



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

Smart Antennas and MIMO

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



Smart Antennas

▶ Alternative Begriffe

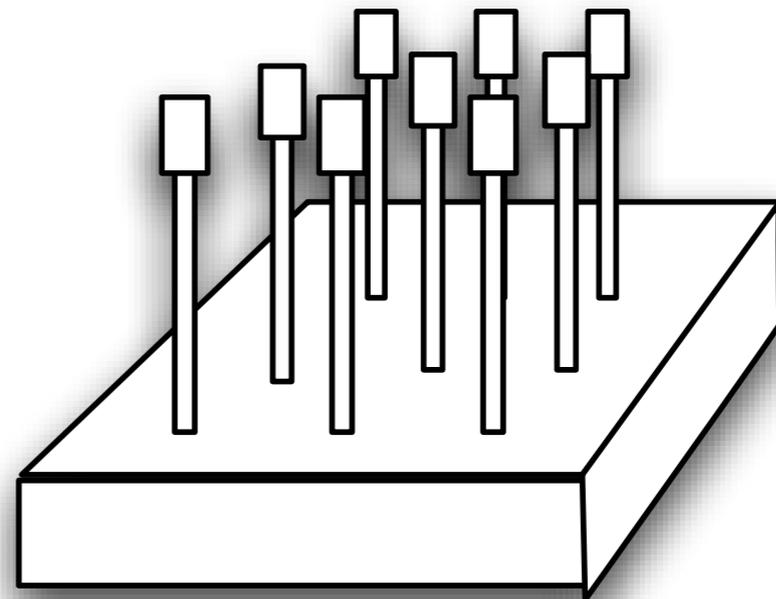
- Adaptive Array Antennas
- Multiple Input Multiple Output (MIMO)

▶ Prinzip

- Mehrere Antennen werden koordiniert eingesetzt
 - zur Verbesserung des Empfangs oder des Sendeverhalten eingesetzt
 - um zusätzliche Eigenschaften zu ermöglichen

▶ Zusatznutzen

- Feststellen der Empfangsrichtung
- Erzeugen von gerichteter Kommunikation
 - besserer Pfadverlustexponent (path loss exponent)
 - Raum-Multiplexing
 - MIMO-Kommunikation



