

Strategien zur Strahlformung bei Zeitduplex-Mobilfunksystemen

Von der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der
Universität Duisburg-Essen
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Arjang Hessamian-Alinejad

aus

Teheran

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Jung

Korreferent: Prof. Dr. Alex Gershman

Tag der mündlichen Prüfung: 5. März 2007

Selected Topics in Communications Technologies

Arjang Hessamian-Alinejad

**Strategien zur Strahlformung
bei Zeitduplex-Mobilfunksystemen**

Shaker Verlag
Aachen 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Duisburg-Essen, Univ., Diss., 2007

Copyright Shaker Verlag 2007

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6220-4

ISSN 1860-2800

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Der Mobilfunk hat sich seit der Einführung von GSM im Jahre 1992 zu einem der weltweit wichtigsten Märkte entwickelt [Cor01]. Vorhersagen gehen davon aus, dass in etwa zehn Jahren achtzig Prozent aller Telefongespräche über Mobilfunksysteme geführt werden [SAS05]. Weiterhin steigt der Bedarf nach drahtlosen Multimedia-Anwendungen und somit nach immer höheren Informationsraten. Zur Deckung des steigenden Bedarfs nach immer höheren Informationsraten bei einer wachsenden Anzahl der Mobilfunkteilnehmer müssen existierende sowie zukünftige Mobilfunksysteme geeignete Übertragungstechniken einsetzen. Ein geeignetes übertragungstechnisches Konzept zur Erhöhung der Informationsrate ist die Verwendung von intelligenten Antennen, die seit gut vier Jahren für UMTS und in jüngster Zeit für zukünftige Mobilfunksysteme diskutiert wird. Durch Strahlformung kann die Hauptkeule der Strahlungscharakteristik einer intelligenten Antenne in die Richtung des aktiven Mobilfunkteilnehmers gesteuert und somit die Nachrichtenübertragung gezielt auf die entsprechende Richtung beschränkt werden.

Ein Nachteil der herkömmlichen Strahlformungsverfahren wie beispielsweise der konventionelle Strahlformer oder der MVDR-Strahlformer liegt darin, dass sie durch eine irreguläre Abtastung des Raumes gekennzeichnet sind. Dies führt in der Regel zu aufwändigen Empfängerkonzepten. In der vorliegenden Arbeit stellt der Autor ein neuartiges Strahlformungskonzept vor, das auf einer regulären Abtastung des Raumes (engl. „Regular Spatial Sampling“, RSS) beruht und aus diesem Grund RSS-Strahlformung genannt wird. Ein wichtiger Vorteil der RSS-Strahlformung ist, dass sie keine Kenntnis über die Position der Mobilfunkteilnehmer benötigt und somit aufwandsünstig realisiert werden kann.

In der vorliegenden Arbeit werden vom Autor entsprechende auf RSS-Strahlformung basierende Kanalschätz-, Datendetektions- und Richtungsschätzverfahren hergeleitet. Das Verhalten der entsprechenden Verfahren wird vom Autor in der Auf- und Abwärtsstrecke der schmalbandigen Betriebsart UTRA LCR TDD des UMTS-Standards durch Simulation untersucht. Die erhaltenen Ergebnisse gelten grundsätzlich für alle Zeitduplexsysteme in qualitativer Weise. Es wird vom Autor gezeigt, dass das RSS-Strahlformungskonzept erfolgversprechend ist. Bei Verwendung von RSS-Strahlformung kann ein deutlicher Gewinn gegenüber Konzepten mit einer einzelnen omnidirektionalen Antenne erzielt werden. Durch Simulation wird gezeigt, dass zur RSS-Strahlformung die Verwendung von Gruppenantennen mit vier beziehungsweise acht Antennenelementen geeignet ist.

Weiterhin stellt der Autor ein Konzept zur Implementierung der RSS-Strahlformungsverfahren in einem Demonstrator vor. Es wird gezeigt, dass die Implementierung des RSS-Strahlformungskonzepts im Sender auf einem und im Empfänger auf nur drei kommerziell heute verfügbaren digitalen Signalprozessoren möglich ist. Weiterhin wird eine Festkomma-Implementierung der für den Demonstrator notwendigen Funktionseinheiten vorgenommen und durch Simulationen die Robustheit der Festkomma-Implementierung des RSS-Strahlformungskonzepts gezeigt.

Abstract

Since the introduction of GSM in 1992, mobile communications have developed to one of the worldwide most important markets [Cor01]. Predictions assume, that in about ten years eighty percent of all telephone calls are accomplished by mobile radio systems [SAS05]. Furthermore, the market for wireless multimedia applications and therewith for increasing information rates is growing. In order to cover the market for increasing information rates at simultaneously growing number of the mobile users, existing as well as future mobile radio systems must deploy suitable data transmission techniques. One suitable data transmission technique for increasing the information rate makes use of intelligent antennas, which have been discussed for about four years for UMTS and recently for future mobile communication systems. Intelligent antennas allow the realization of beamforming. Beamforming facilitates the steering of the main lobe of the radiation pattern of an intelligent antenna in the direction of the active mobile user and therefore the confinement of the transmission to the respective direction.

A known disadvantage of the conventional beamforming techniques, as for example the conventional beamformer or the MVDR Beamformer, is that they perform an irregular spatial sampling. Usually, this leads to costly receiver concepts. In the present work, the author introduces a novel beamforming concept, which is based on Regular Spatial Sampling (RSS) and, hence, is called RSS-beamforming. RSS-beamforming does not require any knowledge about the position of the mobile users. This is an important advantage, facilitating a realization at low cost.

In the present work, the author presents a derivation of the channel estimation, the data detection and the direction-of-arrival estimation techniques, which are tailored to RSS-beamforming. The behavior of the respective techniques is investigated by the author in the uplink and downlink of the narrowband UTRA LCR TDD mode of UMTS by means of simulations. The obtained results are valid in a qualitative context for all time domain duplex systems. The author shows, that the RSS-beamforming concept is promising. The RSS-beamforming concept allows a significant gain compared to concepts employing a single omni-directional antenna. It is shown by means of simulations that for RSS-beamforming, the use of four or eight antenna elements is suitable.

Furthermore, the author presents a concept per group antenna implementing of the RSS-beamforming technique in a demonstrator. It is shown, that the implementation of the RSS-beamforming technique in the transmitter requires only a single digital signal processor, commercially available today. In the receiver only three digital signal processors are needed. Furthermore, the fixed-point implementing of physical layer and medium access control (MAC) layer functions required for the demonstrator will be presented and the corresponding performance results, which were obtained by computer simulations, will be shown and discussed.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Kommunikationstechnik der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität Duisburg-Essen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Jung, dem Leiter des Lehrstuhls für Kommunikationstechnik der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität Duisburg-Essen, danke ich herzlich für die interessante Aufgabenstellung und die engagierte Betreuung der vorliegenden Arbeit. Seine zahlreichen Anregungen und Vorschläge sowie seine stete Unterstützung bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung trugen wesentlich zur Erstellung der vorliegenden Arbeit bei.

Für die Übernahme des Korreferats und die damit verbundenen Mühen möchte ich Herrn Prof. Dr. Alex Gershman, dem Leiter des Fachgebiets Nachrichtentechnische Systeme des Instituts für Nachrichtentechnik der Technischen Universität Darmstadt, meinen Dank aussprechen. Seine interessanten Anregungen und Verbesserungsvorschläge verliehen dieser Arbeit ein weitaus größeres Gewicht.

Weiterhin danke ich den Mitgliedern meiner Prüfungskommission, Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Solbach, Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Herbertz und Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. Dieter Jäger, für die interessanten fachlichen Diskussionen über diese Arbeit.

Des Weiteren danke ich allen meinen Kolleginnen und Kollegen, Heribert Annen, Zijian Bai, Guido Bruck, Admir Burnic, Bärbel Clausen, Prof. em. Dr.-Ing. Gerhard Dickopp, Amr Eltahr, Thomas Faber, Friedhelm Fehr, Sabine Jankowski, Erika Pauli, Tobias Scholand, Achim Seebens, Christoph Spiegel, Alexander Vießmann und Andreas Waadt für die sehr angenehme Arbeitsatmosphäre und die ausgezeichnete Zusammenarbeit. Insbesondere möchte ich mich bei den Herren Achim Seebens, Tobias Scholand, Thomas Faber und Admir Burnic für die in diese Arbeit eingeflossenen fachlichen Diskussionen und Anregungen bedanken. Ebenso möchte ich Frau Bärbel Clausen und Frau Sabine Jankowski für ihre Hilfe beim Korrekturlesen der vorliegenden Arbeit danken. Besonderer Dank geht an meinen Zimmerkollegen Achim Seebens.

Dank gilt allen Studierenden, deren Studien- und Diplomarbeiten zur Entstehung dieser Arbeit beitrugen. Insbesondere sind die Herren Kolja Sören Eger, Shangbo Wang und Diego Witte zu benennen.

Weiterhin bedanke ich mich bei den Projektpartnern des Lehrstuhls für Kommunikationstechnik für die fruchtbare Zusammenarbeit, insbesondere bei den Teammitgliedern der GSR („Global Standards and Research“) der Firma Samsung Electronics in Suwon/Korea, der A&D („Automation And Drive“) der Firma Siemens, der Björn-Steiger-Stiftung Service GmbH und des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS), Duisburg.

Schließlich bedanke ich mich bei meiner Familie und bei allen meinen Freunden für ihr Verständnis und ihre Unterstützung während der Fertigstellung dieser Arbeit.

