

The background features a light gray grid pattern that is partially obscured by a circular, concentric grid pattern on the left side. The text is centered in the upper half of the slide.

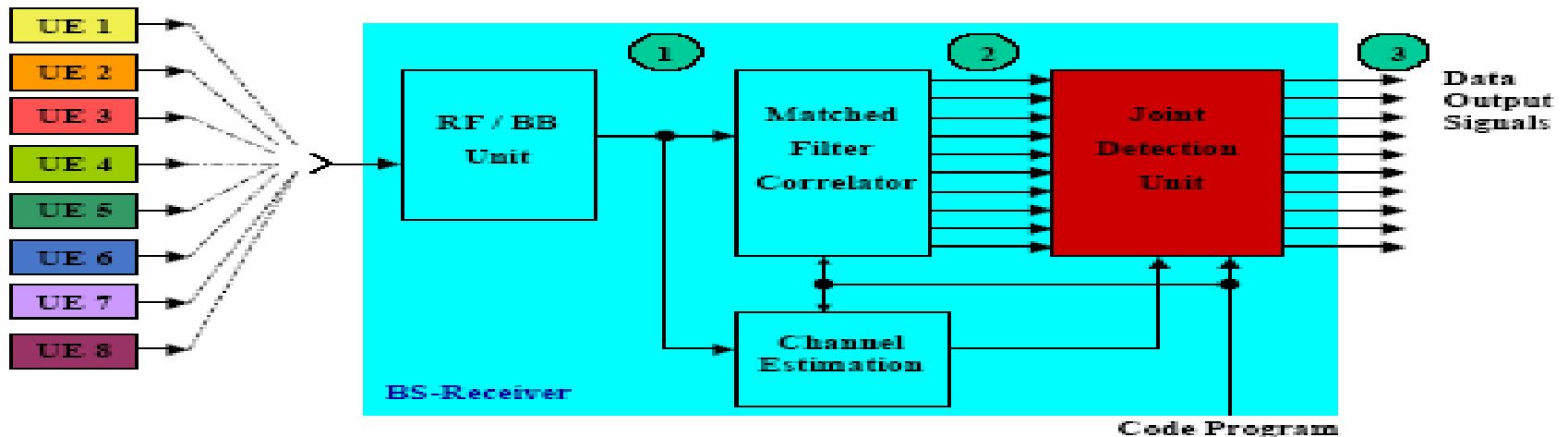
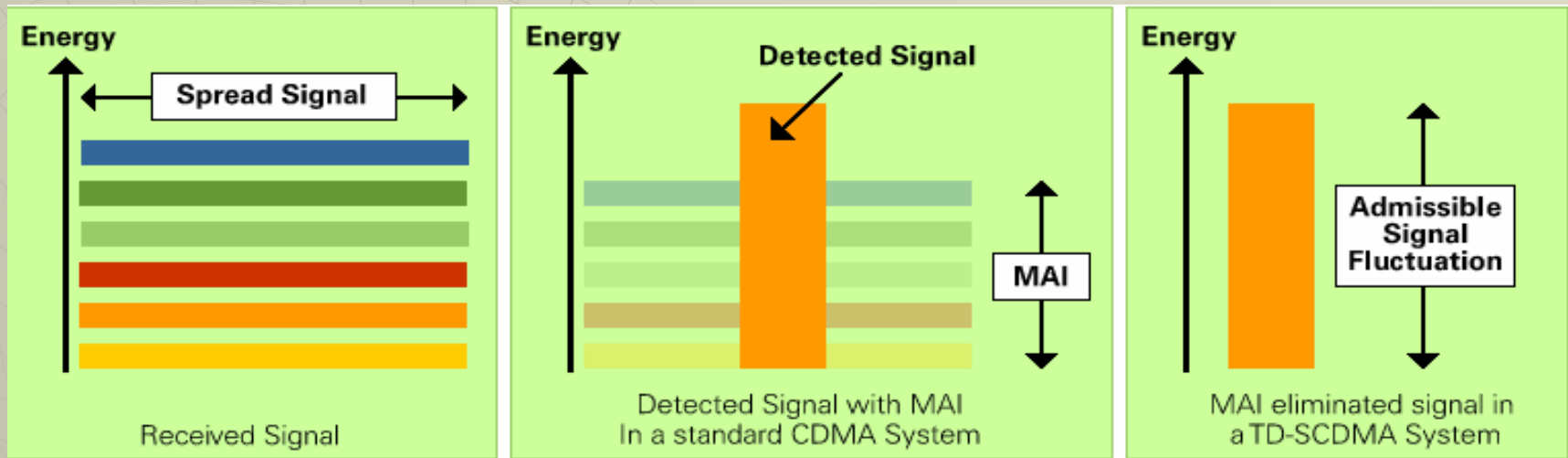
# TD-SCDMA Joint Detection

*Adel Akremi*

# Gliederung

- ◆ Joint Detection Konzept
- ◆ Joint Detection Algorithmen

# Joint Detection Konzept



# Joint Detection Konzept

- ◆ Vereinfachtes Signalmodell (BPSK)
  - Basisbandsignal des k-ten Nutzers lautet:

$$u_k(t) = \sum_{i=0}^{\infty} x_k(i) \cdot c_k(i) \cdot s_k(t - iT - \tau_k)$$

- ◆  $x_k(i) \in \{-1; +1\}$  ist das i<sup>te</sup> Eingangssymbol des k-ten Nutzers
- ◆  $c_k(i)$  ist der positive Kanalgewinn
- ◆  $s_k(t)$  ist die Signatur, mit der das modulierte Bit gespreizt wird
- ◆  $\tau_k$  ist die Zeitverzögerung; für synchronous CDMA, ist  $\tau_k = 0$  für alle Teilnehmer
- Empfangssignal am Basisband

$$y(t) = \sum_{k=1}^K u_k(t) + z(t)$$

- ◆  $K$  Anzahl der Teilnehmer
- ◆  $z(t)$  ist additives weißes Gaußsches Rauschen

# Joint Detection Konzept

- ◆ Vereinfachtes Ausgangssignal am Matched Filter für den k-ten Teilnehmer:

$$\begin{aligned}y_k &= \int_0^T y(t) s_k(t) dt \\ &= c_k x_k + \sum_{j \neq k}^K x_j c_j \int_0^T s_k(t) s_j(t) dt + \int_0^T s_k(t) z(t) dt\end{aligned}$$

- 1<sup>te</sup> Term - gewünschte Information
  - 2<sup>te</sup> Term - MAI
  - 3<sup>te</sup> Term - Rauschen
- ◆ Für den 2-Teilnehmer-Fall ( $K=2$ ) und

$$r = \int_0^T s_1(t) s_2(t) dt$$

# Joint Detection Konzept

- ◆ Ausgangssignale des matched filters :

