ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT FREIBURG

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

Multiplex-Verfahren

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

CoNe Freiburg

IIF INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

Mehrfachnutzung des Mediums

- **Raummultiplexverfahren**
  - Parallele und exklusive Nutzung von Übertragungskanäle
    - z.B. Extraleitungen/Zellen/ Richtantenne
- **Frequenzmultiplexverfahren**
  - Mehrere zu übertragende Signale in einem Frequenzbereich gebündelt;
  - Bei Funkübertragung werden unterschiedlichen Sendern unterschiedliche Frequenzen zugewiesen.
- **Zeitmultiplexverfahren**
  - Zeitversetztes Senden mehrerer Signale
- **Codemultiplexverfahren**
  - Kodierung des Signals in orthogonale Codes, die nun gleichzeitig auf einer Frequenz gesendet werden können
  - Dekodierung auch bei Überlagerung möglich
- **Multiple-Input Multiple-Output**
  - Versenden und Empfang durch mehrere Antennen
  - Verwendung der Orts- und Zeitinformation mehrerer überlagender Wellen
    - z.B. 802.11n

Raum

- **Raumaufteilung (Space-Multiplexing)**
  - Ausnutzung des Abstandsverlusts zum parallelen Betriebs verschiedener Funkzellen → zellulare Netze
  - Verwendung gerichteter Antennen zur gerichtenen Kommunikations
    - GSM-Antennen mit Richtcharakteristik
    - Richtfunk mit Parabolantenne
    - Laserkommunikation
    - Infrarotkommunikation

Frequenz-Multiplex

- **Aufteilung der Bandbreite in Frequenzabschnitte**
- **Spreizen der Kanäle und Hopping**
  - Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
    - Xor eines Signals mit einer Folge Pseudozufallszahlen beim Sender und Empfänger (Verwandt mit Codemultiplex)
    - Fremde Signale erscheinen als Hintergrundrauschen
  - Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
    - Frequenzwechsel durch Pseudozufallszahlen
    - Zwei Versionen
      - Schneller Wechsel (fast hopping): Mehrere Frequenzen pro Nutzdatenbit
      - Langsamer Wechsel (slow hopping): Mehrere Nutzdatenbits pro Frequenz

Zeit-Multiplex

- **Zeitliche Aufteilung des Sende-/Empfangskanals**
- **Verschiedene Teilnehmer erhalten exklusive Zeiträume (Slots) auf dem Medium**
- **Genaue Synchronisation notwendig**
- **Koordination notwendig, oder starre Einteilung**

Direct Sequence Spread Spectrum

- **Ein Chip ist ein Bitsequenz (given by {-1, +1}), die eine kleinere Menge von Symbolen kodieren**
- **E.g. Übertragungssignal: 0 = (+1,+1,-1), 1=(-1,-1,+1)**

  0 1 0 1

  +1 +1 -1, -1 -1 +1, +1 +1 -1, -1 -1 +1

- **Kodierung durch Berechnung des inneren Produkts c_i aus dem Empfangssignals s_i und den Chips $c_0 = - c_1$:**

$$\sum_{i=1}^{m} c_{0,i} s_i \qquad \sum_{i=1}^{m} c_{1,i} s_i$$

- **Im Falle eines überlagerten Signals, kann das Originalsignal durch Filter dekodiert werden**
- **DSSS wird verwendet von GPS, WLAN, UMTS, ZigBee, Wireless USB basierende auf den Barker-Code**
  - Hier gilt für alle v<m

$$\left| \sum_{i=1}^{N-v} a_i a_{i+v} \right| \leq 1$$

- Barker Code für 11Bit: +1 +1 +1 –1 –1 –1 +1 –1 –1 +1 –1

Code Division Multiple Access (CDMA)

- **CDMA (Code Division Multiple Access)**
  - z.B. GSM (Global System for Mobile Communication)
  - oder UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)
- **Verwendet Chip-Sequenz mit**
  - $C_i \in \{-1,+1\}^m$
  - $-C_i = (-C_{i,1}, -C_{i,2}, \ldots, -C_{i,m})$
- **so dass das normalisierte innere Produkt für alle i≠j den Wert 0 ergibt.**

$$C_i \bullet C_j = \frac{1}{m} C_i \cdot (C_j)^T = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^{m} C_{i,k} C_{j,k} = 0 \ .$$

- **Synchronisierte Empfänger erhalten eine lineare Kombination von A und B**
- **Multiplikation mit dem der gesuchten Chip-Sequenz ergibt die gesuchte Nachricht.**

CDMA: Beispiel 1

- **Beispiel:**
  - Sender A:
    - 0 ist (-1,-1)
    - 1 ist (+1,+1)
  - Sender B:
    - 0 ist (-1,+1)
    - 1 ist (+1,-1)
  - A sendet 0, B sendet 0:
    - Ergebnis: (-2,0)
  - C empfängt (-2,0):
    - Dekodierung bzgl. A: (-2,0) • (-1,-1) = (-2)(-1) + 0(-1) = 2
    - A hat also 0 gesendet (da Ergebnis positiv)

CDMA: Beispiel 2

- **Beispiel:**
  - Code C_A = (+1,+1,+1,+1)
  - Code C_B = (+1,+1,-1,-1)
  - Code C_C = (+1,-1,+1,-1)
- **A sendet Bit 0, B sendet Bit 1, C sendet nicht:**
  - $V = C_1 + (-C_2) = (0,0,2,2)$
- **Dekodierung für A: $V \bullet C_1 = (0,0,2,2) \bullet (+1,+1,+1,+1) = 4/4 = 1$**
  - ergibt Bit 0
- **Dekodierung für B: $V \bullet C_2 = (0,0,2,2) \bullet (+1,+1,-1,-1) = -4/4 = -1$**
  - ergibt Bit 1
- **Dekodierung für C: $V \bullet C_3 = (0,0,2,2) \bullet (+1,-1,+1,-1) = 0$**
  - ergibt: kein Signal.

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer