

**Höhenrausch: Satellitenbetreiber stürmen das Weltall**

Trotz des Iridium-Flops wollen etliche Unternehmen Milliarden Dollar in Satelliten investieren.

Sie ist bildhübsch, charmant und clever. Und sie erledigt einen beinhaltenen Job. Pascale Sourisse, 37, Chefin von Sky-Bridge, ist nicht angetreten, um die Welt, sondern um das Weltall zu erobern.

Trotz des Flops von Iridium - der Satellitenhandybetreiber steht mit über zwölf Milliarden Schilling Verlust vor dem Bankrott und muß sich finanziell vollständig neu ordnen - planen etliche Gruppen horrenden Investitionen in neue Satellitennetze. Pascale Sourisse will dabei die Nase vorn haben. Die Vorstandsvorsitzende von Sky-Bridge, einem Unternehmen, an dem neben Alcatel (fünfundzig Prozent) auch Toshiba und Mitsubishi beteiligt sind, legt sich sogar mit Bill Gates und dem Flugzeugbauer Boeing an. Die beiden Gesellschafter der Teledisc-Gruppe waren bislang überzeugt, den Weltraum als erste kommerziell gewinnbringend nutzen zu können.

Doch nun hat Sourisse angekündigt, ein Jahr vor den Mitbewerbern, nämlich Anfang 2003, mit der globalen Übertragung von Daten und Telefonaten via Satellit zu starten. Die Voraussetzungen dafür bringt Sky-Bridge mit. Die Firma hat das Know-how für Entwicklung, Bau und Betrieb der Satelliten sowie für die Steuerung von Bodenstationen und Endgeräten. Da Sky-Bridge eine relativ einfache Technologie verwendet, betragen die Investitionskosten mit 55 Milliarden Schilling zudem nicht einmal die Hälfte der von Teledisc veranschlagten Summe. Weltweit zwanzig Millionen Benutzer will Sourisse mit achtzig Satelliten erreichen.

Nun beginnt der Fight um das Geld der High-Tech-Investoren. Bill Gates hat schon fast zwanzig Milliarden Schilling startklar. Pascale Sourisse muß ihren Charme erst noch spielen lassen.

R. SCHREIBER

**SATELLITENNETZWERKE**

**Die Himmelsstürmer**

Unternehmen	Hauptgesellschafter	Investition (Mrd. US)	Start
Astrolink	Lockheed Martin	47	2004
Skybridge	Alcatel	55	2003
Teledisc	Motorola, Boeing, Bill Gates, Craig D. McCaw	130	2004

## SkyBridge: Systembeschreibung

D. Rouffet

Die SkyBridge-Konstellation von Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen bietet eine weltweite Abdeckung mit Breitbandmultimediadiensten.

### Einführung

Im letzten Jahr hat das SkyBridge-System einige wichtige Fortschritte gemacht. Einer dieser Fortschritte ist die Erlangung einer Lizenz, die von der World Radiocommunications Conference beschlossen wurde und Frequenzbänder zwischen 10 GHz und 18 GHz für nicht geostationäre Satellitensysteme zuordnet. Dies war ein Zeichen dafür, daß das SkyBridge-Konzept von der Telekommunikationsgemeinschaft der Welt anerkannt wird. Ein weiterer wichtiger Schritt war die Beschaffung der erforderlichen Finanzmittel für die Design- und Spezifikationsphasen durch die SkyBridge-Gesellschaft. Nach Abschluß dieser Schritte wurden beträchtliche Fortschritte beim Systemdesign gemacht. Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick über den aktuellen Stand des Projektes SkyBridge.

SkyBridge beruht auf einer Satellitenkonstellation in erdnahen Umlaufbahnen in einer Höhe von ungefähr 1500 km und wurde entwickelt, um Multimediadienste hoher Bitrate und weltweiter Abdeckung zu bieten. Ende des Jahres 2001 wird der Dienst die gemäßigten Breiten abdecken, wenn die ersten 40 Satelliten gestartet wurden und in Position sind. Der Versorgungsbereich wird dann allmählich erweitert, bis die 80 Satelliten der kompletten Konstellation positioniert sind (Ende 2002) und eine weltweite Versorgung bieten.