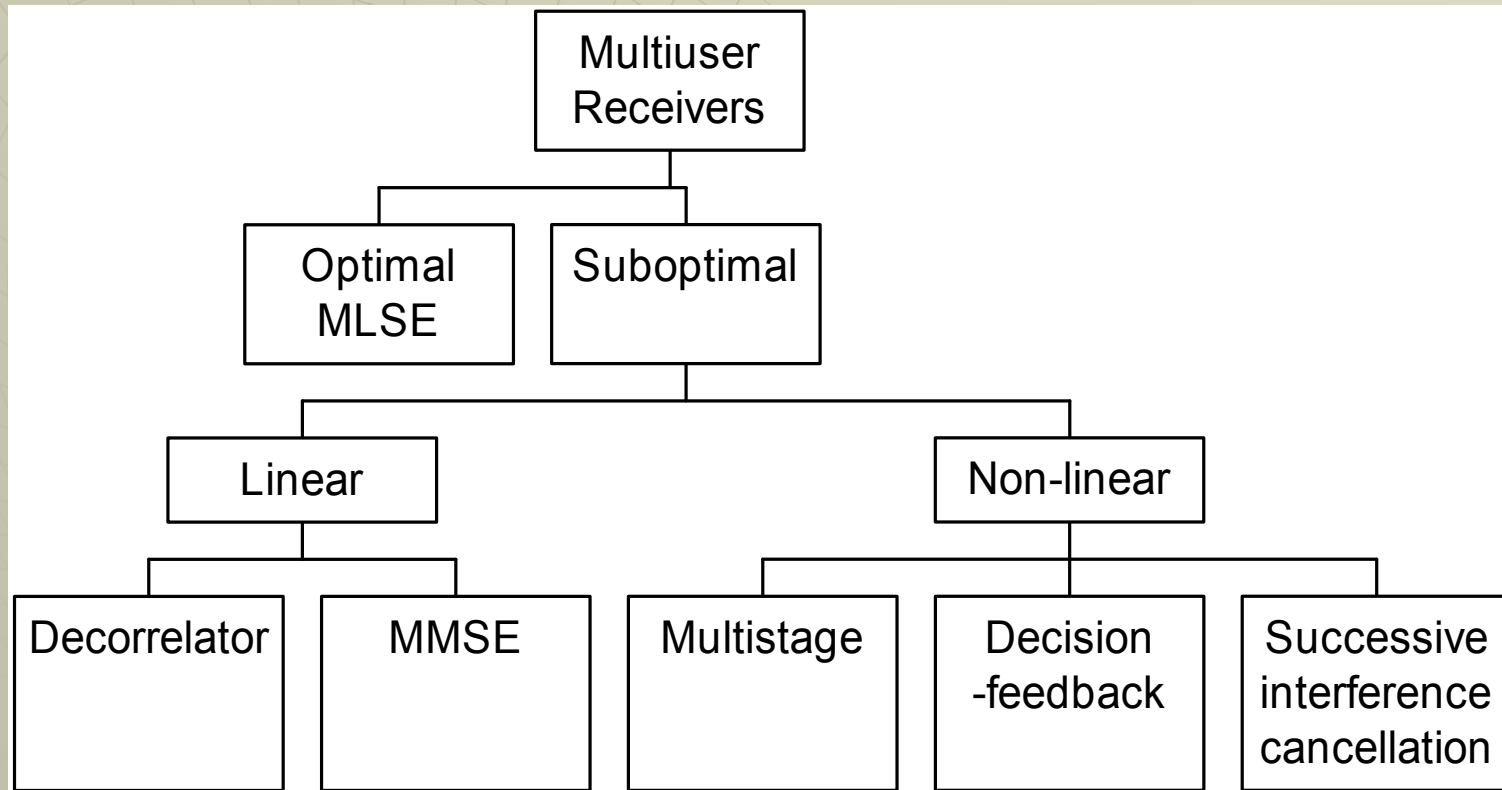
$$y_1 = c_1 x_1 + r c_2 x_2 + z_1 \quad y_2 = c_2 x_2 + r c_1 x_1 + z_2$$

- ◆ Detektiertes Symbol des Teilnehmers k:  $\hat{x}_k = \text{sgn}(y_k)$
- ◆ Wenn der Beitrag zu Leistung des Empfangssignals des 1 Teilnehmers größer ist als der des 2 Teilnehmers (near/far Problem), dann dominiert der MAI Term  $r c_1 x_1$  im Signal des 2 Teilnehmers
- ◆ **Successive Interference Cancellation**
  - Schätzung des stärkeren Teilnehmersignal 1:  $\hat{x}_1 = \text{sgn}(y_1)$
  - Subtraktion der geschätzten MAI vom Ausgangssignal des 2 Teilnehmers mit der schwächeren Leistung:

$$\begin{aligned} \hat{x}_2 &= \text{sgn}(y_2 - r c_1 \hat{x}_1) \\ &= \text{sgn}(c_2 x_2 + r c_1 (x_1 - \hat{x}_1) + z_2) \end{aligned}$$

