt - Erhöhung der Fehlersicherheit

Problem: Wie routet man ein Paket zu einem mobilen Host?

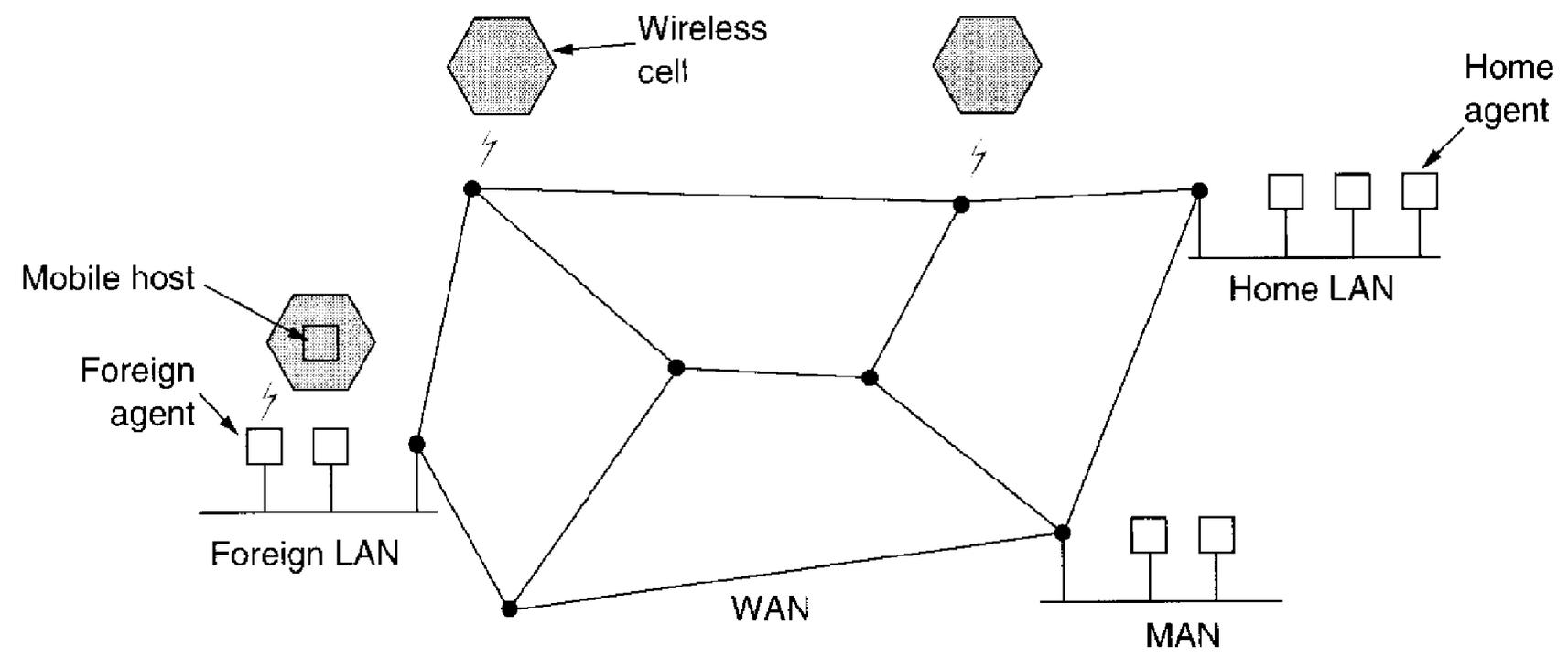
- Es gibt zwei Arten von Nutzern:
 - “Migrierende Benutzer”
Stationäre Benutzer, die von Zeit zu Zeit zwischen festen Standorten wechseln und das Netzwerk an diesen Standorten benutzen wollen
 - “Roaming Nutzer”
Arbeiten irgendwo auf der Welt und wollen das Netz unterwegs nutzen
- Mobile IP ist für migrierende Nutzer gedacht
- Idee: Ein mobiles Gerät hat zwei IP-Adressen:
 - Primäre Adresse: permanent und fest
 - Sekundäre Adresse: temporär und lokationsabhängig

Wie findet man den mobilen Host?

- Die Welt ist in kleine Gebiete eingeteilt (potentielle Arbeitsplätze)
- Jedes Gebiet hat einen *Home Agent*, der die Nutzer verwaltet, die im entsprechenden Gebiet ihr “zu Hause” haben
- Jedes Gebiet hat einen oder mehrere *Foreign Agents* für die Verwaltung von besuchenden mobilen Nutzern
- Wenn ein Nutzer in ein neues Gebiet kommt, muß sich sein Gerät beim entsprechenden Foreign Agent anmelden, damit dieser den Home Agenten über den Aufenthaltsort informieren kann



Mobile IP III



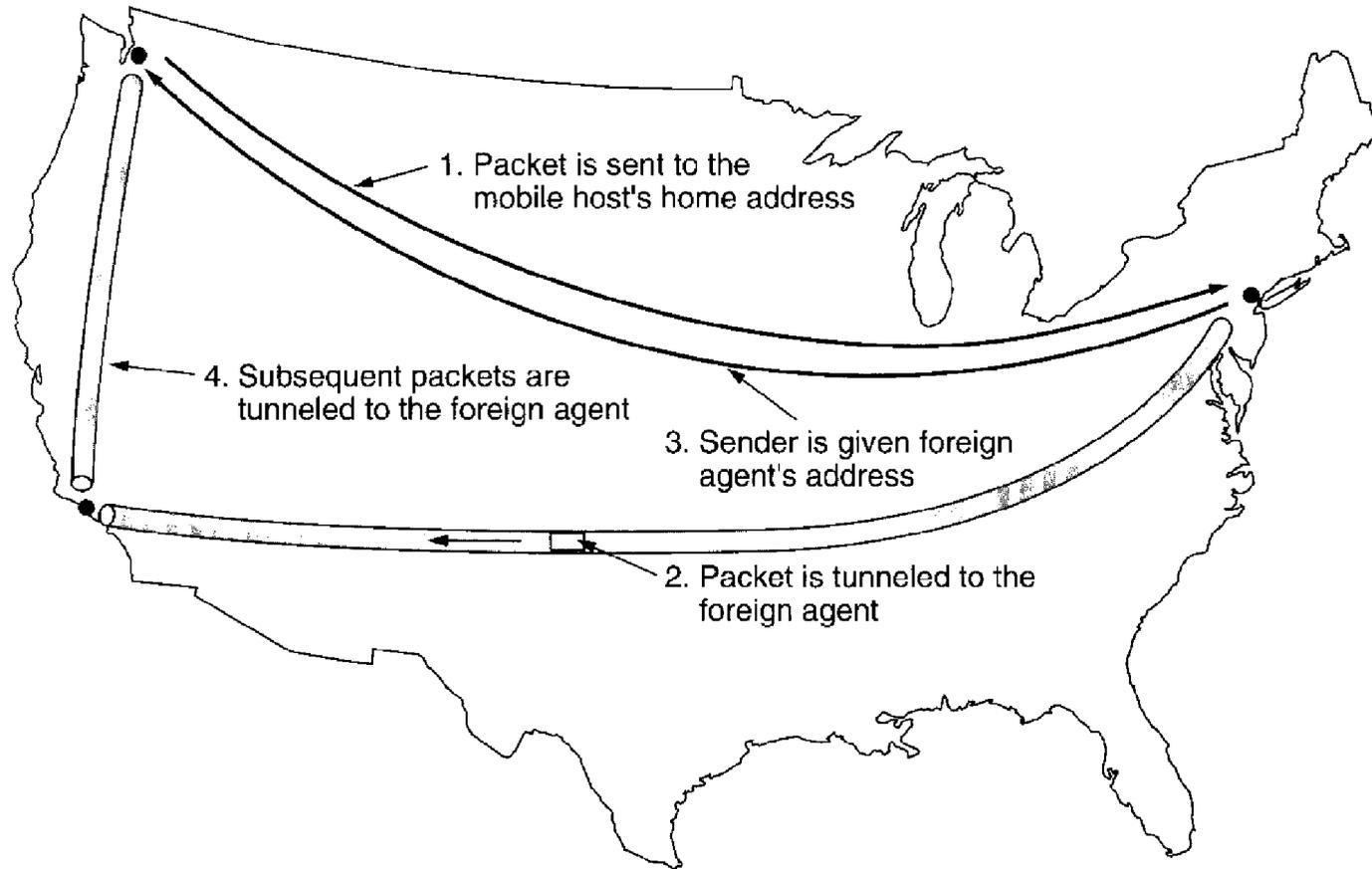


Mobile IP IV

Wie sendet man ein Paket an den mobilen Host?

- Jedes Paket wird an den Home Agent gesendet
- Home Agent forwardet das Paket zum Foreign Agent, in dessen Gebiet sich der mobile Nutzer aufhält
- Home Agent teilt dem Sender mit, nachfolgende Pakete direkt an den Foreign Agent zu senden
- Nachfolgende Pakete nehmen den “direkten” Weg

Mobile IP V





Mobile IP VI

Probleme

- Sicherheit
 - Authentifizierung - wer ist wer?
- IP-Adress-Zuweisung
 - Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)
 - weist temporäre Adressen aus einem Adresspool zu