Obwohl SkyBridge ein globales System ist, wurde es konstruiert, um die Verbindungen der „letzten Kilometer“ bereitzustellen und an die lokalen Anforderungen angepaßt zu werden. Es ist ein Teilnehmeranschlußnetz hoher Bitrate. SkyBridge ist so konstruiert, daß es den Verkehr eines Landes innerhalb dieses Landes verarbeitet und weiterleitet. Die SkyBridge-Architektur umgeht die vorhandenen Netze nicht, sondern nutzt sie.

SkyBridge benutzt kleine Endeinrichtungen, die bei privaten Teilnehmern auf dem Dach eines Ein- oder Mehrfamilienhauses installiert werden. Der Anwender dieser kleinen Endeinrichtungen kann bis zu 20 Mbit/s empfangen (Empfangsrichtung) und bis zu 2,5 Mbit/s senden (Rückrichtung). Endeinrichtungen für Firmenteilnehmer werden auf dem Firmengelände installiert und können bis zu 60 Mbit/s empfangen und senden. Diese festen Endeinrichtungen können mit Personal Computern, Verteilnetzen in Mehrfamilienhäusern oder mit lokalen Netzen verbunden werden. Zusätzlich kann das System Infrastrukturübertragungen weiterleiten, um zum Beispiel die Kompatibilität zu drahtlosen Teilnehmeranschlußnetzen bereitzustellen.

SkyBridge ist somit im Wesentlichen ein Teilnehmeranschlußsystem, das einen preiswerten Teilnehmeranschluß bereitstellt. Da die Investition pro Teilnehmer mit der bei terrestrischen Netzen vergleichbar ist, kann SkyBridge als Vorläufer oder als Ergänzung von terrestrischen Netzen dienen. Trotz seiner hohen Kapazität wurde SkyBridge zur Versorgung von Vorstädten (mittlere Bevölkerungsdichten) und ländlichen Gebieten (geringe Bevölkerungsdichten) und nicht von dicht besiedelten städtischen Gebieten konstruiert.

Der Betrieb dieses Systems erfolgt zusammen mit Betreibern von Telekommunikationsnetzen, welche die Dienste bereitstellen und in Kontakt zu den Endteilnehmern sein werden.

Die Rolle von SkyBridge L.P. umfaßt die Entwicklung des Systems, den Start der Satelliten sowie die Wartung und Instandhaltung des Weltraumsegmentes.

## **Dienste**

Modems mit hoher Bitrate werden die Tür zu vielen neuen Diensten öffnen. Diese hohen Bitraten unterstützen die Bereitstellung von Multimediadiensten, bei denen Sprache, Bilder und Daten kombiniert sind.

Es ist wahrscheinlich, daß die meisten Anwendungen von Servern kommen und daß das Netz, auf dem die Signale übertragen werden, ein Datennetz sein wird, wie z.B. das Internet. Mit seinen ihm eigenen kurzen Übertragungszeiten kann SkyBridge Protokolle wie TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) korrekt verarbeiten.

Die prinzipiellen Anwendungen des SkyBridge-Systems sind:

- Internetzugang mit hoher Bitrate und — allgemeiner ausgedrückt — der Zugang zu allen Online-Diensten,
- Dienste zum Zugriff auf Informationen und Datenbanken,
- Transaktionsdienste, wie z.B. Einkaufen und Bankgeschäfte von Zuhause,
- elektronischer Handel,
- Fernunterricht und Fernkurse,
- Videokonferenzen und Bildfernsprechen,
- Unterhaltungsdienste:
  - interaktive Videoabrufdienste,
  - elektronische Spiele.
- Telearbeit mit:
  - Zugriff auf Firmenserver und lokale Netze,
  - Electronic Mail,
  - Dateiübertragung.
- Verbindung von lokalen Netzen,
- Infrastrukturverbindungen, z.B.: - Fernsprechnetze,
  - Verbindung von drahtlosen Teilnehmeranschlußnetzen,
  - Verbindung von Mobilkommunikationsstationen.

