Geplante Satellitenkommunikationssysteme-
Ein Überblick

Harald Keller
TU Ilmenau, Fachgebiet System- und Steuerungstheorie
Postfach 0565
98684 Ilmenau
E-Mail: keller@theoinf.tu-ilmenau.de

1 Einführung

1.1 Warum Satellitenkommunikation ?

In den letzten Jahren wurden weltweit große Anstrengungen unternommen, um mobile Kommunikation von jedem beliebigen Punkt auf der Erde zu ermöglichen.
In Deutschland verbreiten sich die GSM (Global Systems for Mobile Communications)-Systeme D1-Netz und D2-Netz und das DCS 1800 (Digital Cellular System 1800)-System E-Netz schnell in Städten und entlang der wichtigsten Verkehrsadern. Um eine flächendeckende Versorgung mit diesen Systemen zu gewährleisten, ist aber eine aufwendige Infrastruktur mit vielen Basisstationen nötig. Für entlegene und dünnbesiedelte Gebiete der Erde ist ein solcher Aufwand nicht wirtschaftlich, kostengünstiger ist hier die Versorgung über Satellit.
Das endgültige Ziel ist die Integration von terrestrischen Systemen und Satellitensystemen zu globalen Systemen der dritten Generation. Das Gesamtsystem wird vom ETSI (Europäisches Standardisierungsinstitut) mit UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) und von der ITU (International Telecommunication Union) mit FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System) bezeichnet.
Der Benutzer soll dabei mit ein und derselben Rufnummer sowohl über terrestrische Systeme als auch über Satellitensysteme erreichbar sein. Um dies zu gewährleisten, werden momentan neue, sogenannte Dual-Mode-Terminals entwickelt. Diese Terminals besitzen sowohl eine Sende- und Empfangseinrichtung für terrestrische Systeme, als auch für Satellitensysteme und werden nicht größer sein als die jetzigen kleinen Handgeräte (Handy), die bereits für die D- und E-Netze in Betrieb sind [3].

1.2 Umlaufbahnen

Bisher werden zu Kommunikationszwecken fast ausschließlich Satelliten in geostationären Umlaufbahnen (GEO) verwendet. Als geostationär werden Satelliten bezeichnet, die sich in einer Höhe von 35768 km über dem Äquator mit einer Winkelgeschwindigkeit bewegen, die der Erdrotation entspricht und dadurch stationär gegenüber der Erdoberfläche sind. Diese Satelliten sind aber für eine globale Versorgung über Handies ungeeignet, da sie bedingt durch die große Entfernung zwischen Empfänger und Satellit und die dadurch auftretenden sehr hohen Freiraumverluste mit riesigen Antennen ausgerüstet sein müßten, um mit 1-5 Watt Handies auf der Erde kommunizieren zu können. Solche Systeme sind nicht wirtschaftlich und können außerdem wegen der 250 ms Zeitverzögerung durch die Signallaufzeit keine gleichwertige Qualität wie herkömmliche Telefone liefern. Sie sind jedoch die primären Kommunikationssysteme für Transportsysteme auf Land, Wasser und in der Luft, da für diese Systeme keine Handies, sondern größere tragbare Geräte mit entsprechend höherer Leistung und größeren Antennen eingesetzt werden können.

Als Konzept für landmobile Benutzer wird die Versorgung mit niedrig fliegenden nicht-geostationären Satelliten bevorzugt, wobei hier unterschieden wird zwischen LEO- (low earth orbit, 500-1500 km Bahnhöhe) und MEO- (medium earth orbit, 10000-20000 km Bahnhöhe) Satelliten. Der Bereich zwischen LEO und MEO (1500 km-10000 km) ist nur mit erhöhtem Aufwand für Satelliten nutzbar, da in dieser Region ionisierte Partikel durch das Erdmagnetfeld gehalten werden. Der Vorteil dieser Systeme besteht in der Verwendung kleinerer Satelliten-antennen und weniger Sendeleistung für mobile Terminals und Satelliten. Nachteilig ist ein komplexeres Kontrollsystem durch die größere Anzahl der Satelliten und das Vorhandensein von Intersatellitenverbindungen oder von vielen Bodenstationen [3].

