Ein neues Rahmensynchronisationsverfahren für Rayleigh-Fading-Kanäle

Alexander Steingaß
Institut für Nachrichtentechnik
Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR)
Postfach 1116, D-82230 Oberpfaffenhofen, Email: alexander.steingass@dlr.de

In Datenübertragungssystemen wird der zu übertragende Datenstrom in der Regel segmentiert und in sogenannten Rahmen übertragen. Es ist die Aufgabe des Empfängers, die Rahmengrenzen zu erkennen, um die Segmentierung rückgängig machen zu können. Dieser Vorgang wird Rahmensynchronisation genannt. In derzeit realisierten Systemen werden dem zu übertragenden Bitstrom zusätzliche Marker–Sequenzen hinzugefügt, um Rahmenanfang und –ende zu markieren.

Das hier vorgestellte Rahmensynchronisationssystem moduliert Datenstrom und eine Sequenz in der Länge des Rahmens zunächst separat. Anschließend wird das so entstandene Daten– und Synchronisationssignal in einem vorzugebenden Verhältnis linear überlagert. Das resultierende Sendesignal wird übertragen. Der Empfänger kann das Synchronisationssignal (nach Filterung) detektieren und so die Rahmengrenzen bestimmen. In einem weiteren Schritt kann er durch einfache Subtraktion das Synchronisationssignal aus dem Empfangssignal entfernen. Das resultierende Datensignal kann dann wie gewohnt dekodiert werden. Ebenso kann aus dem Synchronisationssignal die Kanalstoßantwort und die Kanalgüte bestimmt werden, was in dieser Arbeit jedoch nicht betrachtet wird. Nachdem die Kanalgüte an den Sender zurückgemeldet wurde, kann sie zur Regelung des Anteils des Synchronisationssignals am Gesamtsignal verwendet werden.

Bereits am AWGN–Kanal werden die Vorteile dieses neuen Synchronisationssystems deutlich: Im Gegensatz zu Marker–Synchronisationssystemen gibt es keine bleibende Synchronisationsfehlerwahrscheinlichkeit für ideale Kanäle. Somit ist auch eine Vorkodierung (Precoding) der Datenbits unnötig, was bereits an dieser Stelle zu einem Gewinn in Bezug auf die Nettoübertragungsrate führt. Bedingt durch die Tatsache, daß keine Übertragungszeit (Bits) mehr für die Synchronisation verwendet werden muß, wird nochmals ein Gewinn bei der Nettodatenrate erzielt. Bei einer Rahmenlänge von 255 Bit und 27 Bit langen Markersequenzen entspricht das einem Gewinn von $9,6\%$ in der Nettoübertragungsrate. Durch die gleichzeitige Übertragung der Synchronisationssequenz wird die Datenübertragung auch bei großem Synchronisationsanteil um maximal 1 dB verschlechtert. Bei der Synchronisation an guten Kanälen ist es problematisch Markersynchronisationssysteme zum Einsatz zu bringen, da der verwendete (kurze) Marker sehr wahrscheinlich in den Daten wieder vorkommt. Bei dem hier vorgestellten Synchronisationssystem kann die für die Synchronisation nötige Energie in weiten Grenzen frei vorgegeben werden. Eine optimale Anpassung an den Kanal ist auf diese Weise möglich. Im Verlaufe dieser Arbeit wurde neben dem Vergleich mit bereits bestehenden Systemen die Leistungsfähigkeit des neuen Synchronisationsverfahrens in Bezug auf die Synchronisationsfehlerwahrscheinlichkeit auch absolut abgeschätzt. Es wurde eine untere Grenze für alle Synchronisationssysteme hergeleitet. Das neue System ist selbst beim größten verwendeten Energieverhältnis (14,6%) zwischen Synchronisations– und Datensignal nur etwa 1 dB von dieser Grenze entfernt.

Am Rayleighkanal ist die Synchronisation mittels Markersequenzen nahezu unmöglich. Bei diesem Kanaltyp ist die große Länge der in diesem neuen System verwendeten Synchronisationssequenzen von großem Vorteil. So können durch die Verwendung von langen Sequenzen die Synchronisationsfehlerraten des AWGN–Kanals nahezu erreicht werden, ohne daß breitbandige Sendesignale nötig wären.

Ein Nachteil des neuen Systems ist der Anstieg der Dekodierkomplexität. Bei gängigen Rahmenlängen (127–2047) liegt der Komplexitätszuwachs zwischen 10–fach und 100–fach über dem des vergleichbaren Markersynchronisationssystems.