Wegen der ihm eigenen Charakteristiken als transparentes Teilnehmeranschlußnetz ist SkyBridge sehr gut geeignet, diese Dienste anzubieten.

## **Architektur**

Das SkyBridge-System umfaßt zwei relativ unabhängige Komponenten, das Weltraumsegment und das Telekommunikationssegment.

Das Weltraumsegment (Bild 1) besteht aus:

- der SkyBridge-Konstellation aus 80 Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen (plus Reserve-satelliten). Die Konstellation ist als Walker-Konstellation bekannt (Bild 2) und umfaßt 20 Ebenen mit vier Satelliten in jeder Ebene. Die Inklination der Ebenen relativ zum Äquator ist 53°, während die Höhe der Satelliten 1469,3 km beträgt.
- dem Satellitenkontrollzentrum (SCC) und Reservekontrollzentrum,

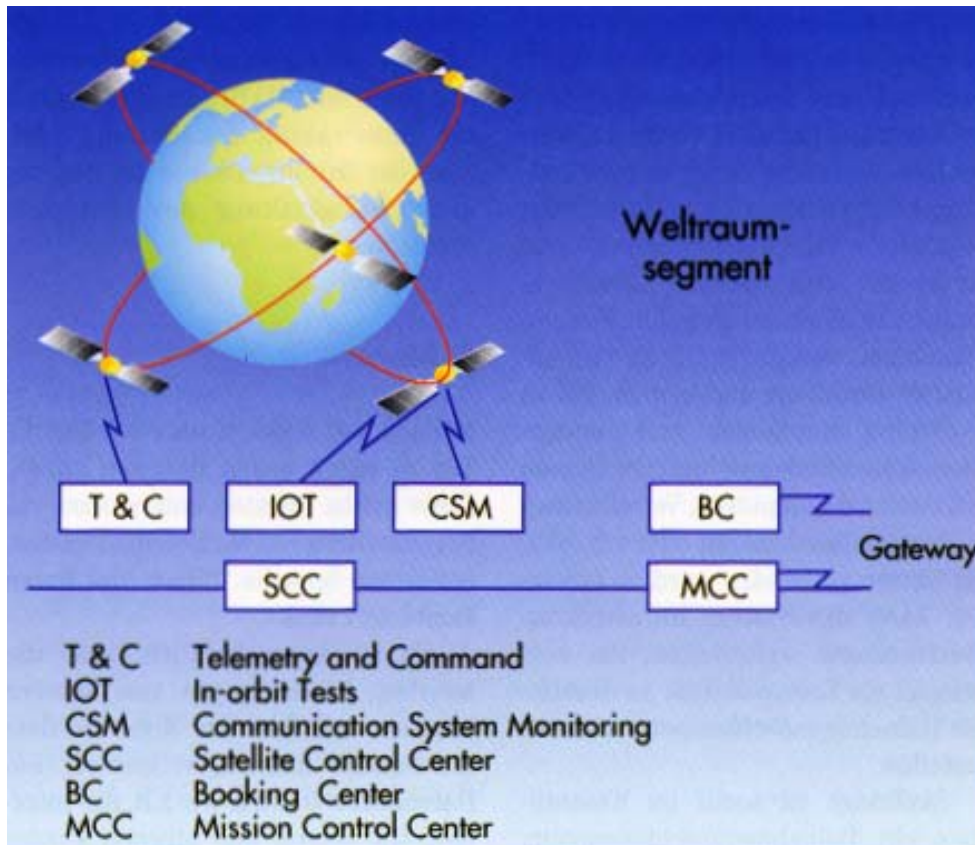


Bild 1 .Architektur des Weltraumsegmentes



Bild 2 - Die SkyBridge-Konstellation

- den Bodenstationen für Nachführung, Telemetrie und Steuerung (TT&C — Tracking, Telemetry and Command),
- dem Missionskontrollzentrum (MCC) und Reservekontrollzentrum.