Orbit-Typ	Inklination (Grad)	Umlaufhöhe (km)	Umlaufzeit (Stunden)	Anzahl der Satelliten	Bedeckung	Signal-Laufzeit(ms)
LEO (polar)	85-95	500-1500	1.4-2.5	24-66	global	4-12 + 10-20 je ISL
LEO	45-60	500-1500	1.4-2.5	24-48	global	4-12 + 10-20 je ISL
MEO	45-60	10000-20000	6-12	8-16	global	70-140
GEO	0	35768	23.9347	4	bis ca. 50. Breitengrad	240

Tabelle 1: Orbitparameter bestimmter Orbittypen [3]

2 Geplante Systems

Die wichtigsten Systeme der ersten Generation von LEO/MEO-Systemen haben sich in jüngster Zeit deutlich herauskristallisiert, hierbei sind die Systeme Iridium [2,4], Globalstar [2,7], Odyssey [2,5,6], Inmarsat-P [2] und Teledesic zu nennen.
Mit Iridium, Globalstar und Teledesic sind drei LEO-Konstellationen vertreten; dazu gesellen sich die MEO-Systeme Inmarsat-P und Odyssey. Als Konkurrenten um die Vorherrschaft auf dem weltweiten Markt treten zunächst Iridium, Globalstar und Odyssey an (um 1998), während Inmarsat-P und Teledesic eher die Jahrtausendwende anpeilen. Eine Beschreibung dieser fünf wichtigsten LEO/MEO-Systeme folgt im weiteren Verlauf.

2.1 Iridium

Betreiber-Konsortium	Iridium Inc./Motorola
Bahnhöhe	780 km (LEO)
Umlaufzeit	101 min
Anzahl der Satelliten	66
Anzahl der Orbits	6
Satelliten pro Orbit	11
Inklination in Grad	86
Min. Elevation in Grad	8,2
Anzahl der Kanäle/Sat.	ca. 4000
Kanalzugriffsverfahren	FDM/TDMA
Link-Margin	16 dB
Dienste	Telefon, Fax, Datenübertragung
Gebühren	3 US-$/min + 50 US-$ Grundgebühr/Monat
Kalk. Teilnehmerzahl	1,6 Mill. im Jahr 2002, 3,2 Mill im Jahr 2007
Systemkosten	3,4 Milliarden US-$
Lizenzierungsstand	Operationelle FCC-Lizenz
Betriebsbeginn	1998

Tabelle 2: Daten des Systems Iridium [2,4]

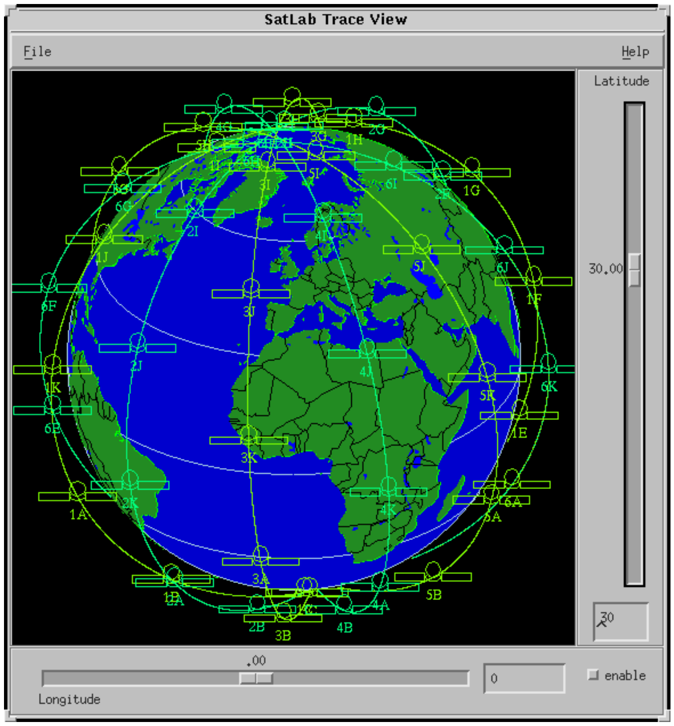

Bild 1: Darstellung der Bahnrichtungen von Iridium [1]