Duisburg, im April 2007

Arjang Hessamian-Alinejad

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Häufig verwendete Größen und Symbole..... | 1 |
| Häufig verwendete Abkürzungen..... | 21 |
| 1 Einleitung | 27 |
| 1.1 Strahlformung mit Mehrantennensystemen..... | 27 |
| 1.1.1 Entwicklung von Mobilfunksystemen zur Realisierung von höherratigen Diensten..... | 27 |
| 1.1.2 Bekannte Lösungswege | 34 |
| 1.1.3 Verbesserungspotential..... | 45 |
| 1.2 Ziel, Aktivitäten und wichtige Ergebnisse der Arbeit | 51 |
| 1.3 Gliederung der Arbeit | 53 |
| 2 Modelle des Mobilfunkkanals | 55 |
| 2.1 Übersicht..... | 55 |
| 2.2 Anforderungen und Bewertungskriterien | 55 |
| 2.3 Modelle ohne räumliche Anisotropie..... | 61 |
| 2.3.1 Idealisieretes Modell | 61 |
| 2.3.2 ETSI-Modell..... | 61 |
| 2.4 Modelle mit räumlicher Anisotropie..... | 62 |
| 2.4.1 „Kaiserslautern“-Modell..... | 62 |
| 2.4.2 3GPP-Modell..... | 72 |
| 2.5 Modell für die Ultrabreitband-Kommunikation..... | 78 |
| 2.5.1 Modell ohne räumliche Anisotropie..... | 78 |
| 2.5.2 Modell mit räumlicher Anisotropie..... | 84 |
| 2.6 Bewertung | 90 |
| 3 Zeitdiskrete Systemmodellierung | 93 |
| 3.1 Übersicht..... | 93 |
| 3.2 Zeitdiskretes Systemmodell eines Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO)- Systems | 93 |
| 3.3 Allgemeines hybrides Vielfachzugriffsverfahren..... | 98 |
| 3.4 Geometrische Anordnung von Antennen in einer Gruppenantenne | 107 |
| 3.5 Zeitdiskretes Systemmodell in der Aufwärtsstrecke..... | 113 |
| 3.6 Zeitdiskretes Systemmodell in der Abwärtsstrecke..... | 121 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.7 | Beschreibung der Burst-Struktur..... | 127 |
| 4 | Strahlformung unter Berücksichtigung einer regulären Abtastung des Raumes | 129 |
| 4.1 | Übersicht | 129 |
| 4.2 | Prinzip der RSS-Strahlformung..... | 130 |
| 4.3 | RSS-Strahlformung in der Aufwärtsstrecke..... | 136 |
| 4.3.1 | Kanalschätzung..... | 136 |
| 4.3.2 | Datendetektion | 150 |
| 4.3.3 | Empfangsrichtungsschätzung | 161 |
| 4.3.4 | Adaption der Strahlungscharakteristik der Gruppenantenne durch iterative Rotation..... | 183 |
| 4.4 | RSS-Strahlformung in der Abwärtsstrecke | 185 |
| 4.4.1 | Einstellung von Strahlformungsgewichten | 185 |
| 4.4.2 | Kanalschätzung | 187 |
| 4.4.3 | Datendetektion | 188 |
| 4.5 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 200 |
| 5 | Implementierungsaspekte | 205 |
| 5.1 | Übersicht | 205 |
| 5.2 | Aufwandsgünstige Realisierung des RSS-Kanalschätzers..... | 205 |
| 5.3 | Implementierung des RSS-Strahlformers auf einem DSP-System | 209 |
| 5.4 | Untersuchung von Quantisierungseffekten auf das Verhalten des RSS- Strahlformers | 218 |
| 5.5 | Zusammenfassung | 220 |
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 223 |
| 6.1 | Zusammenfassung | 223 |
| 6.2 | Ausblick..... | 226 |
| | Literaturverzeichnis..... | 227 |

Häufig verwendete Größen und Symbole

| | |
|--|--|
| $\mathbf{0}_W$ | $W \times W$ Nullmatrix |
| \mathbf{I}_K | $K \times 1$ Einsvektor |
| a_0 | konstante mittlere Dämpfung |
| $a^{(k_T)}$ | mittlere Dämpfung der k_T -ten Teilwelle |
| $a^{(k_C, k_T)}$ | mittlere Dämpfung der k_T -ten Teilwelle im k_C -ten Cluster |
| $\underline{b}_{S, \text{RSS}}^{(k_E, n_B)}$ | Steuergewicht des RSS-Strahlformers an der k_E -ten Empfangsantenne für die n_B -te Hauptstrahlrichtung |
| $\underline{b}_S^{(k, k_E, k_R)}$ | Steuergewicht für den k -ten Mobilfunkteilnehmer in der k_R -ten Hauptempfangsrichtung an der k_E -ten Empfangsantenne |
| \underline{b} | beliebiger komplexer $KK_R W \times 1$ -Vektor |
| $\underline{b}_S^{(k, k_1)}$ | Steuervektor für den k -ten Mobilfunkteilnehmer in der Richtung des k_1 -ten Störers |
| $\underline{b}_S^{(k, k_R)}$ | Steuervektor der Gruppenantenne für den k -ten Mobilfunkteilnehmer in der k_R -ten Hauptempfangsrichtung |
| c | Ausbreitungsgeschwindigkeit der Funkwelle (Lichtgeschwindigkeit) |
| $\underline{c}_{i,q}^{(k)}$ | das q -te Element des CDMA-Codes im Frequenzbereich |
| $\underline{c}_{i,q}^{(k)}$ | das q -te Element des CDMA-Codes im Zeitbereich, auch als das q -te Chip des CDMA-Codes im Zeitbereich bezeichnet |
| $\underline{c}_f^{(k)}$ | teilnehmerspezifischer CDMA-Code im Frequenzbereich |
| $\underline{c}_t^{(k)}$ | teilnehmerspezifischer CDMA-Code im Zeitbereich |
| $\hat{\underline{d}}_{f, \text{RSS}, q, n}$ | das n -te Element der detektierten kombinierten Symbolfolge $\hat{\underline{d}}_{f, \text{RSS}, q}$ |
| $\underline{d}_{f,n}^{(k)}$ | das n -te Element der Symbolfolge $\underline{d}_f^{(k)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\hat{\underline{d}}_{f,n}^{(k)}$ | das n -te Element der Schätzung $\hat{\underline{d}}_f^{(k)}$ der Symbolfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\hat{\underline{d}}_{f,q,n}^{(k)}$ | das n -te Element der detektierten Symbolfolge $\hat{\underline{d}}_{f,q}^{(k)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_{f, \text{gespr}, n}^{(k)}$ | das n -te Element der frequenzgespreizten Symbolfolge $\underline{d}_{f, \text{gespr}}^{(k)}$. |
| \underline{d}_n | das n -te Datensymbol des Datenvektors \underline{d} |

| | |
|--|---|
| $\hat{\underline{d}}_n$ | Schätzung des n -ten Datensymbols |
| $\underline{d}_n^{(k,1)}$ | das n -te Datensymbol der ersten Datenfolge eines Bursts des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_n^{(k,2)}$ | das n -te Datensymbol der zweiten Datenfolge eines Bursts des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_{t,n}^{(k)}$ | das n -te Element der Symbolfolge $\underline{d}_t^{(k)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers im Zeitbereich |
| $\underline{d}_{t,\text{gespr},n}^{(k)}$ | das n -te Element der zeitgespreizten Symbolfolge $\underline{d}_{t,\text{gespr}}^{(k)}$ |
| d_{SE} | Abstand zwischen dem Sender und dem Empfänger |
| $\underline{d}_{S,\text{ges},n}$ | das n -te Element der Gesamtsendefolge $\underline{d}_{S,\text{ges}}$ |
| $\underline{d}_{S,\text{ges},n}^{(k_s)}$ | das n -te Element der Gesamtsendefolge $\underline{d}_{S,\text{ges}}^{(k_s)}$ an der k_s -ten Sendeantenne |
| $\underline{d}_{S,n}^{(k)}$ | das n -te Element der Sendefolge $\underline{d}_S^{(k)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_{S,n}^{(k_s)}$ | das n -te Element der Sendefolge $\underline{d}_S^{(k_s)}$ an der k_s -ten Sendeantenne, kurz das n -te Sendesymbol |
| $\underline{d}_{S,n}^{(k,1)}$ | das n -te Element der ersten Sendefolge $\underline{d}_S^{(k,1)}$ eines Bursts des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_{S,n}^{(k,2)}$ | das n -te Element der zweiten Sendefolge $\underline{d}_S^{(k,2)}$ eines Bursts des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| \underline{d} | Datenvektor |
| $\hat{\underline{d}}$ | Schätzung des Datenvektors |
| \underline{d}_f | kombinierte Symbolfolge |
| $\hat{\underline{d}}_f$ | ML-Schätzung der kombinierten Symbolfolge |
| $\hat{\underline{d}}_{f,\text{RSS}}$ | ML-Schätzung der kombinierten Symbolfolge unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung, kurz RSS-Schätzung der kombinierten Symbolfolge |
| $\hat{\underline{d}}_{f,\text{RSS,q}}$ | detektierte kombinierte Symbolfolge unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung, kurz detektierte kombinierte Symbolfolge |
| $\underline{d}_f^{(k)}$ | Symbolfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\hat{\underline{d}}_f^{(k)}$ | Schätzung der Symbolfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |

| | |
|---|---|
| $\hat{\underline{d}}_{r,q}^{(k)}$ | detektierte Symbolfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_{r,\text{gespr.}}^{(k)}$ | frequenzgespreizte Symbolfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_t^{(k)}$ | Symbolfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers im Zeitbereich |
| $\underline{d}_{t,\text{gespr.}}^{(k)}$ | zeitgespreizte Symbolfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| \underline{d}_s | kombinierter Sendevektor |
| $\underline{d}_s^{(k)}$ | Sendefolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_s^{(k_s)}$ | Sendevektor an der k_s -ten Sendeantenne, kurz Sendevektor |
| $\underline{d}_s^{(k,1)}$ | erste Sendefolge eines Bursts des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_s^{(k,2)}$ | zweite Sendefolge eines Bursts des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{d}_{s,\text{ges.}}$ | Gesamtsendefolge |
| $\underline{d}_{s,\text{ges.}}^{(k_s)}$ | Gesamtsendefolge an der k_s -ten Sendeantenne |
| $\underline{d}_{s,\text{DS-CDMA}}^{(k)}$ | Sendefolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers bei Verwendung von DS-CDMA |
| $\underline{d}_{s,\text{FFH/OFDM}}^{(k)}$ | Sendefolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers bei Verwendung von FFH/OFDM |
| $\underline{d}_{s,\text{MC-CDMA}}^{(k)}$ | Sendefolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers bei Verwendung von MC-CDMA |
| $\underline{d}_{s,\text{MC-DS-CDMA}}^{(k)}$ | Sendefolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers bei Verwendung von MC-DS-CDMA |
| $\underline{d}_{s,\text{OFDM}}^{(k)}$ | Sendefolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers bei Verwendung von konventionellem OFDM |
| $\underline{e}^{(k_E)}(t)$ | Empfangssignal an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{e}_{d,n}$ | das n -te Element der empfangenen kombinierten Symbolfolge \underline{e}_d |
| $\underline{e}_{d,m,l}^{(n_B)}$ | das l -te Element der empfangenen Mittambelfolge $\underline{e}_{d,m}^{(n_B)}$ aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung |
| $\underline{e}_{m,l}^{(k_E)}$ | das l -te Element der empfangenen Mittambelfolge $\underline{e}_m^{(k_E)}$ an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{e}_n^{(k_E)}$ | das n -te Element des Empfangsvektors $\underline{e}^{(k_E)}$ an der k_E -ten Empfangsantenne |

| | |
|-------------------------------------|---|
| $\underline{e}_{(k-1)N_c+n_c}$ | Einheitsvektor, enthält an seinem $((k-1)N_c+n_c)$ -ten Element eine Eins und an seinen restlichen Elementen jeweils eine Null |
| \underline{e} | kombinierter Empfangsvektor |
| $\underline{e}^{(k_E)}$ | Empfangsvektor an der k_E -ten Empfangsantenne, kurz Empfangsvektor |
| \underline{e}_d | empfangene kombinierte Symbolfolge |
| $\underline{e}_d^{(k)}$ | empfangene Gesamtsymbolfolge an der Empfangsantenne des k -ten Mobilfunkteilnehmers, kurz empfangene Gesamtsymbolfolge |
| \underline{e}_m | kombinierte empfangene Mittambefolge |
| $\underline{e}_m^{(k)}$ | die zur Kanalschätzung des k -ten Mobilfunkteilnehmers verwendete empfangene Gesamtmittambefolge, kurz empfangene Gesamtmittambefolge |
| $\tilde{\underline{e}}_m^{(k)}$ | empfangene Gesamtmittambefolge an der Empfangsantenne des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{e}_m^{(k_E)}$ | empfangene Mittambefolge an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{e}_{d,m}^{(n_B)}$ | empfangene Mittambefolge aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{RSS}^{(n_B)}$ des RSS-Strahlformers, kurz die empfangene Mittambefolge aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung |
| f_C | Abtastrate |
| f_0 | Trägerfrequenz |
| f_D | Dopplerfrequenz |
| $f_D^{(k_\tau)}$ | Dopplerfrequenz der k_τ -ten Teilwelle |
| $f_D^{(k_c, k_\tau)}$ | Dopplerfrequenz der k_τ -ten Teilwelle im k_c -ten Cluster |
| $g_d(\varphi)$ | Strahlungscharakteristik der Empfangsgruppenantenne |
| $g_d^{(k_E)}(\varphi)$ | Strahlungscharakteristik der k_E -ten Empfangsantenne |
| $h(\tau)$ | reelle zeitinvariante Kanalimpulsantwort |
| $h_{BP}(\tau, t)$ | zeitvariante Kanalimpulsantwort im Bandpassbereich |
| $\underline{h}(\tau, t)$ | zeitvariante Kanalimpulsantwort im äquivalenten Tiefpassbereich, kurz zeitvariante Kanalimpulsantwort |
| $\underline{h}^{(k, k_E)}(\tau, t)$ | zeitvariante Kanalimpulsantwort für den k -ten Mobilfunkteilnehmer an der k_E -ten Empfangsantenne |

| | |
|--------------------------------------|---|
| $\underline{h}_{d,RSS,w}$ | das w -te Element der kombinierten Kanalimpulsantwort $\underline{h}_{d,RSS}$ unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung, kurz das w -te Kanal-koeffizient |
| $\hat{\underline{h}}_{d,RSS,w}$ | das w -te Element der RSS-Schätzung $\hat{\underline{h}}_{d,RSS}$ der kombinierten Kanalimpulsantwort, kurz die Schätzung des w -ten Kanal-koeffizienten |
| $\underline{h}_{d,w}^{(n_B)}$ | das w -te Element der Kanalimpulsantwort $\underline{h}_d^{(n_B)}$ aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{RSS}^{(n_B)}$ des RSS-Strahlformers |
| $\underline{h}_{d,int.,w}^{(k,n_C)}$ | das w -te Element der n_C -ten interpolierten Kanalimpulsantwort $\underline{h}_{d,int.}^{(k,n_C)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{h}_{d,w}^{(k,k_R)}$ | das w -te Element der Kanalimpulsantwort $\underline{h}_d^{(k,k_R)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung |
| $\underline{h}_{d,w}^{(k,n_B)}$ | das w -te Element der Kanalimpulsantwort $\underline{h}_d^{(k,n_B)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{RSS}^{(n_B)}$ des RSS-Strahlformers |
| $\underline{h}_w^{(k)}$ | das w -te Element der Kanalimpulsantwort $\underline{h}^{(k)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\hat{\underline{h}}_w^{(k)}$ | das w -te Element der Schätzung $\hat{\underline{h}}^{(k)}$ der Kanalimpulsantwort des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{h}_w^{(k_E,k_S)}$ | das w -te Abtastwert des zeitdiskreten Mobilfunkkanals zwischen der k_S -ten Sendeantenne und der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{h}^{(k)}$ | mit dem k -ten Mobilfunkteilnehmer korrespondierende Kanalimpulsantwort, kurz Kanalimpulsantwort des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\hat{\underline{h}}^{(k)}$ | die Schätzung der Kanalimpulsantwort des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{h}^{(k,k_S)}$ | Kanalimpulsantwort zwischen der k_S -ten Sendeantenne und der Empfangsantenne des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{h}^{(k_E,k_S)}$ | Kanalimpulsantwortvektor zwischen der k_S -ten Sendeantenne und der k_E -ten Empfangsantenne, kurz Kanalimpulsantwort zwischen der k_S -ten Sendeantenne und der k_E -ten Empfangsantenne |
| \underline{h}_d | kombinierte Kanalimpulsantwort |
| $\underline{h}_{d,RSS}$ | kombinierte Kanalimpulsantwort unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung |
| $\hat{\underline{h}}_d$ | ML-Schätzung der kombinierten Kanalimpulsantwort |

| | |
|--|--|
| $\hat{\underline{h}}_{\text{d,RSS}}$ | ML-Schätzung der kombinierten Kanalimpulsantwort unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung, kurz RSS-Schätzung der kombinierten Kanalimpulsantwort |
| $\underline{h}_{\text{d}}^{(k_{\text{R}})}$ | Kanalimpulsantwort aus der k_{R} -ten Hauptempfangsrichtung |
| $\underline{h}_{\text{d}}^{(n_{\text{B}})}$ | Kanalimpulsantwort aus der n_{B} -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{\text{RSS}}^{(n_{\text{B}})}$ des RSS-Strahlformers |
| $\underline{h}_{\text{d,int.}}^{(n_{\text{C}})}$ | interpolierte Kanalimpulsantwort in der n_{C} -ten Testrichtung $\beta_{\text{RSS,Test}}^{(n_{\text{C}})}$, kurz die n_{C} -te interpolierte Kanalimpulsantwort |
| $\underline{h}_{\text{d,int.}}^{(k,n_{\text{C}})}$ | interpolierte Kanalimpulsantwort des k -ten Mobilfunkteilnehmers in der n_{C} -ten Testrichtung $\beta_{\text{RSS,Test}}^{(n_{\text{C}})}$, kurz die n_{C} -te interpolierte Kanalimpulsantwort des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\hat{\underline{h}}_{\text{d}}^{(n_{\text{B}})}$ | Schätzung der Kanalimpulsantwort aus der n_{B} -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{\text{RSS}}^{(n_{\text{B}})}$ des RSS-Strahlformers |
| $\underline{h}_{\text{d}}^{(k,k_{\text{R}})}$ | Kanalimpulsantwort des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_{R} -ten Hauptempfangsrichtung |
| $\underline{h}_{\text{d}}^{(k,n_{\text{B}})}$ | Kanalimpulsantwort des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der n_{B} -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{\text{RSS}}^{(n_{\text{B}})}$ des RSS-Strahlformers |
| j | Wurzel aus minus eins (imaginäre Einheit) |
| k_{B} | Boltzmann-Konstante |
| l_{a} | Abstand zwischen zwei benachbarten Antennen einer Gruppenantenne bei einer regulären Antennengeometrie |
| $l^{(k_{\text{E}})}$ | Abstand zwischen der k_{E} -ten Empfangsantenne und dem Referenzpunkt der Gruppenantenne |
| $l_{\text{max,a}}$ | maximaler Abstand zwischen zwei Antennen einer Gruppenantenne |
| $\underline{m}_{\text{ges},l}$ | das l -te Element der Gesamtmittambefolge $\underline{m}_{\text{ges}}$. |
| $\underline{m}_i^{(k)}$ | das l -te Mittambelchips der Mittambefolge $\underline{m}^{(k)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{m}^{(k)}$ | Mittambefolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{m}_{\text{ges}}$ | Gesamtmittambefolge |
| $\underline{m}_{\text{ges}}^{(k_{\text{S}})}$ | Gesamtmittambefolge an der k_{S} -ten Sendeantenne |
| $\underline{n}_{\text{d},n}$ | das n -te Element des zur empfangenen kombinierten Symbolfolge \underline{e}_{d} korrespondierenden Störvektors \underline{n}_{d} |