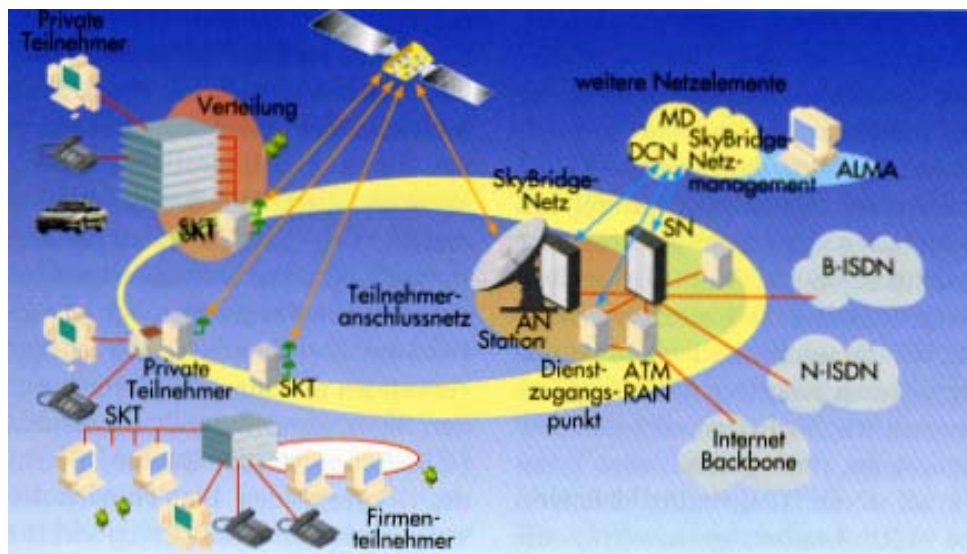


Bild 3 .Architektur des Telekommunikationssegmentes

Bild 3 zeigt die Architektur des Telekommunikationssegmentes. Es besteht aus:

- Gateways, über die der Teilnehmer mit lokalen Servern oder mit öffentlichen oder privaten terrestrischen Breitband- oder Schmalbandnetzen verbunden wird;
- Teilnehmerendeinrichtungen (SKT - Subscriber Terminal), welche die Antenne für die Kommunikation mit den Satelliten und eine Schnittstelle zum Anschluß beispielsweise eines Multimedia-PCs umfassen.

Die Satellitenkonstellation wird dazu benutzt, die Endteilnehmer mit einem Gateway zu verbinden. Dieser Gateway spielt eine bedeutende Rolle bei der Verbindung eines Teilnehmers mit einem anderen oder mit einem Multimediaserver, da er die Schnittstelle zu öffentlichen oder privaten terrestrischen Netzen bildet und den Verkehr weiterleitet. Routingfunktionen können entweder durch eine Vermittlungsanlage im Gateway oder durch eine abgesetzte Vermittlung im Netz des Betreibers des SkyBridge-Telekommunikationsnetzes ausgeführt werden.