- alle MAI können vom 2 Teilnehmer subtrahiert werden vorausgesetzt die Schätzung ist korrekt
- ◆ Einfluss von MAI wird reduziert und das near/far Problem ist beseitigt

# Joint Detection Algorithms





# Optimaler MLSE Detektor

- ◆ Der ML-Folgeschätzer (Maximum-likelihood sequence estimator-MLSE) ist ein optimaler Detektor (Verdú, 1984)
- ◆ Das Detektionsprinzip des ML-Folgeschätzers ist die Minimierung der Folgenfehlerwahrscheinlichkeiten
- ◆ Für synchronous CDMA, werden  $2^K$  möglichen Datensequenzen  $x$  verglichen und diejenige mit der größten Sendewahrscheinlichkeit wird ausgewählt
- ◆ Die Optimierungsfunktion ist:

$$\hat{x}_{MAPSE} = \arg \left\{ \max_{x \in \{-1, +1\}^K} (P(X / y)) \right\} = \arg \left\{ \max_{x \in \{-1, +1\}^K} (p(y / X)P(X)) \right\}$$

- ◆ Sind Alle Folgen  $X$  gleichwahrscheinlich, erhält man den MLSE:

$$\hat{x}_{MLSE} = \arg \left\{ \max_{x \in \{-1, +1\}^K} (p(y / X)) \right\}$$

- ◆ **Nachteil:** Exponentieller Zuwachs der optimalen Folgeschätzer mit der Teilnehmerzahl



# Decorrelator

- ◆ Matrix Darstellung

$$\underline{y} = R W \underline{x} + \underline{z}$$

- wobei  $\underline{y} = [y_1, y_2, \dots, y_K]^T$ ,  $R$  und  $W$  sind  $K \times K$  Matrizen
  - Die Komponenten von  $R$  sind durch die Kreuzkorrelationen der Signaturen  $s_k(t)$  gegeben
  - $W$  ist eine Diagonalmatrix mit den Komponenten  $W_{k,k}$  gegeben durch den Kanalgewinn  $c_k$  des  $k$ -ten Nutzers
  - $\underline{z}$  ist der Rauschvektor
- ◆ Berechnung von  $\underline{x}$  durch Inversion von  $R$

$$\underline{\tilde{y}} = R^{-1} \underline{y} = W \underline{x} + R^{-1} \underline{z} \quad \Rightarrow \quad \hat{x}_k = \text{sgn}(\tilde{y}_k)$$

- ◆ Analoge zum zero-forcing equalizers
- ◆ **Vorteil:** entfernt alle MAI
- ◆ **Nachteil:** Verstärkt den Rauschanteil

# Linear MMSE Detector

- ◆ Minimiert den mittleren quadratischen Schätzfehler
- ◆ Die Optimierungsfunktion ist:

$$\hat{x}_{MMSE} = \arg \min E \left\{ \max (\tilde{x} - x)^2 \right\}$$

$$\hat{x}_{MMSE} = (R + \sigma_N^2 I_k)^{-1} y$$

- ◆ **Vorteil:** Minimiert das Rauschanteil

# Multistage Detectors

- ◆ Im ersten Zustand werden  $\hat{x}_1(1), \hat{x}_2(1)$
- ◆ 2<sup>te</sup> Zustand:  
$$\hat{x}_1(2) = \text{sgn}[y_1 - rc_2 \hat{x}_2(1)]$$
$$\hat{x}_2(2) = \text{sgn}[y_2 - rc_1 \hat{x}_1(1)]$$
- ◆ Und so weiter...