| | |
|--|---|
| $\underline{n}_{m,l}$ | das l -te Element des zur kombinierten empfangenen Mittambelfolge \underline{e}_m korrespondierenden Störvektors \underline{n}_m |
| $\underline{n}_{m,l}^{(k_E)}$ | das l -te Element des zur empfangenen Mittambelfolge $\underline{e}_m^{(k_E)}$ an der k_E -ten Empfangsantenne korrespondierenden Störvektors $\underline{n}_m^{(k_E)}$ |
| $\underline{n}_n^{(k_E)}$ | das n -te Element des Störvektors $\underline{n}^{(k_E)}$ an der k_E -ten Empfangsantenne |
| \underline{n} | kombinierter Störvektor |
| $\underline{n}^{(k_E)}$ | Störvektor an der k_E -ten Empfangsantenne |
| \underline{n}_d | der zur empfangenen kombinierten Symbolfolge \underline{e}_d korrespondierende Störvektor |
| $\underline{n}_d^{(k)}$ | der zur empfangenen Gesamtsymbolfolge $\underline{e}_d^{(k)}$ korrespondierende Störvektor |
| \underline{n}_m | der zur kombinierten empfangenen Mittambelfolge \underline{e}_m korrespondierende Störvektor |
| $\underline{n}_m^{(k)}$ | der zur empfangenen Gesamtmittambelfolge $\underline{e}_m^{(k)}$ korrespondierende Störvektor |
| $\tilde{\underline{n}}_m^{(k)}$ | der zur empfangenen Gesamtmittambelfolge $\underline{e}_m^{(k)}$ an der Empfangsantenne des k -ten Mobilfunkteilnehmers korrespondierende Störvektor |
| $\underline{n}_m^{(k_E)}$ | der zur empfangenen Mittambelfolge $\underline{e}_m^{(k_E)}$ an der k_E -ten Empfangsantenne korrespondierende Störvektor |
| $p(\underline{e}_d \underline{d}_f)$ | bedingten Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der empfangenen kombinierten Symbolfolge \underline{e}_d unter der Bedingung, dass die kombinierte Symbolfolge \underline{d}_f gesendet wurde |
| $p(\underline{e}_m \underline{h}_d)$ | bedingte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der kombinierten empfangenen Mittambelfolge \underline{e}_m unter der Bedingung, dass die Nachrichtenübertragung über die kombinierte Kanalimpulsantwort \underline{h}_d erfolgt ist |
| $p(\underline{n}_d)$ | Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des zur empfangenen kombinierten Symbolfolge \underline{e}_d korrespondierenden Störvektors \underline{n}_d , kurz die Wahrscheinlichkeitsdichte $p(\underline{n}_d)$ der Störung \underline{n}_d |
| $p(\underline{n}_m)$ | Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des zur kombinierten empfangenen Mittambelfolge \underline{e}_m korrespondierenden Störvektors \underline{n}_m , kurz Wahrscheinlichkeitsdichte $p(\underline{n}_m)$ der Störung \underline{n}_m |

| | |
|--|---|
| $p(\tilde{\gamma}_b)$ | Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Signal-zu-Stör-Abstands $\tilde{\gamma}_b$ am Ausgang des Datendetektors |
| $p^{(k_C, k_T)}$ | Parameter, der die durch Reflexionen verursachte Phasendrehung der k_T -ten Teilwelle im k_C -ten Cluster berücksichtigt |
| $r_1^{(k_T)}$ | auf die Länge ein Meter normierte Abstand zwischen dem Referenzpunkt der Sendegruppenantenne und dem k_T -ten Streupunkt |
| $r_2^{(k_T)}$ | auf die Länge ein Meter normierte Abstand zwischen dem k_T -ten Streupunkt und dem Referenzpunkt der Empfangsgruppenantenne |
| $\underline{r}^{(k_E)}$ | das zu einem festem Zeitpunkt empfangene Signal der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{r}_n^{(k_E)}$ | das n -te Element des Nutzdatenvektors $\underline{r}^{(k_E)}$ an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{r}_n^{(k, k_E, k_R)}$ | das n -te Element des Nutzdatenvektors $\underline{r}^{(k, k_E, k_R)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{r}_{\text{ref}, n}^{(k, k_R)}$ | das n -te Element des Nutzdatenvektors $\underline{r}_{\text{ref}}^{(k, k_R)}$ des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung im Referenzpunkt der Empfangsgruppenantenne |
| \underline{r} | Antennenempfangsvektor |
| $\underline{r}^{(k_E)}$ | Nutzdatenvektor an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{r}^{(k, k_E, k_R)}$ | Nutzdatenvektor des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{r}_n^{(k, k_R)}$ | Nutzdatenvektor des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung |
| $\underline{r}_{\text{ref}}^{(k, k_R)}$ | Nutzdatenvektor des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung im Referenzpunkt der Empfangsgruppenantenne |
| $s(t)$ | zeitkontinuierliches Signal |
| $s(\varphi, t_0)$ | raumkontinuierliches Signal |
| t_0 | beliebiger fester Zeitpunkt |
| t_n | äquidistanter Zeitpunkt |
| $t_{\text{pSLP}}(\cdot)$ | Interpolationsfunktion im Raumbereich |

| | |
|---|---|
| v | Geschwindigkeit des Mobilfunkteilnehmers |
| $v_{c,f,m}$ | das m -te Element des Symbolalphabets $\mathbb{V}_{c,f}$ des CDMA-Codes im Frequenzbereich |
| $v_{c,t,m}$ | das m -te Element des Symbolalphabets $\mathbb{V}_{c,t}$ des CDMA-Codes im Zeitbereich |
| $v_{d,m}$ | das m -te Element des Symbolalphabets \mathbb{V}_d der Datensymbole |
| $v_{d_s,m}$ | das m -te Element des Symbolalphabets \mathbb{V}_{d_s} der Sendesymbole |
| $v_{m,\mu}$ | das μ -te Element des Symbolalphabets \mathbb{V}_m der Mittambelchips |
| $\mathbf{v}_{C/I,d}^{(k)}$ | Vektor der C/I des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\mathbf{v}_{C/I,d,int}^{(k)}$ | Vektor der interpolierten C/I des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\mathbf{v}_{\text{SINR},d}^{(k)}$ | Vektor der SINR des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\mathbf{v}_{\text{SINR},d,int}^{(k)}$ | Vektor der interpolierten SINR des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{w}^{(k,k_E,k_R)}$ | das k_E -te Strahlformungsgewicht |
| $\underline{w}_S^{(k_s)}$ | Strahlformungsgewicht der k_s -ten Sendeantenne |
| $\underline{w}_S^{(k_s,n_B)}$ | Strahlformungsgewicht an der k_s -ten Sendeantenne für die n_B -te Hauptstrahlrichtung, kurz das n_B -te richtungsspezifische Strahlformungsgewicht der k_s -ten Sendeantenne |
| $\underline{\mathbf{w}}^{(k,k_R)}$ | Vektor der Strahlformungsgewichte |
| $\underline{\mathbf{w}}_{\text{KSF}}^{(k,k_R)}$ | Gewichtsvektor des konventionellen Strahlformers |
| $\underline{\mathbf{w}}_{\text{NSF}}^{(k,k_R)}$ | Gewichtsvektor des nullenstuernden Strahlformers |
| $\underline{\mathbf{w}}_S$ | Gewichtsvektor |
| $\underline{\mathbf{A}}$ | kombinierte Systemmatrix |
| $\underline{\mathbf{A}}^{(k_E,k_S)}$ | Systemmatrix zwischen der k_S -ten Sendeantenne und der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\underline{\mathbf{A}}_d$ | kombinierte richtungsabhängige Systemmatrix |
| $\underline{\mathbf{A}}_{d,\text{RSS}}$ | kombinierte richtungsabhängige Systemmatrix unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung |
| $\hat{\underline{\mathbf{A}}}_{d,\text{RSS}}$ | Schätzung der kombinierten richtungsabhängigen Systemmatrix unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung |
| $\underline{\mathbf{A}}_d^{(k)}$ | richtungsabhängige Systemmatrix des k -ten Mobilfunkteilnehmers |