Die Rolle des Weltraumsegmentes und seiner Satelliten ist nur die Bereitstellung eines Funkpfades zwischen dem Teilnehmer und den oben erwähnten Vermittlungsanlagen. Jeder Satellit in der Konstellation kann eine Anzahl von Bündelstrahlen mit einem Radius von 350 km erzeugen, die auf feste Punkte am Boden gerichtet sind. Jedem Bündelstrahl ist ein transparenter Repeater zugeordnet, der ausschließlich dazu verwendet wird, die Signale, die er empfängt, zu verstärken und umzusetzen. Der von einer Teilnehmerendeinrichtung in einem bestimmten Bündelstrahl ausgesendete Verkehr wird zur Gateway-Station im selben Strahl und umgekehrt weitergeleitet (Bild 4). Ein Satellit kann bis zu 24 Zellen am Boden erzeugen. Jede vom Satelliten auf der Erdoberfläche erzeugte Zelle bleibt fest bezogen auf den Gateway, der in der Nähe der Mitte dieser Zelle angeordnet ist. Da ein Satellit nur zwei Zellen über einem vorgegebenen Gateway erzeugen kann, indem er die beiden zirkularen Polarisierungen verwendet, und da die SkyBridge-Konstellation in den gemäßigten Breiten eine vielfache Sichtbarkeit bietet, werden Gateways mit sehr hohem Verkehr diesen durch mehrere Satelliten weiterleiten. Da die Satelliten von einem Gateway aus nur eine begrenzte Zeit sichtbar sind, wird die Satellitenantenne, die eine Zelle über dem Gateway erzeugt, regelmäßig neu auf einen anderen Gateway ausgerichtet. Die Ressourcen des Weltraumsegmentes sind optimiert, um die maximale globale Kapazität anzubieten. Diese globale Optimierung erfolgt nicht in Echtzeit, da nur die Gateways eine lokale Verwaltung der Funkressourcen in Echtzeit durchführen.

