



Universität Stuttgart

Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. P. J. Kühn

66. Bericht über verkehrstheoretische Arbeiten

**Effizienz des Vielfachzugriffs auf
paketorientierte Kanäle in Satellitensystemen
für die globale Mobilkommunikation**

von

Andreas Weber

1998

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	5
Formelzeichen	7
1 Einleitung	11
1.1 Dienstintegration und Mobilkommunikation	11
1.2 Mobilkommunikation über Satellitensysteme	11
1.3 Übersicht über die Arbeit	12
2 Satellitensysteme	14
2.1 Grundlagen der Vermittlungstechnik	14
2.1.1 Vermittlungskonzepte	14
2.1.2 Verbindungskonzepte	16
2.1.3 Konfigurationskonzepte	17
2.2 Dienste in Satellitensystemen	17
2.2.1 Verteildienste	18
2.2.2 Ausrufdienst	18
2.2.3 Positionsbestimmung	18
2.2.4 Datenübertragung zwischen lokalen Netzen	19
2.2.5 Verbindung von Weitverkehrsnetzen	20
2.2.6 Satellitenmobilkommunikation	20
2.2.7 VSAT-Dienste	21
2.3 Systemarchitekturen	22
2.3.1 Satellit als Repeater	24
2.3.2 Satellit mit Vermittlungsfunktionen	27
2.3.3 OBP-Satelliten	29
2.3.4 Bodenstationen	30

2.3.5 Systemmanagement	32
2.4 Umlaufbahnen	33
2.4.1 GEO-Satelliten	34
2.4.2 LEO- und ICO-Satelliten	34
2.5 Übertragungsstrecken in Satellitensystemen	36
2.6 Eigenschaften von Funkübertragungsstrecken in Satellitensystemen	37
2.6.1 Richtwirkung von Sende- und Empfangsantennen	38
2.6.2 Sende- und Empfangsleistung	39
2.6.3 Signallaufzeit	40
2.6.4 Störeffekte	40
2.6.5 Frequenzbänder	42
2.6.6 Bandbreite- und leistungsbegrenzte Kanäle	43
2.7 Multiplexverfahren	43
2.7.1 Raummultiplex	44
2.7.2 Frequenzmultiplex	45
2.7.3 Zeitmultiplex	45
2.7.4 Codemultiplex	46
2.8 Zugriffsverfahren	47
2.8.1 Wahlfreie Zugriffsverfahren	50
2.8.2 Zugriff durch Reservierung	55
2.8.3 Kombinierte Zugriffsverfahren	58
2.8.4 Klassifikation der Zugriffsverfahren	60
3 Methoden zur analytischen und simulativen Untersuchung von Satellitenzugriffsverfahren	63
3.1 Verkehrstheoretische Analysemethoden	63
3.1.1 Bestimmung der stationären Zustandswahrscheinlichkeiten	63
3.1.2 Einprägen des Gesamtangebotes	68
3.1.3 Stabilitätsuntersuchungen	70
3.2 Ereignisgesteuerte Simulation	72

3.2.1 Stationäre Simulation	75
3.2.2 Instationäre Simulation	76
4 Eine Analysemethode für eine Klasse getakteter Zugriffsverfahren	78
4.1 Gemeinsamkeiten der untersuchten Zugriffsverfahren	78
4.2 Das Grundprinzip der Analysemethode	80
4.2.1 Definition des Zustandsraumes	81
4.2.2 Zeitabhängige Zustandsübergangswahrscheinlichkeiten	82
4.2.3 Iterative Berechnung der Zustandswahrscheinlichkeiten	86
4.2.4 Berechnung der mittleren Auslastung	88
4.2.5 Berechnung der mittleren Verzögerungszeit	88
4.3 Analyse des Zugriffs durch Reservierung	90
4.3.1 Zugriff durch Reservierung bei endlicher Kapazität des Reservierungskanals	90
4.3.2 Zugriff durch Reservierung bei unendlicher Kapazität des Reservierungskanals	92
4.4 Analyse des CRRMA/UCA-Zugriffsverfahrens	93
4.5 Analyse des CRRMA/CCA1-Zugriffsverfahrens	96
4.6 Analyse des CRRMA/CCA2-Zugriffsverfahrens	99
4.7 Analyse des getakteten ALOHA-Zugriffsverfahrens	100
4.8 Validierung und Diskussion der Analysen	102
4.9 Leistungsvergleich der Zugriffsverfahren	118
5 Simulative Untersuchung der Zugriffsverfahren in einer LEO/ICO-Umgebung	122
5.1 Motivation	122
5.2 Modelldefinition	122
5.2.1 Geometrie des Systems	122
5.2.1.1 Umlaufbahn eines Satelliten	122

5.2.1.2 Die geographische Verteilung der Satellitenkommunikationsteilnehmer	127
5.2.2 Signalisierszenarien	130
5.2.3 Transientes Quellverhalten	132
5.3 Definition der Leistungskenngrößen.....	135
5.4 Simulation	136
5.4.1 Simulation der Bewegungsabläufe des Satellitensystems	136
5.4.2 Instationäre Simulation der Zugriffsverfahren	137
5.5 Leistungsuntersuchungen.....	141
5.5.1 Simuliertes System	141
5.5.2 Simulationsergebnisse	142
5.5.3 Vergleich und Bewertung der Zugriffsverfahren	152
6 Zusammenfassung und Ausblick	156
6.1 Zusammenfassung.....	156
6.2 Ausblick	158
Anhang	160
A1 Analyse der $D^{[x]}/D/1$ -Warteschlange	160
A2 Die hypergeometrische Verteilungsfunktion	161
A3 Tabellarische Klassifikation der Zugriffsprotokolle	163
Literatur	167