| | |
|--|---|
| $\underline{A}_{DL}^{(k)}$ | Systemmatrix des k -ten Mobilfunkteilnehmers in der Abwärtsstrecke (engl. „DownLink“, DL) |
| $\hat{\underline{A}}_{DL}^{(k)}$ | Schätzung der Systemmatrix des k -ten Mobilfunkteilnehmers in der Abwärtsstrecke |
| \underline{A}_S | Systemmatrix zur Beschreibung der kombinierten empfangenen Mittambefolge \underline{e}_m |
| $\underline{A}_S^{(k_E)}$ | empfangsantennenspezifische Systemmatrix |
| $\underline{A}_S^{(k_E, k_R)}$ | empfangsantennen- und richtungsspezifische Systemmatrix |
| $\underline{A}_S^{(k, k_E, k_R)}$ | teilnehmer-, empfangsantennen- und richtungsspezifische Systemmatrix |
| B | Bandbreite des Signals, kurz Bandbreite |
| B_G | Gesamtübertragungsbandbreite |
| B_R | räumliche Bandbreite |
| B_T | Teilnehmerbandbreite |
| \underline{B} | beliebige komplexe $KK_R W \times KK_R W$ -Matrix |
| \underline{B}_S | kombinierte Steuermatrix |
| $\underline{B}_{S, RSS}$ | Steuermatrix des RSS-Strahlformers |
| $\underline{B}_S^{(k)}$ | Steuermatrix des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{B}_{S, NSF}^{(k, k_R)}$ | Steuermatrix des nullensteuernden Strahlformers |
| $(C/I)_d^{(k, n_B)}$ | mit dem k -ten Mobilfunkteilnehmer korrespondierende Träger-zu-Interferenz-Verhältnis in der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{RSS}^{(n_B)}$ des RSS-Strahlformers, kurz das C/I des k -ten Mobilfunkteilnehmers in der n_B -ten Hauptstrahlrichtung |
| $(C/I)_{d, \text{int.}}^{(k, n_c)}$ | das interpolierte Träger-zu-Interferenz-Verhältnis des k -ten Mobilfunkteilnehmers in der n_c -ten Testrichtung $\beta_{RSS, \text{test}}^{(n_c)}$, kurz das n_c -te interpolierte C/I des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\text{CRLB}\left(\hat{\underline{h}}_{d, \text{RSS}, w}\right)$ | Cramer-Rao-Schranke für das w -te Element $\hat{h}_{d, \text{RSS}, w}$ der RSS-Schätzung $\hat{\underline{h}}_{d, \text{RSS}}$ der kombinierten Kanalimpulsantwort, kurz Cramer-Rao-Schranke für die Schätzung $\hat{h}_{d, \text{RSS}, w}$ des w -ten Kanalkoeffizienten, siehe auch $\text{CRLB}\big _{\hat{\underline{h}}_{d, \text{RSS}, w}}$ |
| $\text{CRLB}\left(\hat{\underline{h}}_{d, \text{RSS}}\right)$ | Cramer-Rao-Schranke für die RSS-Schätzung $\hat{\underline{h}}_{d, \text{RSS}}$ der kombinierten Kanalimpulsantwort, kurz CRLB für die RSS-Kanalschätzung |

| | |
|--|--|
| $\text{CRLB}_{\hat{h}_{d,\text{RSS},w}}$ | Cramer-Rao-Schranke für das w -te Element $\hat{h}_{d,\text{RSS},w}$ der RSS-Schätzung $\hat{\underline{h}}_{d,\text{RSS}}$ der kombinierten Kanalimpulsantwort, kurz Cramer-Rao-Schranke für die Schätzung $\hat{h}_{d,\text{RSS},w}$ des w -ten Kanalkoeffizienten, siehe auch $\text{CRLB}(\hat{h}_{d,\text{RSS},w})$ |
| \mathbb{C} | die Menge der komplexen Zahlen |
| $\underline{\mathbf{C}}_f^{(k)}$ | Spreizmatrix im Frequenzbereich |
| $\underline{\mathbf{C}}_t^{(k)}$ | Spreizmatrix im Zeitbereich |
| $D_S^{(n_z)}$ | Durchmesser der Streuer im n_z -ten Streuzentrum |
| $D_Z^{(n_z)}$ | Durchmesser des n_z -ten Streuzentrums |
| $\underline{\mathbf{D}}$ | Matrix der inversen diskreten Fouriertransformation |
| E_b | einem einzigen Datenbit am Empfängereingang zugeordnete mittlere Bitenergie |
| $E_{b,S}$ | einem einzigen Datenbit im Sender vor der Anwendung des Strahlformungsverfahrens zugeordnete mittlere Bitenergie |
| $E_d(\varphi)$ | Winkel-Leistungsspektrum |
| E_h | die zur Schätzung von jeweils N_B Kanalkoeffizienten zur Verfügung stehende mittlere Energie am Eingang des RSS-Kanalschätzers |
| $E_{d,\text{ges.}}^{(n_B)}$ | die gesamte empfangene Energie aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{\text{RSS}}^{(n_B)}$ des RSS-Strahlformers, kurz die gesamte empfangene Energie $E_{d,\text{ges.}}^{(n_B)}$ aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung |
| $E_d^{(k,n_B)}$ | mit dem k -ten Mobilfunkteilnehmer korrespondierende Empfangsenergie aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{\text{RSS}}^{(n_B)}$ des RSS-Strahlformers |
| $E_{d,\text{int.}}^{(k,n_C)}$ | mit dem k -ten Mobilfunkteilnehmer korrespondierende interpolierte Empfangsenergie in der n_C -ten Testrichtung $\beta_{\text{RSS,test}}^{(n_C)}$, kurz die n_C -te interpolierte Empfangsenergie |
| $E_{d,\text{int.},M1}^{(k,n_C)}$ | die n_C -te interpolierte Empfangsenergie des k -ten Mobilfunkteilnehmers bei Verwendung von M1, kurz die n_C -te interpolierte Empfangsenergie bei Verwendung von M1 |
| $E_{d,\text{int.},M2}^{(k,n_C)}$ | die n_C -te interpolierte Empfangsenergie des k -ten Mobilfunkteilnehmers bei Verwendung von M2, kurz die n_C -te interpolierte Empfangsenergie bei Verwendung von M2 |
| E_S | Signalenergie |

| | |
|---|---|
| \underline{E}_d | Matrix der Empfangsenergien des RSS-Strahlformers, kurz Matrix der Empfangsenergien |
| $\widehat{\underline{E}}_d$ | Schätzung der Matrix der Empfangsenergien |
| $\underline{E}_{d,\text{int.}}$ | Matrix der interpolierten Empfangsenergien |
| $\underline{E}_{d,m}$ | empfangene richtungsabhängige Mittambelmatrix |
| \underline{E}_m | Matrix der empfangenen Mittambelfolgen, kurz empfangene Mittambelmatrix |
| \underline{G} | Mittambelmatrix |
| $\underline{G}^{(k)}$ | Toeplitz-Matrix der Mittambelfolge des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{H}_{\text{ges},d}^{(k)}$ | mit dem Sender und dem k -ten Mobilfunkteilnehmer korrespondierende Gesamtkanalmatrix zur Übertragung der Gesamtsendefolge $\underline{d}_{\text{S,ges.}}$ |
| $\underline{H}_{\text{ges},m}^{(k)}$ | mit dem Sender und dem k -ten Mobilfunkteilnehmer korrespondierende Gesamtkanalmatrix zur Übertragung der Gesamtmittambelfolge $\underline{m}_{\text{ges.}}$ |
| $\underline{H}_m^{(k,k_s)}$ | mit dem k -ten Mobilfunkteilnehmer und der k_s -ten Sendeantenne korrespondierende Kanalmatrix zur Übertragung der Gesamtmittambelfolge $\underline{m}_{\text{ges.}}$ |
| \underline{H}_d | Matrix der Kanalimpulsantworten des RSS-Strahlformers, kurz Kanalimpulsantwortmatrix |
| $\underline{H}_{d,\text{int.}}$ | Matrix der interpolierten Kanalimpulsantworten |
| $\widehat{\underline{H}}_{d,\text{RSS}}$ | Schätzung der Kanalimpulsantwortmatrix |
| $\underline{H}_d^{(k)}$ | kombinierte richtungsabhängige Kanalmatrix des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| $\underline{H}_d^{(k,k_R)}$ | richtungsabhängige Kanalmatrix des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung |
| $\underline{I}_F(\underline{h}_{d,\text{RSS}})$ | Fisher-Informationsmatrix der kombinierten Kanalimpulsantwort $\underline{h}_{d,\text{RSS}}$ unter der Berücksichtigung von RSS-Strahlformung |
| \underline{I}_{Q_f} | $Q_f \times Q_f$ Einheitsmatrix |
| K | Anzahl der Mobilfunkteilnehmer |
| K_C | Anzahl von Clustern |