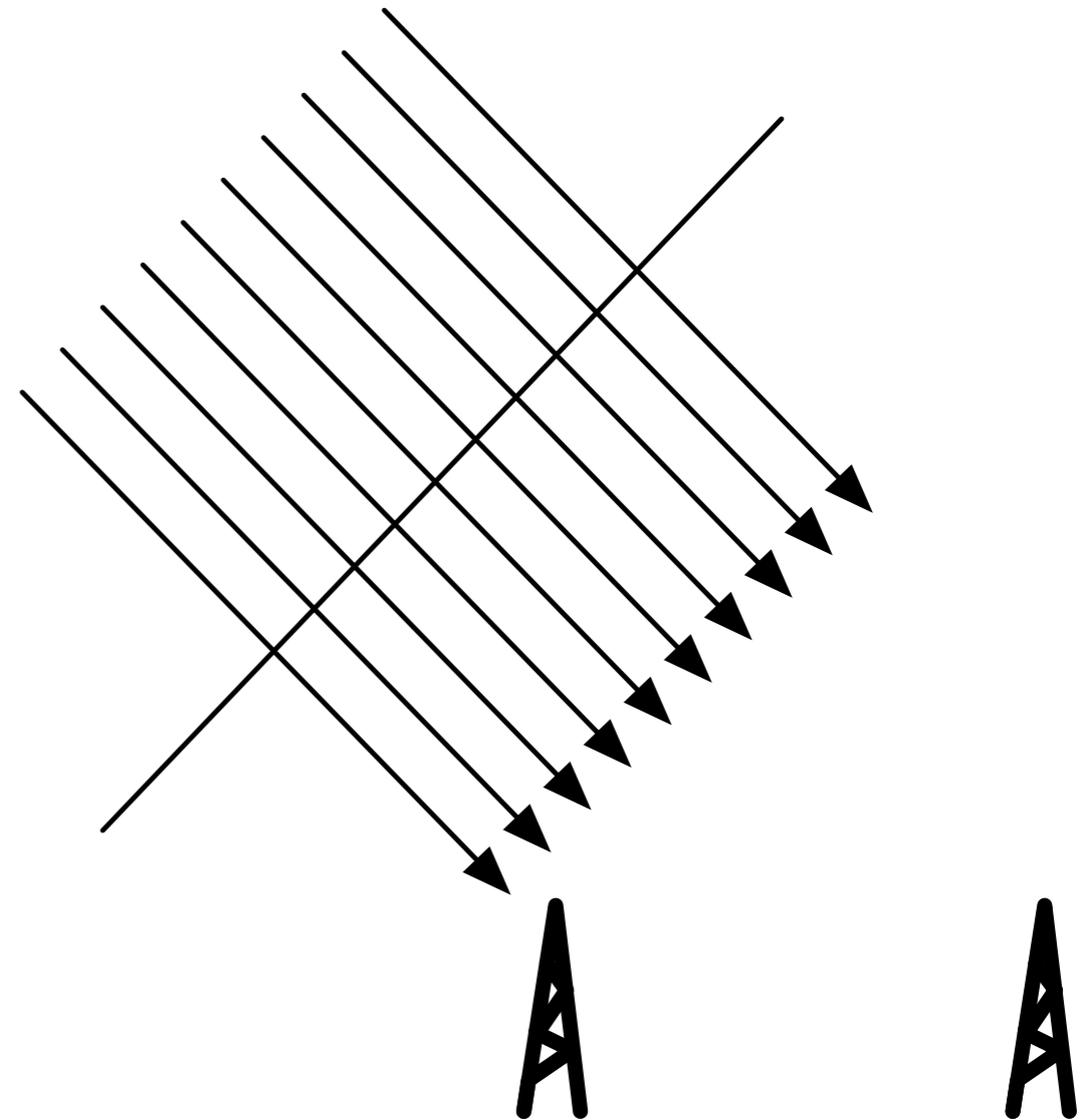
DOA-Abschätzung

▶ **Mit zwei Antennen kann man die Empfangsrichtung (DOA) bestimmen**

- Paulraj, Roy, Kailath, Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques- ESPRIT, Nineteenth Asilomar Conference on Circuits, Systems and Computers, 1985, 83- 89

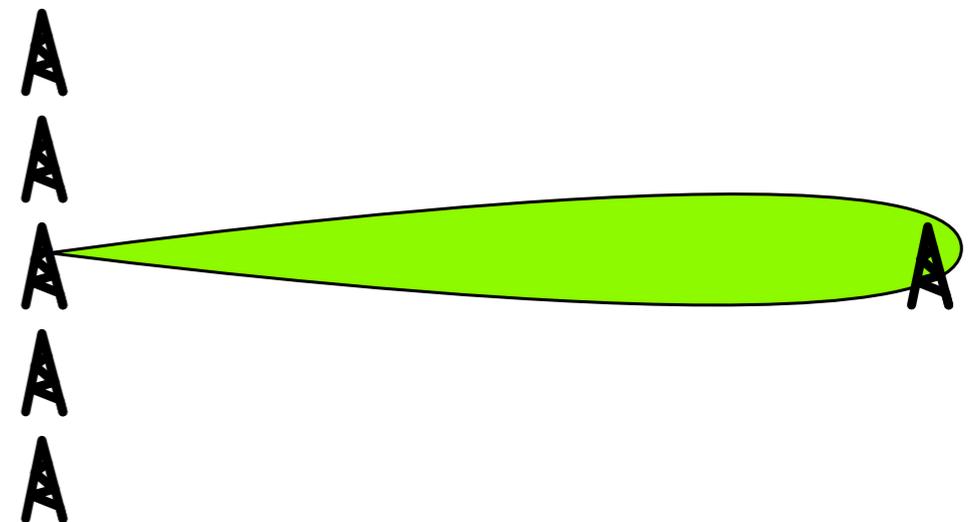
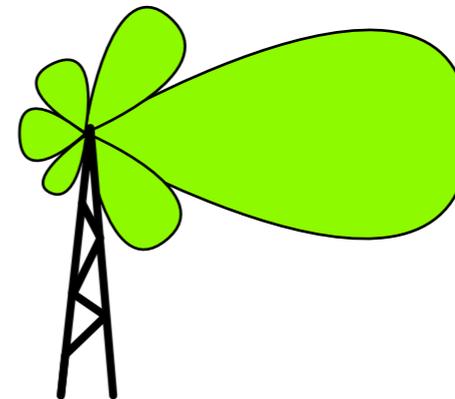
▶ **Idee:**