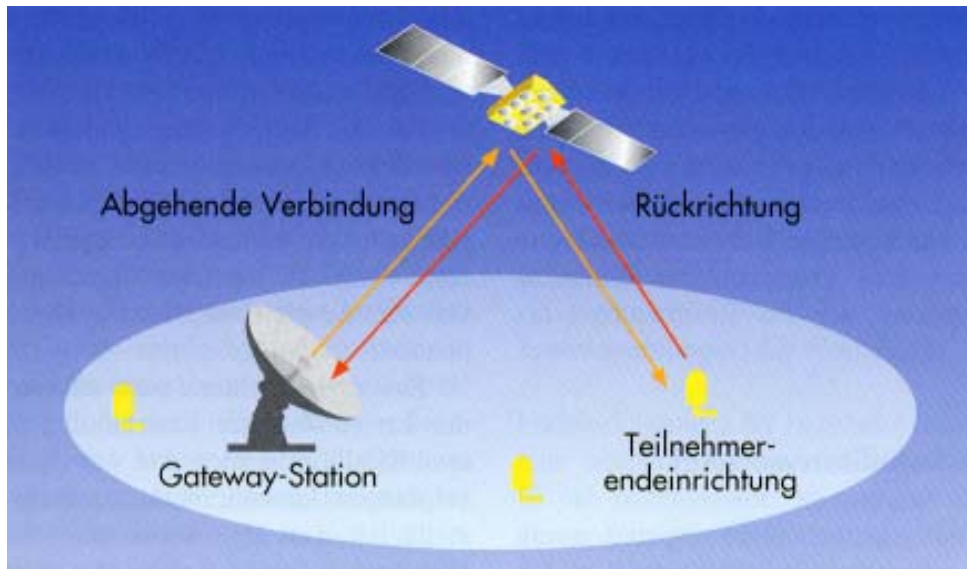


Bild 4 - Verbindungen innerhalb einer Zelle

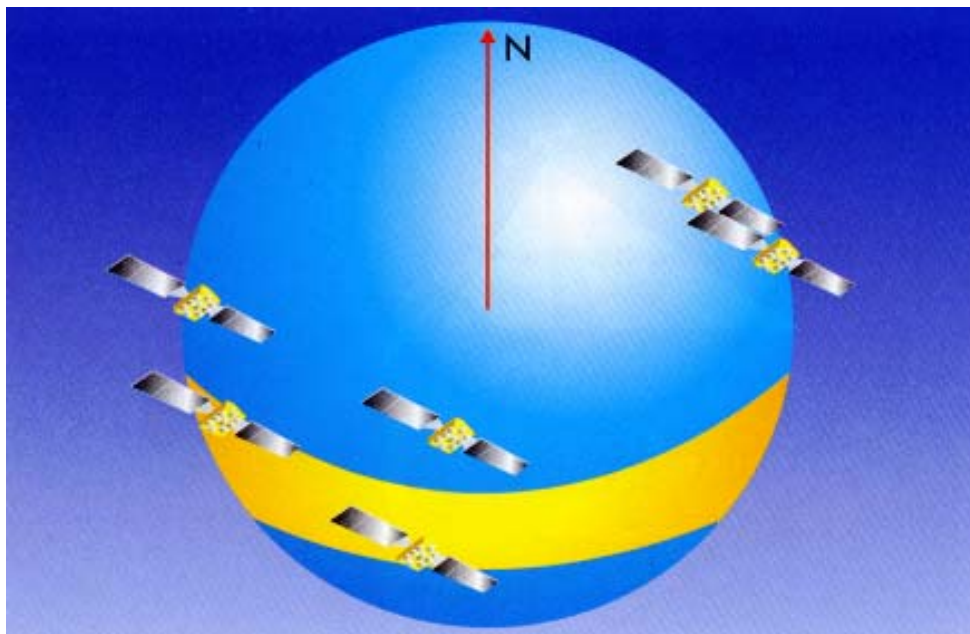


Bild 5 - Ansicht des Himmels mit "Zone ohne Betrieb" (in gelb)

Um die Verwaltung der Funkressourcen zu vereinfachen, verwendet SkyBridge ATM (Asynchroner Transfer Modus), bei dem kurze Pakete fester Länge übertragen werden. ATM garantiert die Dienstgüte, die sowohl von der Anwendung als auch vom Teilnehmer gefordert wird und ermöglicht die Zusammenarbeit mit Standard-ISDN-Netzen (Integrated Services Digital Network) unter Verwendung der Vermittlungsanlagen des örtlichen Netzbetreibers. Diese Vermittlungsanlagen müssen sich nicht im Gateway befinden; es können vorhandene Vermittlungsanlagen des öffentlichen Netzes verwendet werden. Der Gateway kann ebenso an Internetrouter angeschlossen werden, die sich auch in einiger Entfernung befinden können. Das Design des Gateway wurde so durchgeführt, daß eine effiziente Verwaltung sowohl der Kapazität als auch der Dienstgüte erfolgt.

## Frequenzen

Eine wichtige Eigenschaft von SkyBridge ist, daß es dasselbe Frequenzband (zwischen 10 GHz und 18 GHz) wie geostationäre Satelliten benutzt. Hierdurch werden die Kosten des Weltraumsegmentes und der Teilnehmerendeinrichtungen minimiert, da ausgereifte und preiswerte Technologien verwendet werden können. Die Verfügbarkeit der Verbindungen kann ebenfalls zu geringeren Kosten sichergestellt werden.

Natürlich muß verhindert werden, daß sich geostationäre und nicht geostationäre Systeme gegenseitig stören. Die geostationären Umlaufbahnen sind sehr dicht belegt, und der Winkelabstand zwischen den geostationären Satelliten ist nur klein und abhängig von der Richtung ihrer Bodenstationen. Zum Beispiel hat eine Antenne mit 45 cm Durchmesser (die für zukünftige Direktempfangsfernsehsysteme verwendete Größe) einen Öffnungswinkel für mittlere Leistung von ungefähr 3,7°. Um Störungen durch einen benachbarten geostationären Satelliten zu vermeiden, muß der Abstand zwischen zwei Satellitensystemen, die so kleine Antennen verwenden, zwischen 3° und 5° liegen.

SkyBridge wurde entwickelt, um mit einem minimalen Winkelabstand von 10° zu jedem geostationären Satelliten zu arbeiten. Anders ausgedrückt, gibt es um geostationäre Satelliten einen Bereich von  $\pm 10^\circ$ , in dem kein SkyBridge-Satellit sendet (Bild 5). Folglich muß das SkyBridge-System den Verkehr von einem Satelliten, der sich dieser „Zone ohne Betrieb“ nähert, auf einen anderen Satelliten, der weit genug weg von ihr ist, umschalten können. Diese Umschaltung („Handover“) ist transparent für den Teilnehmer.