| | |
|---|---|
| K_E | Anzahl von Empfangsantennen |
| K_I | Anzahl von gerichteten Störern |
| K_R | Anzahl von Hauptempfangsrichtungen |
| K_S | Anzahl von Sendeantennen |
| K_T | Anzahl von Teilwellen |
| $K_T^{(k_c)}$ | Anzahl von Teilwellen im k_c -ten Cluster |
| L | Anzahl von zur Kanalschätzung verwendeten Mittabelchips |
| L_m | Anzahl von Mittabelchips |
| M | Anzahl von Monte-Carlo-Versuchen |
| $MSE\left(\hat{\underline{h}}_{d,RSS,w}\right)$ | mittlere quadratische Schätzfehler des w -ten Elements $\hat{h}_{d,RSS,w}$, der RSS-Schätzung $\hat{\underline{h}}_{d,RSS}$ der kombinierten Kanalimpulsantwort, kurz mittlere quadratische Schätzfehler der Schätzung $\hat{\underline{h}}_{d,RSS,w}$ des w -ten Kanalkoeffizienten |
| $MSE\left(\hat{\underline{h}}_{d,RSS}\right)$ | mittlere quadratische Schätzfehler der RSS-Schätzung $\hat{\underline{h}}_{d,RSS}$ der kombinierten Kanalimpulsantwort, kurz MSE der RSS-Kanalschätzung |
| $MSE _{\hat{\beta}^{(k)}}$ | mittlere quadratische Schätzfehler der Schätzung $\hat{\beta}^{(k)}$ der primären Empfangsrichtung, kurz MSE der RSS-DOA-Schätzung |
| $M_{c,f}$ | Wertigkeit des Symbolalphabets $\mathbb{V}_{c,f}$ des CDMA-Codes im Frequenzbereich |
| $M_{c,t}$ | Wertigkeit des Symbolalphabets $\mathbb{V}_{c,t}$ des CDMA-Codes im Zeitbereich |
| M_d | Wertigkeit des Symbolalphabets \mathbb{V}_d der Datensymbole |
| M_{d_s} | Wertigkeit des Symbolalphabets \mathbb{V}_{d_s} der Sendesymbole |
| M_m | Wertigkeit des Symbolalphabets \mathbb{V}_m der Mittabelchips |
| $\underline{M}_{ges.}$ | Gesamtmittabelmatrix der Sendegruppenantenne |
| \underline{M}_R | Entzerrer im Raumbereich |
| \underline{M}_Z | Entzerrer im Zeitbereich |
| N | Anzahl von Datensymbolen |

| | |
|------------------------------------|---|
| N_0 | Spektrale Leistungsdichte der Störung am Empfängereingang, kurz spektrale Leistungsdichte der Störung ($N_0 = N_f k_B T_0$) |
| N_a | Anzahl von Abtastwerten im Zeitbereich |
| N_φ | Anzahl von Abtastwerten im Raumbereich |
| $N_{b,f}(\gamma)$ | Anzahl von fehlerhaft detektierten Bits |
| $N_{b,\bar{u}}(\gamma)$ | Anzahl von übertragenen Bits |
| $N_{\text{blk},f}(\gamma)$ | Anzahl von fehlerhaften Blocks |
| $N_{\text{blk},\bar{u}}(\gamma)$ | Anzahl von übertragenen Blocks |
| N_B | Anzahl von Strahlen (engl. „Beam“) |
| N_{Burst} | Anzahl von Bursts |
| N_C | Anzahl von zu testenden Hauptstrahlrichtungen (engl. „Candidate Angle“) des RSS-Strahlformers, kurz Anzahl von Testrichtungen |
| $N_p^{(n_z)}$ | Anzahl von Streupunkten je Streuer im n_z -ten Streuzentrum |
| N_F | Rauschzahl des Empfängers |
| N_S | Anzahl von Sendesymbolen |
| $N_S^{(n_z)}$ | Anzahl von Streuern im n_z -ten Streuzentrum |
| N_Z | Anzahl von Streuzentren |
| N_β | Anzahl von primären Empfangsrichtungen $\beta^{(k)}$ |
| $P_b(\gamma)$ | Bitfehlerwahrscheinlichkeit |
| $\widehat{P}_b(\gamma)$ | Bitfehlerverhältnis |
| $\widehat{P}_{\text{blk}}(\gamma)$ | Blockfehlerverhältnis |
| $P_{b,\text{AWGN}}(\gamma)$ | AWGN-Bound |
| $P_{b,\text{MFB}}(\gamma_b)$ | Matched-Filter-Bound |
| $P_{b,\text{Rayleigh}}(\gamma)$ | Rayleigh-Bound |
| Q_f | Spreizfaktor im Frequenzbereich |
| Q_t | Spreizfaktor im Zeitbereich |
| Q_S | Anzahl von Subträgern |

| | |
|---|---|
| $\underline{R}_h(\tau_1, \tau_2, t_1, t_2)$ | Autokorrelationsfunktion der zeitvarianten Kanalimpulsantwort $\underline{h}(\tau, t)$ |
| \underline{R} | Antennenkorrelationsmatrix |
| $\underline{R}_{\text{DOA}}$ | Korrelationsmatrix zur Beschreibung der räumlichen Korrelationseigenschaften des durch die Vielfachzugriffsinterferenz hervorgerufenen Anteils des Störvektors \underline{n}_m |
| $\underline{R}_{\underline{e}_d}$ | Korrelationsmatrix des zur empfangenen kombinierten Symbolfolge \underline{e}_d korrespondierenden Störvektors \underline{n}_d , kurz Korrelationsmatrix $\underline{R}_{\underline{e}_d}$ der Störung \underline{n}_d |
| $\underline{R}_{\underline{e}_d^{(k)}}$ | Korrelationsmatrix des zur empfangenen Gesamtsymbolfolge $\underline{e}_d^{(k)}$ korrespondierenden Störvektors $\underline{n}_d^{(k)}$, kurz Korrelationsmatrix $\underline{R}_{\underline{e}_d^{(k)}}$ der Störung $\underline{n}_d^{(k)}$ |
| $\underline{R}_{\underline{e}_m}$ | Korrelationsmatrix des zur kombinierten empfangenen Mittambelfolge \underline{e}_m korrespondierenden Störvektors \underline{n}_m , kurz Korrelationsmatrix $\underline{R}_{\underline{e}_m}$ der Störung \underline{n}_m |
| $\underline{R}_{\underline{e}_m^{(k)}}$ | Korrelationsmatrix des zur empfangenen Gesamtmittambelfolge $\underline{e}_m^{(k)}$ korrespondierenden Störvektors $\underline{n}_m^{(k)}$, kurz Korrelationsmatrix $\underline{R}_{\underline{e}_m^{(k)}}$ der Störung $\underline{n}_m^{(k)}$ |
| $\widetilde{\underline{R}}_{\underline{n}_m}$ | Korrelationsmatrix zur Beschreibung der zeitlichen Korrelationseigenschaften des durch die Vielfachzugriffsinterferenz hervorgerufenen Anteils des Störvektors \underline{n}_m |
| $\widetilde{\underline{R}}_{\text{th}}$ | Korrelationsmatrix zur Beschreibung der zeitlichen Korrelationseigenschaften des durch das thermische Rauschen hervorgerufenen Anteils des Störvektors \underline{n}_m |
| $\underline{R}_{\underline{n}_m}^{(1)}$ | Anteil der Korrelationsmatrix $\underline{R}_{\underline{n}_m}$ der Störung \underline{n}_m , welcher die Vielfachzugriffsinterferenz berücksichtigt |
| $\underline{R}_{\underline{n}_m}^{(N)}$ | Anteil der Korrelationsmatrix $\underline{R}_{\underline{n}_m}$ der Störung \underline{n}_m , welcher das thermische Rauschen berücksichtigt |
| $S(\tau, f_D)$ | Streuungsfunktion |
| $\text{SINR}_d^{(k, n_B)}$ | mit dem k -ten Mobilfunkteilnehmer korrespondierende Signal-zu-Interferenz-und-Stör-Verhältnis in der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\beta_{\text{RSS}}^{(n_B)}$ des RSS-Strahlformers, kurz das SINR des k -ten Mobilfunkteilnehmers in der n_B -ten Hauptstrahlrichtung $\text{SINR}_d^{(k, n_B)}$ |

| | |
|---|--|
| $\text{SINR}_{\text{d, int.}}^{(k, n_c)}$ | das interpolierte SINR des k -ten Mobilfunkteilnehmers in der n_c -ten Testrichtung $\beta_{\text{RSS, test}}^{(n_c)}$, kurz das n_c -te interpolierte SINR des k -ten Mobilfunkteilnehmers |
| T_0 | absolute Temperatur in Kelvin |
| T_a | Abtastperiode |
| T_C | Chipperiode |
| T_G | Schutzzeit |
| T_S | Symbolperiode |
| \mathbf{T}_{PSLP} | Interpolationsmatrix im Raumbereich |
| $\mathbb{V}_{\text{c, f}}$ | $M_{\text{c, f}}$ -wertiger Symbolalphabet der CDMA-Codes im Frequenzbereich |
| $\mathbb{V}_{\text{c, t}}$ | $M_{\text{c, t}}$ -wertiger Symbolalphabet der CDMA-Codes im Zeitbereich |
| \mathbb{V}_{d} | M_{d} -wertiger Symbolalphabet der Datensymbole |
| \mathbb{V}_{d_s} | M_{d_s} -wertiger Symbolalphabet der Sendesymbole |
| \mathbb{V}_{m} | M_{m} -wertiger Symbolalphabet der Mittambelchips |
| W | Anzahl von Abtastwerten des zeitdiskreten Mobilfunkkanals |
| \mathbf{W}_S | Gewichtsmatrix |
| $\alpha^{(k_E)}$ | Winkel zwischen der Referenzlinie der Gruppenantenne und der Verbindungslinie zwischen dem Referenzpunkt der Gruppenantenne und der k_E -ten Empfangsantenne, kurz der mit der k_E -ten Empfangsantenne korrespondierende Winkel |
| $\alpha^{(k_c, k_T)}$ | Amplitude der k_T -ten Teilwelle im k_c -ten Cluster |
| β | beliebiger Winkel |
| $\beta^{(k)}$ | primäre Empfangsrichtung des k -ten Mobilfunkteilnehmers, kurz primäre Empfangsrichtung |
| $\hat{\beta}^{(k)}$ | Schätzung der primären Empfangsrichtung |
| $\hat{\beta}_{\text{M1}}^{(k)}$ | Schätzung der primären Empfangsrichtung bei Verwendung von M1 |
| $\hat{\beta}_{\text{M2}}^{(k)}$ | Schätzung der primären Empfangsrichtung bei Verwendung von M2 |
| $\hat{\beta}_{\text{M3}}^{(k)}$ | Schätzung der primären Empfangsrichtung bei Verwendung von M3 |
| $\hat{\beta}_{\text{M4}}^{(k)}$ | Schätzung der primären Empfangsrichtung bei Verwendung von M4 |