- Die Signale treffen zeitlich versetzt auf die Antennen. Durch paralleles Testen von Überlagerungen kann man Kandidaten für den Einfallswinkel findenn



Beamforming

- ▶ **Simulation des Empfangs oder Sendeverhalten einer beliebigen Antenne von Smart Antennas**
- ▶ **Aktiv**
 - Durch geeignet gewähltes zeitversetztes Versenden der Signale an den Antennen wird die gewünschte Senderichtung bevorzugt
 - Andere Richtungen gleichen sich aus oder erhöhen nur das Hintergrundrauschen
 - Anwendungen: Radar, Mobilfunk, MIMO
- ▶ **Passiv**
 - Wie bei der DOA-Erkennung werden die Signale zeitversetzt übereinander gelegt
 - Anwendungen: Mikrofone, MIMO



Smart Antennas Kombinationen

▶ SISO (Single Input Single Output)

- Klassisches Funkmodell

▶ SIMO (Single Input Multiple Output)

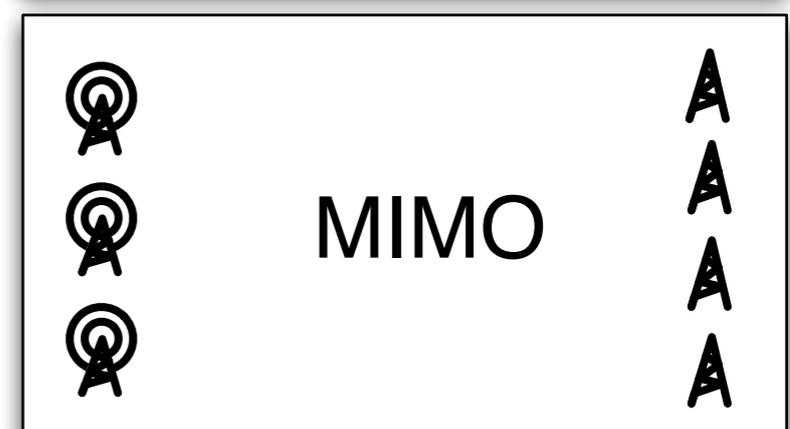
- Klassischer Sender mit einer Antenne
- Antennenfeld beim Empfänger
- Verschiedene Sender können aus verschiedenen Winkeln parallel empfangen werden

▶ MISO (Multiple Input Single Output)

- Antennenfeld als Sender
- Einzelne Empfänger(gruppen) können einzeln angestrahlt werden

▶ MIMO (Multiple Input Multiple Output)

- Gerichtete (und parallele) Kommunikation zwischen Sender und Empfänger möglich
- Effiziente Ausnutzung des Mediums



MIMO-Klassifikationen

▶ **Single User (seit 1996)**

- Immer nur eine Punkt zu Punkt Verbindung kann ermöglicht werden
 - Mehr Verbindungen durch Multiplex-Verfahren

▶ **Multi User (seit 2004)**

- Parallel können an verschiedene Partner gesendet und empfangen werden
 - auf der selben Trägerwelle, zur selben Zeit
 - solange der Winkel verschieden ist

Theoretisches Potential von MIMO

- ▶ **Gerard J. Foschini and Michael. J. Gans**
 - "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas". Wireless Personal Communications 6 (3): 311–335, 1998
- ▶ **Shannons Theorem gilt nicht bei der Verwendung von Antennen-Arrays**
 - Dann kann die Übertragungsrate theoretisch beliebig gut werden

Vorteile und Nachteile

▶ Vorteile

- Shannon`s Gesetz außer Kraft
- SNR wird verbessert
- Mehr Bandbreite, mehr parallele Verbindungen
- Räumliche Ortung möglich
- Beamforming

▶ Nachteile

- Komplexer Aufbau
- Rotationen müssen kompensiert werden
- (Virtuelles) Nachführen bei Bewegung



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Algorithmen für drahtlose Netzwerke

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