Auf der World Radiocommunication Conference 1997 wurden von der ITU Frequenzen für nicht-geostationäre Satellitensysteme (NGSO) vergeben, die in denselben Frequenzbändern liegen wie die von geostationären Satellitensystemen benutzten. Das zeigt, daß Systeme wie SkyBridge effektiv arbeiten können, ohne geostationäre Systeme zu stören. Gleichzeitig definierte die ITU Leistungsgrenzwerte, die NGSO-Systeme einhalten müssen, um Störungen von geostationären Systemen zu verhindern.

Das System SkyBridge hat nun Zugang zu dem Frequenzband von 10,7 GHz bis 18,1 GHz. Die benötigte Frequenzbandbreite, nämlich eine Nutzbandbreite von 1,05 GHz in jeder Richtung, liegt innerhalb der zulässigen Frequenzbänder. Die hohe Bandbreite wird zum Erreichen der Kapazität benötigt, die für Breitbandsysteme wichtig ist.

## Satellitenwechsel

Eine nur bei nicht geostationären Satellitensystemen benötigte Funktion ist die Umschaltung zwischen den Satelliten. Da sich die Satelliten über den Himmel bewegen und hinter dem Horizont verschwinden, muß es möglich sein, den Verkehr von einem Satelliten auf einen anderen umzuschalten, um einen kontinuierlichen Dienst bereitzustellen. Bild 6 zeigt die Geometrie der Satellitenumschaltung. Diese Funktion ist außerdem erforderlich, um die Frequenzen von geostationären Satellitensystemen wiederverwenden zu können. Außerdem werden Signalverluste durch Hindernisse (z.B. Schornsteine, Bäume, Gebäude, ...) vermieden. Da sich normalerweise mehrere Satelliten im sichtbaren Bereich befinden, kann die Signalblockierung für eine Teilnehmerendeinrichtung mit einem bestimmten Satelliten durch die Benutzung eines anderen Satelliten beseitigt werden.

Um das Verkehrsmanagement zu vereinfachen, eine gute Dienstqualität sicherzustellen und die Gesamtkapazität zu maximieren, wird bei SkyBridge diese Funktion auch zur Verwaltung und zum Ausgleich der Lastverteilung benutzt.

Eine Endeinrichtung muß während der kurzen Zeit der Umschaltung zu zwei Satelliten senden und von ihnen empfangen können, damit sichergestellt ist, daß der Teilnehmer die Umschaltung nicht wahrnimmt. SkyBridge unterstützt drei Arten der Satellitenumschaltung:

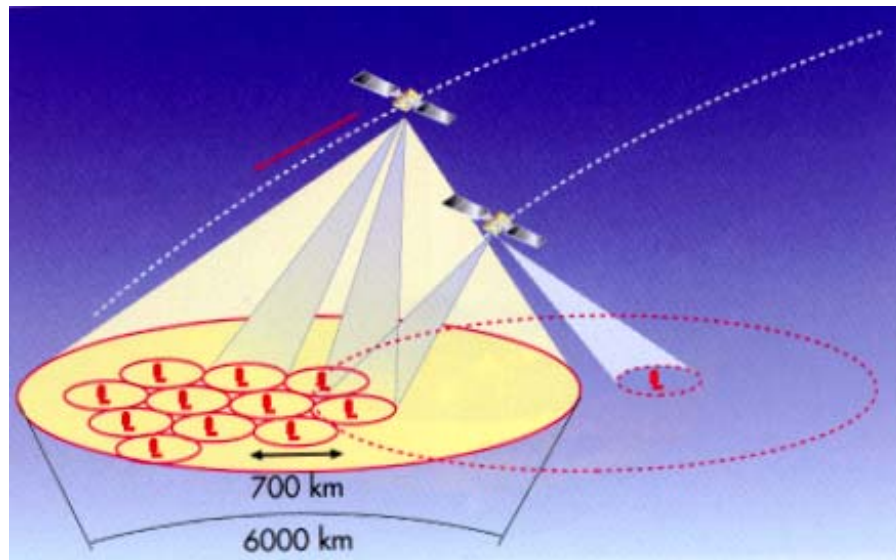


Bild 6 . Geometrie der Satellitenumschaltung

- Umschaltung aller Endeinrichtungen (Umgehen des Bereichs geostationärer Satelliten, Ankunft des Satelliten an seiner Minimalelevation),
- Umschaltung mehrerer Endeinrichtungen,
- Umschaltung nur einer Endeinrichtung (bei vereinzelt Hindernissen).