| | |
|--|---|
| β_0 | beliebiger Winkelversatz in der Ebene |
| $\beta_{\text{RSS}}^{(n_b)}$ | die n_b -te Hauptstrahlrichtung des RSS-Strahlformers, beschreibt den Winkel zwischen der n_b -ten Hauptstrahlrichtung des RSS-Strahlformers und der Referenzlinie der Gruppenantenne |
| $\beta_{\text{RSS, test}}^{(n_c)}$ | die n_c -te zu testenden Hauptstrahlrichtung (engl. „Candidate Angle“) des RSS-Strahlformers, kurz die n_c -te Testrichtung, beschreibt den Winkel zwischen der n_c -ten Testrichtung (zu testenden Hauptstrahlrichtung) des RSS-Strahlformers und der Referenzlinie der Gruppenantenne |
| $\beta^{(k, k_R)}$ | Winkel zwischen der k_R -ten Hauptempfangsrichtung des k -ten Mobilfunkteilnehmers und der Referenzlinie der Gruppenantenne |
| γ_R | Dämpfungsfaktor der Teilwellen in einem Cluster (engl. „Ray Decay Factor“) |
| γ | mittlerer Signal-zu-Stör-Abstand am Empfängereingang, kurz mittlerer Signal-zu-Stör-Abstand |
| γ_b | mittlerer Signal-zu-Stör-Abstand am Ausgang des Datendetektors |
| $\tilde{\gamma}_b$ | Signal-zu-Stör-Abstand am Ausgang des Datendetektors |
| γ_h | mittlerer Signal-zu-Stör-Abstand der Kanalkoeffizienten am Eingang des RSS-Kanalschätzers, kurz mittlerer Signal-zu-Stör-Abstand der Kanalkoeffizienten |
| γ_{DL} | mittlerer Signal-zu-Stör-Abstand in der Abwärtsstrecke |
| δ | Auflösung der Schätzung der primären Empfangsrichtung bei der Verwendung des RSS-DOA-Schätzers, kurz die Auflösung der RSS-DOA-Schätzung |
| $\delta(\cdot)$ | Dirac'sche Deltafunktion |
| $\underline{g}(\tau, t, \varphi)$ | zeitvariante räumliche Kanalimpulsantwortdichte im Referenzpunkt der Empfangsgruppenantenne |
| $\underline{g}^{(k, k_E)}(\tau, t, \varphi)$ | zeitvariante räumliche Kanalimpulsantwortdichte für den k -ten Mobilfunkteilnehmer an der k_E -ten Empfangsantenne |
| $\theta^{(k_T)}$ | Nullphasenwinkel der k_T -ten Teilwelle |
| $\theta^{(k_C, k_T)}$ | Nullphasenwinkel der k_T -ten Teilwelle im k_C -ten Cluster |
| λ_R | Ankunftsrate der Teilwellen in einem Cluster (engl. „Ray Arrival Rate“) |

| | |
|--------------------------------|---|
| λ_0 | Wellenlänge der ausgestrahlten Funkwellen |
| $\rho_T(\tau, 0)$ | Verzögerungs-Leistungsspektrum |
| $\rho_T(\tau_1, \Delta t)$ | Verzögerungs-Zeit-Korrelationsfunktion |
| σ_{Laplace} | Standardabweichung der Laplaceverteilung |
| τ | Verzögerungszeit, kurz Verzögerung |
| $\tau^{(k_T)}$ | Verzögerung der k_T -ten Teilwelle |
| $\tau^{(k_C, k_T)}$ | Verzögerung der k_T -ten Teilwelle im k_C -ten Cluster |
| $\tau_{\text{max,a}}$ | maximale Verzögerung einer Teilwelle während ihrer Ausbreitung über die Empfangsgruppenantenne |
| τ_{max} | maximale Verzögerung |
| φ | Winkel, siehe auch ϕ |
| φ_n | äquidistanter Winkel |
| $\varphi_E^{(k_T)}$ | Einfallsrichtung der k_T -ten Teilwelle |
| $\varphi_E^{(k_C, k_T)}$ | Einfallsrichtung der k_T -ten Teilwelle im k_C -ten Cluster |
| $\varphi_S^{(k_T)}$ | Ausfallsrichtung der k_T -ten Teilwelle |
| $\varphi_S^{(k_C, k_T)}$ | Ausfallsrichtung der k_T -ten Teilwelle im k_C -ten Cluster |
| $A^{(k_C)}$ | mittlere Dämpfung des k_C -ten Clusters |
| Γ_C | Cluster Dämpfungsfaktor (engl. „Cluster Decay Factor“) |
| Δt | Zeitdifferenz |
| \underline{A} | Verwürfelungsmatrix |
| $\mathcal{O}_F(f, t, \varphi)$ | Fouriertransformierte der zeitvarianten räumlichen Kanalimpulsantwortdichte $\underline{g}(\tau, t, \varphi)$ im Referenzpunkt der Empfangsgruppenantenne bezüglich der Verzögerung τ , kurz Fouriertransformierte der zeitvarianten räumlichen Kanalimpulsantwortdichte $\underline{g}(\tau, t, \varphi)$ |
| Λ_C | Ankunftsrate der Cluster (engl. „Cluster Arrival Rate“) |
| $T^{(k_C)}$ | Verzögerung des k_C -ten Clusters |
| ϕ | Winkel, siehe auch φ |
| $\Phi_E^{(k_C)}$ | Einfallsrichtung des k_C -ten Clusters |

| | |
|--|---|
| $\Phi_S^{(k_C)}$ | Ausfallsrichtung des k_C -ten Clusters |
| $\psi_{\text{RSS}}^{(k_E, n_B)}$ | Phasenverschiebung des Empfangssignals aus der n_B -ten Hauptstrahlrichtung des RSS-Strahlformers an der k_E -ten Empfangsantenne gegenüber der Phase desselben Signals an einer gedachten Antenne im RP der Gruppenantenne |
| $\psi^{(k, k_E, k_R)}$ | Phasenverschiebung des Empfangssignals des k -ten Mobilfunkteilnehmers aus der k_R -ten Hauptempfangsrichtung an der k_E -ten Empfangsantenne gegenüber der Phase desselben Signals an einer gedachten Antenne im RP der Gruppenantenne |
| $\underline{\theta}$ | beliebiger komplexer Parametervektor |
| $\cos(\cdot)$ | Kosinusfunktion |
| $\det[\cdot]$ | Determinante von $[\cdot]$ |
| $\text{diag}[\cdot]$ | Hauptdiagonale von $[\cdot]$ |
| $\exp(\cdot)$ | Exponentialfunktion |
| $\ln(\cdot)$ | natürliche Logarithmus von \cdot |
| $\log_2(\cdot)$ | dualische Logarithmus von \cdot |
| $\log_{10}(\cdot)$ | dekadische Logarithmus von \cdot |
| $\text{mod}(\cdot)$ | Modulo von \cdot |
| $\text{si}(\cdot)$ | si-Funktion, $\text{si}(\cdot) = \text{sin}(\cdot)/\cdot$ |
| $\text{vec}[\cdot]$ | Transformation, welche die Spalten der Matrix $[\cdot]$ in einem Vektor übereinander stapelt |
| $E\{\cdot\}$ | Erwartungswert von \cdot |
| $Q(\cdot)$ | Q-Funktion |
| $\text{Re}\{\cdot\}$ | Realteil von \cdot |
| $\frac{\partial \cdot}{\partial \underline{\theta}}$ | komplexer Gradient von \cdot bezüglich eines beliebigen komplexen Parametervektors $\underline{\theta}$ |
| $ \cdot $ | Betrag von \cdot |
| $[\cdot]^H$ | Transposition und komplexe Konjugation einer Matrix (Hermitesche einer Matrix) |
| $[\cdot]^T$ | Transposition einer Matrix $[\cdot]$ |

- $[\cdot]^*$ komplexe Konjugation einer Matrix $[\cdot]$
- \otimes Kroneckerprodukt
- $^\circ$ Einheit des Winkels in Grad