2.2 Globalstar

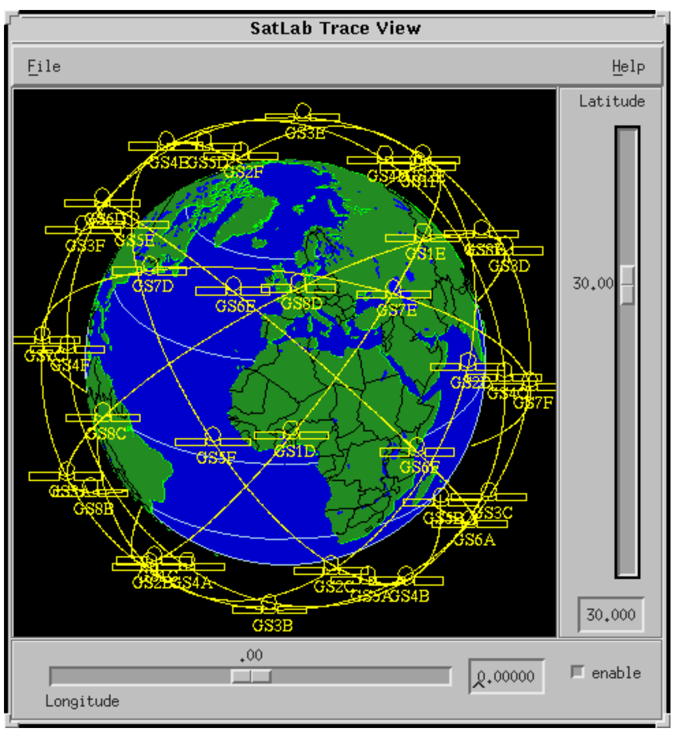

Bild 2: Darstellung der Bahnrichtungen von Globalstar [1]

Betreiber-Konsortium	Loral Qualcomm
Bahnhöhe	1400 km (LEO)
Umlaufzeit	113 min
Anzahl der Satelliten	48
Anzahl der Orbits	8
Satelliten pro Orbit	6
Inklination in Grad	52
Min. Elevation in Grad	20
Anzahl der Kanäle/Sat.	ca. 2700
Kanalzugriffsverfahren	CDMA
Link-Margin	3-10 dB dynamisch
Dienste	Telefon, Fax, Datenübertragung
Gebühren	0,65 US-$/min + 20 US-$ Grundgebühr/Monat
Kalk. Teilnehmerzahl	2,7 Mill. im Jahr 2002, 16 Mill im Jahr 2012
Systemkosten	1,6 Milliarden US-$
Lizenzierungsstand	Operationelle FCC-Lizenz
Betriebsbeginn	1998

Tabelle 3: Daten des Systems Globalstar [2,7]

2.3 Odyssey

Betreiber-Konsortium	TRW
Bahnhöhe	10354 km (MEO)
Umlaufzeit	360 min = 6 h
Anzahl der Satelliten	12
Anzahl der Orbits	3
Satelliten pro Orbit	4
Inklination in Grad	55
Min. Elevation in Grad	30
Anzahl der Kanäle/Sat.	ca. 2800

Kanalzugriffsverfahren	CDMA
Link-Margin	6 dB
Dienste	Telefon, Paging, Datenübertragung
Gebühren	0,7 US-$/min + 29 US-$ Grundgebühr/Monat
Kalk. Teilnehmerzahl	1,5 Mill. im Jahr 2001, 2,3 Mill im Jahr 2007
Systemkosten	1,8 Milliarden US-$
Lizenzierungsstand	Operationelle FCC-Lizenz
Betriebsbeginn	1998

Tabelle 4: Daten des Systems Odyssey [2,5,6]

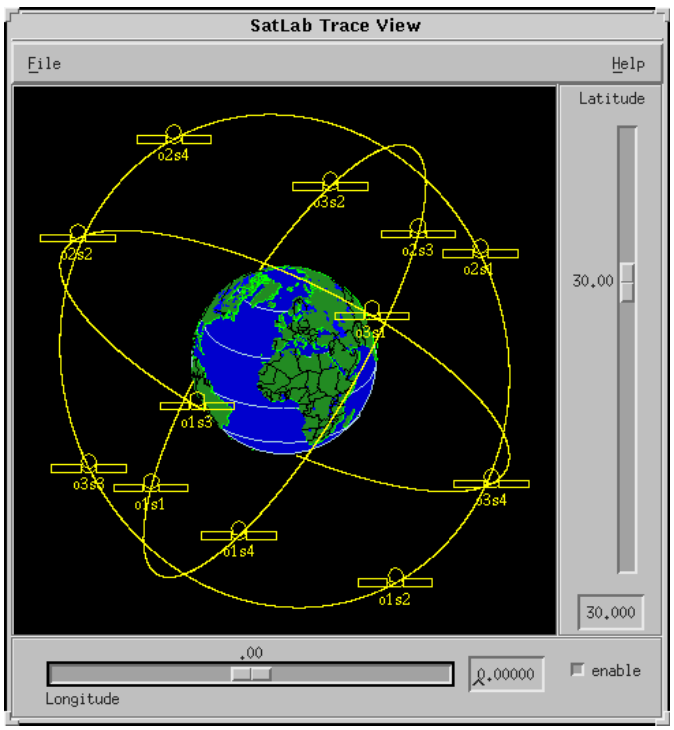

Bild 3: Umlaufbahnen des Systems Odyssey [1]

2.4 Inmarsat-P

Betreiber-Konsortium	Inmarsat Corp.
Bahnhöhe	10354 km (MEO)
Umlaufzeit	360 min = 6 h
Anzahl der Satelliten	10

