

2810-9860

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 10

Informatik/
Kommunikation

Jens Jelitto,
Rüschlikon

Nr. 693

**Dimensionsreduktion
des Empfangsraumes
von Systemen
mit mehreren Empfangs-
antennen und deren
Anwendung in der
Raum-Zeit-Verarbeitung**

VDI Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Signalmodelle und Eigenschaften von Raum-Zeit-Kanälen	5
2.1	Signalmodelle	5
2.1.1	Zeitkontinuierliches SIMO-Signalmodell	5
2.1.2	Zeitdiskretes SIMO-Signalmodell	8
2.2	Eigenschaften eines Mehrwege-SIMO-Kanals	11
2.2.1	Der mittlere Pfadverlust	13
2.2.2	Der langsame Signalschwund	13
2.2.3	Der schnelle Signalschwund	14
2.2.4	Effekte der Mehrwegeausbreitung und Bewegung	16
2.3	Raum-Zeit-Korrelation	19
2.3.1	Raum-Zeit-Korrelationsfunktion	19
2.3.2	Raum-Zeit-Korrelationsmatrix	20
2.3.3	Statistische Beschreibung raum-zeit-varianter Kanäle	21
2.3.4	Statistische Eigenschaften der räumlichen Korrelation	24
2.4	Zusammenfassende Bemerkungen	28
3	Stand der Technik der Raum-Zeit-Signalverarbeitung	31
3.1	Raum-Verarbeitung	31
3.2	Zeit-Verarbeitung	36
3.3	Raum-Zeit-Verarbeitung	38
3.4	Ansätze zur Reduktion der räumlichen Dimension des Empfangsraums	41
4	Dimensionalität des Signalraums gegenüber dem Empfangsraum	44

4.1	Räumliche Korrelation des Empfangssignals	44
4.2	Dimension des Signalraums	46
4.2.1	Szenario 1: keine Bewegung, keine Verzögerungsspreizung	47
4.2.2	Szenario 2: keine Bewegung, Verzögerungsspreizung	48
4.2.3	Szenario 3: Bewegung, Verzögerungsspreizung	50
4.3	Zusammenfassende Bemerkungen	50
5	Orthogonale Transformation und räumliche Dimensionsreduktion	51
5.1	Raum-Zeit-Empfängerkonzept mit reduzierter Komplexität	51
5.1.1	Singular Value Decomposition	52
5.1.2	Karhunen-Loève-Transformation (KLT)	53
5.1.3	Trennung von Signal- und Rausch-Unterraum	55
5.1.4	Dimensionsreduktion mit kleinstem quadratischen Fehler	56
5.1.5	Trainingsdatenbasierte Selektion informationstragender Komponenten .	60
5.2	Analyse der Signaleigenschaften nach einer orthogonalen Transformation . .	60
5.2.1	Transformationseigenschaften eines flachen Schwundkanals	61
5.2.2	Transformationseigenschaften für 2 unabhängige Signale	67
5.2.3	Transformationseigenschaften eines Kanals mit zeitlicher Spreizung . .	71
5.3	Eigenwertanalyse der Korrelationsmatrix und Dimensionsabschätzung	72
5.3.1	Einfluß von Anzahl und Verteilung der Mehrwegekomponenten	75
5.3.2	Einfluß von Verzögerungs- und Winkelspreizung	77
5.3.3	Einfluß von Anzahl und Abstand der Antennen	80
5.3.4	Dimensionsabschätzung für ITU- und GSM-Kanalmodelle	81
5.4	Zusammenfassende Bemerkungen	83
6	Anwendungen der orthogonalen Transformation	84
6.1	Raum-Zeit-Kanalmodell unter Verwendung der KLT	84
6.2	Verbesserung der Kanalschätzung und Raum-Zeit-Entzerrung	89
6.2.1	Kanalschätzung auf Basis eines dimensionsreduzierten Signalraums . .	91
6.2.2	ST-MLSE-Empfänger mit reduzierter Komplexität	93
6.3	Zusammenfassende Bemerkungen	98

7 Zusammenfassung und Ausblick	99
A Zufallsvariablen und stochastische Prozesse	102
A.1 Eindimensionale Zufallsvariablen	102
A.2 Mehrdimensionale Zufallsvariablen	102
A.3 Randverteilungen und bedingte Verteilungen	103
A.4 Unabhängige Zufallsvariablen	104
A.5 Determinierte und stochastische statische Systeme	104
A.5.1 Determinierte Veränderlichenabbildung	104
A.5.2 Stochastische Veränderlichenabbildung	104
A.6 Momente eindimensionaler Zufallsvariablen	105
A.7 Momente mehrdimensionaler Zufallsvariablen	106
A.7.1 Zweidimensionale zufällige Veränderliche: $\mathbf{X} = \langle X_1, X_2 \rangle$	106
A.7.2 Mehrdimensionale zufällige Veränderliche, Zufallsvektoren	107
A.8 Komplexwertige zufällige Veränderliche	108
A.9 Eindimensionale stochastische Prozesse	109
A.10 Mehrdimensionale stochastische Prozesse	111
A.11 Autokorrelationsfunktion komplexer stochastischer Prozesse	112
B Kronecker-Produkt	114