Häufig verwendete Abkürzungen

| | |
|-----------|--|
| 1G-System | Mobilfunksystem der ersten Generation, z.B. C-Netz und AMPS [Jun97] |
| 2G-System | Mobilfunksystem der zweiten Generation, z.B. GSM [MoP92] |
| 3G-System | Mobilfunksystem der dritten Generation, z.B. UMTS [PrO98] und IMT-2000 [Cal94] |
| 3GPP | Third <u>G</u> eneration <u>P</u> artnership <u>P</u> roject [Hil02] |
| 4G-System | Mobilfunksystem der vierten Generation |
| fix. p. | <u>F</u> ixed <u>P</u> oint |
| fl. p. | <u>F</u> loating <u>P</u> oint |
| A/D | <u>A</u> nalog-zu- <u>D</u> igital |
| AGC | <u>A</u> utomatic <u>G</u> ain <u>C</u> ontrol |
| AMPS | <u>A</u> dvanced <u>M</u> obile <u>P</u> hone <u>S</u> ervice [OjP01] |
| AMR | <u>A</u> daptive <u>M</u> ulti <u>R</u> ate |
| B3G | <u>B</u> eyond <u>3G</u> (Mobilfunksysteme nach der dritten Generation) |
| Bit | <u>B</u> inary <u>D</u> igit |
| BER | <u>B</u> it <u>E</u> rror <u>R</u> atio |
| BLER | <u>B</u> lock <u>E</u> rror <u>R</u> atio |
| BLUE | <u>B</u> est <u>L</u> inear <u>U</u> nbiased <u>E</u> stimator |
| BS | <u>B</u> ase <u>S</u> tation [Kor01] |
| CDMA | <u>C</u> ode <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess |
| C/I | <u>C</u> arrier-to- <u>I</u> nterference Ratio (Träger-zu-Interferenz-Verhältnis) |
| CML | <u>C</u> onditional <u>M</u> aximum- <u>L</u> ikelihood |
| COST | <u>C</u> Ooperation européenne dans le domaine de la recherche <u>S</u> cientifique et <u>T</u> echnique |
| CRC | <u>C</u> yclic <u>R</u> edundancy <u>C</u> heck |
| CRLB | <u>C</u> ramer- <u>R</u> ao <u>L</u> ower <u>B</u> ound |
| DoA | <u>D</u> irections- <u>o</u> f- <u>A</u> rrival (Empfangsrichtung) |

| | |
|----------|---|
| DFT | <u>D</u> iscrete <u>F</u> ourier <u>T</u> ransform |
| DL | <u>D</u> own <u>L</u> ink |
| DML | <u>D</u> eterministic <u>M</u> aximum- <u>L</u> ikelihood |
| DS-CDMA | <u>D</u> irect <u>S</u> equence- <u>C</u> ode <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess |
| DSP | <u>D</u> igital <u>S</u> ignal <u>P</u> rocessor |
| ESPRIT | <u>E</u> stimation of <u>S</u> ignal <u>P</u> arameter via <u>R</u> otational <u>I</u> nvariance <u>T</u> echniques [PRK86], in [RoK89] als <u>E</u> stimation of <u>S</u> ignal <u>P</u> arameters via <u>R</u> otational <u>I</u> nvariance <u>T</u> echniques bezeichnet |
| ETSI | <u>E</u> uropean <u>T</u> elecommunications <u>S</u> tandards <u>I</u> nstitute |
| FDD | <u>F</u> requency <u>D</u> omain <u>D</u> uplex [Jun97] |
| FDMA | <u>F</u> requency <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess |
| FFH | <u>F</u> ast <u>F</u> requency <u>H</u> opping |
| FFH/OFDM | <u>F</u> ast <u>F</u> requency <u>H</u> opping / <u>O</u> rthogonal <u>F</u> requency <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiplexing |
| FFT | <u>F</u> ast <u>F</u> ourier <u>T</u> ransform |
| FPGA | <u>F</u> ield <u>P</u> rogrammable <u>G</u> ate <u>A</u> rray |
| GAA | <u>G</u> aussian <u>A</u> ngle of <u>A</u> rrival |
| GSM | <u>G</u> lobal <u>S</u> ystem for <u>M</u> obile <u>C</u> ommunications [MoP92] |
| GWSSUS | <u>G</u> aussian <u>W</u> ide <u>S</u> ense <u>S</u> tationary <u>U</u> ncorrelated <u>S</u> cattering |
| HF | <u>H</u> och <u>F</u> requenz |
| HW | <u>H</u> ard <u>w</u> are |
| IDFT | <u>I</u> nverse <u>D</u> iscrete <u>F</u> ourier <u>T</u> ransform |
| IEEE | <u>I</u> nstitute of <u>E</u> lectrical and <u>E</u> lectronics <u>E</u> ngineers [WSA03] |
| IMT-2000 | <u>I</u> nternational <u>M</u> obile <u>T</u> elecommunications 2000 [CaI94] |
| ITU | <u>I</u> nternational <u>T</u> elecommunications <u>U</u> nion [PrO98] |
| LLR | <u>L</u> og- <u>L</u> ikelihood- <u>R</u> atio (Logarithmische Wahrscheinlichkeitsdichte) |
| LOS | <u>L</u> ine- <u>o</u> f- <u>S</u> ight |
| M1 | erste Methode |

| | |
|------------|---|
| M2 | zweite Methode |
| M3 | dritte Methode |
| M4 | vierte Methode |
| MAC | <u>M</u> ultiply <u>A</u> nd <u>A</u> ccumulate |
| MIMO | <u>M</u> ultiple <u>I</u> nput <u>M</u> ultiple <u>O</u> utput [GSS03] |
| MIPS | <u>M</u> illion <u>I</u> nstructions <u>P</u> er <u>S</u> econd |
| MBS | <u>M</u> obile <u>B</u> roadband <u>S</u> ystem [Fer95] |
| MC-CDMA | <u>M</u> ulti <u>C</u> arrier- <u>C</u> ode <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess |
| MC-DS-CDMA | <u>M</u> ulti <u>C</u> arrier- <u>D</u> irect <u>S</u> equence- <u>C</u> ode <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess |
| MF | <u>M</u> atched <u>F</u> ilter (signalangepasstes Filter) |
| MFB | <u>M</u> atched- <u>F</u> ilter- <u>B</u> ound |
| ML | <u>M</u> aximum- <u>L</u> ikelihood |
| MMSE | <u>M</u> inimum- <u>M</u> ean- <u>S</u> quared- <u>E</u> rror |
| MUSIC | <u>M</u> Ultiple <u>S</u> ignal <u>C</u> lassification [Sch86] |
| MVDR | <u>M</u> inimum <u>V</u> ariance <u>D</u> istortionless <u>R</u> esponse |
| MS | <u>M</u> obile <u>S</u> tation [Kor01] |
| MSE | <u>M</u> ean <u>S</u> quare <u>E</u> rror [Kay93] |
| NMT | <u>N</u> ordic <u>M</u> obile <u>T</u> elephone [OjP01] |
| OFDM | <u>O</u> rthogonal <u>F</u> requency <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiplexing |
| OVSF | <u>O</u> rthogonal <u>V</u> ariable <u>S</u> preading <u>F</u> actor |
| P/S | <u>P</u> arallel-zu- <u>S</u> eriell |
| QPSK | <u>Q</u> uadrature <u>P</u> hase <u>S</u> hift <u>K</u> eyping [Lin05, Lük95] |
| RC | <u>R</u> aised- <u>C</u> osine |
| RF | <u>R</u> adio <u>F</u> requency |
| RP | <u>R</u> eferenzpunkt |
| RL | <u>R</u> eferenzlinie |
| RRC | <u>R</u> oot- <u>R</u> aised- <u>C</u> osine |

| | |
|----------|--|
| RSS | <u>R</u> egular <u>S</u> patial <u>S</u> ampling (reguläre Abtastung des Raumes) [SHK04, SKH04] |
| SDMA | <u>S</u> pace <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess |
| SINR | <u>S</u> ignal-to- <u>I</u> nterference-and- <u>N</u> oise <u>R</u> atio (Signal-zu-Interferenz-und-Stör-Verhältnis) |
| SIR | <u>S</u> ignal-to- <u>I</u> nterference- <u>R</u> atio (Signal-zu-Interferenz-Verhältnis) |
| SML | <u>S</u> tochastic <u>M</u> aximum- <u>L</u> ikelihood |
| SNR | <u>S</u> ignal-to- <u>N</u> oise <u>R</u> atio (Signal-zu-Stör-Verhältnis) |
| STAP | <u>S</u> pace <u>T</u> ime <u>A</u> daptive <u>P</u> rocessing |
| SV | <u>S</u> aleh- <u>V</u> alenzuela |
| TD-CDMA | <u>T</u> ime <u>D</u> ivision – <u>C</u> ode <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess [OjP01] |
| TDD | <u>T</u> ime <u>D</u> omain <u>D</u> uplex [Jun97] |
| TDMA | <u>T</u> ime <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess |
| TD-SCDMA | <u>T</u> ime <u>D</u> ivision – <u>S</u> ynchronous <u>C</u> ode <u>D</u> ivision <u>M</u> ultiple <u>A</u> ccess [Kam00] |
| TrCH | <u>T</u> ransport <u>C</u> Hannel |
| TI | <u>T</u> exas <u>I</u> nstruments |
| TR | <u>T</u> echnical <u>R</u> eport |
| UCA | <u>U</u> niform <u>C</u> ircular <u>A</u> rray (zirkulare Gruppenantenne) |
| ULA | <u>U</u> niform <u>L</u> inear <u>A</u> rray (lineare Gruppenantenne) |
| UPA | <u>U</u> niform <u>P</u> lanar <u>A</u> rray (planare Gruppenantenne) |
| UMTS | <u>U</u> niversal <u>M</u> obile <u>T</u> elecommunications <u>S</u> ystem [PrO98] |
| UML | <u>U</u> nconditional <u>M</u> aximum- <u>L</u> ikelihood |
| UWB | <u>U</u> ltra <u>W</u> ide <u>B</u> and (bezieht sich auf Konzept IEEE 802.15.3a) [MFP03] |
| WiMAX | <u>W</u> orldwide <u>I</u> nteroperability for <u>M</u> icrowave <u>A</u> ccess (bezieht sich auf Konzept IEEE 802.16) [Lan05] |
| WLAN | <u>W</u> ireless <u>L</u> ocal <u>A</u> rea <u>N</u> etwork [DiF01] |
| WSSUS | <u>W</u> ide <u>S</u> ense <u>S</u> tationary <u>U</u> ncorrelated <u>S</u> cattering |

ZF

Zero-Forcing