Anzahl der Orbits	2
Satelliten pro Orbit	5
Inklination in Grad	45
Min. Elevation in Grad	20
Anzahl der Kanäle/Sat.	ca. 5300
Kanalzugriffsverfahren	FDM/TDMA
Link-Margin	7 dB
Dienste	Telefon, Fax, Datenübertragung, Paging, Positionbestimmung
Gebühren	2 US-$/min
Kalk. Teilnehmerzahl	1,0 Mill. im Jahr 2000, 2,5 Mill im Jahr 2002
Systemkosten	2,6 Milliarden US-$
Lizenzierungsstand	FCC-Lizenz beantragt
Betriebsbeginn	1999/2000

Tabelle 5: Daten des Systems Inmarsat-P [2]

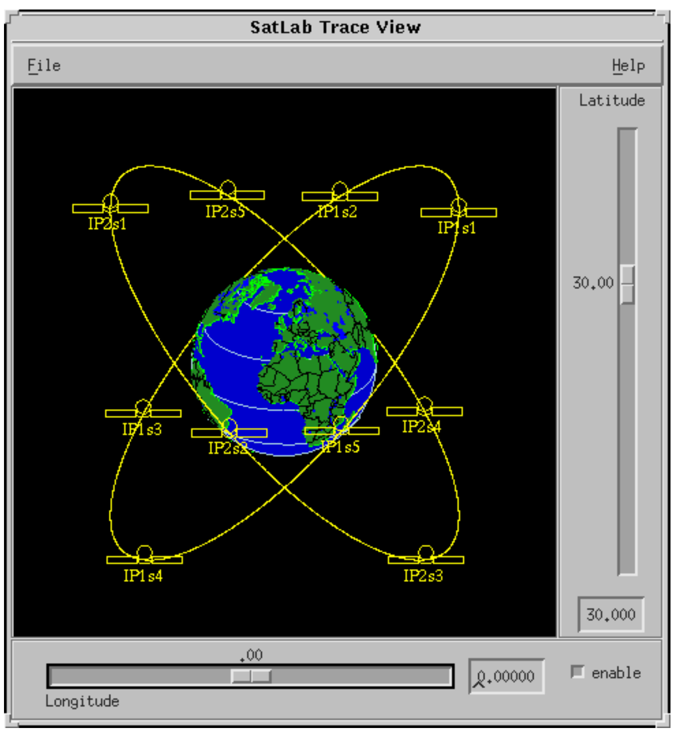

Bild 4: Umlaufbahnen des Systems Inmarsat-P [1]

2.5 Teledesic

Betreiber-Konsortium	Teledesic Corp.
Bahnhöhe	700 km (LEO)
Umlaufzeit	95 min
Anzahl der Satelliten	840
Anzahl der Orbits	21
Satelliten pro Orbit	40
Inklination in Grad	98,2
Min. Elevation in Grad	40
Anzahl der Kanäle/Sat.	ca. 2500
Kanalzugriffsverfahren	FDMA/TDMA
Link-Margin	10 dB
Dienste	Fest und mobil Breitband, Sprache
Gebühren	??
Kalk. Teilnehmerzahl	10 bis 20 Mio.
Systemkosten	9,0 Milliarden US-$
Lizenzierungsstand	FCC-Lizenz beantragt
Betriebsbeginn	2001

Tabelle 6: Daten des Systems Teledesic

Literatur

[1] Alta Group, Cadence Design Systems: SatLab-Satellite Laboratory User´s Guide (for Use with BONeS DESIGNER). SAT8000-S4. Dezember 1994

[2] ETSI Technical Report: Possible European Standardisation of Certain Aspects of Satellite Personal Communications Networks (S-PCN). ETSI PT37V. Version 3.1. 30 April 1993

[3] Keller, H., Salzwedel, H.: Übersicht und Darstellung mobiler Satellitenkommunikations-systeme. Nachrichtentechnische Zeitschrift NTZ Heft 11/95, Berlin / Offenbach 1995

[4] Leopold, R.J.: The Iridium Communications System. Communication for Competitive Advantage Conference and Trade Exhibition. Tuanz 1992, 10-12 August

[5] Rusch, R.J.: Odyssey, an optimized personal communications satellite system. IOS Press Space communications. Vol. 11(1993), S. 275-286

[6] Spitzer, C.J.: Odyssey Personal Communications Satellite System. In Proc. 3rd Int. Mobile Sat. Conf., IMSC 1993. Pasadena. Juni 1993, S.297-302

[7] Wiedeman, R.A.; Viterbi, A.J.: The Globalstar Mobile Satellite System for Worldwide Personal Communication. In Proc. 3rd Int. Mobile Sat. Conf., IMSC 1993. Pasadena.