Alle Arten der Umschaltung werden von der Verbindungsstation auf dieselbe Weise behandelt. Die Verbindungen zum bisherigen Satelliten werden lange genug aufrechterhalten, so daß die Antennen der Endeinrichtung auf den neuen Satelliten gerichtet und mit ihm synchronisiert werden können (Bild 7a). Wenn die Synchronisation hergestellt ist, werden die Verbindungen so schnell wie möglich auf den neuen Satelliten umgeschaltet (Bilder 7b und 7c). Während der Umschaltung müssen beide Satelliten sichtbar sein, und ihre Antennen müssen auf die Zelle zeigen, die den Verkehr aussendet. Im System SkyBridge wurde besondere Aufmerksamkeit darauf verwendet, diese Funktion für die derzeitige Anzahl von Satelliten und Antennen pro Satelliten zu optimieren. Alle Prozesse finden in den Gateways statt, nicht in den Endeinrichtungen, die passiv sind. SkyBridge wurde auch so konstruiert, daß die für die Umschaltung benötigte Signalisierung minimal ist.

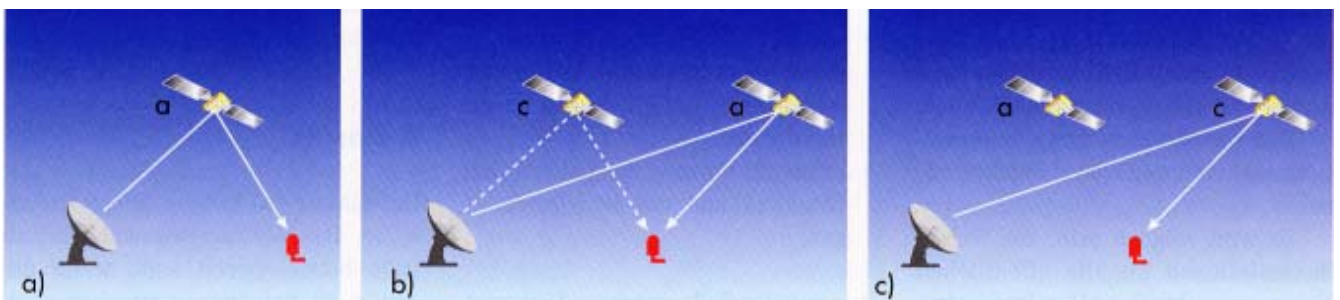


Bild 7 . Satellitenumschaltung



## Endeinrichtungen

Das SkyBridge-System benutzt zwei Arten von Endeinrichtungen für Firmen und Haushalte.

### Endeinrichtungen für Firmen

Bei Endeinrichtungen für Firmen werden zwei Antennen mit ungefähr 80 cm Durchmesser verwendet, die vorhandenen Fernsehsatellitenantennen entsprechen. Sie werden einen modularen Aufbau haben, so daß sie mit einem oder mehreren Modems ausgestattet werden können, um mit bis zu 60 Mbit/s zu senden und zu empfangen. Normalerweise werden derartige Antennen mit einem lokalen Netz oder einer Nebenstellenanlage (PBX — Private Branch Exchange) verbunden und den Verkehr mehrerer Teilnehmer übertragen. Es sind zwei Modi zur Ressourcenverwaltung vorgesehen: Ein Standardmodus für Telefon- und Bildtelefonverkehr mit  $n \times 64$  kbit/s und ein Datenmodus auf der Basis von Sitzungen zum Routing von Internet- oder Intranet- Verkehr. Aufgrund ihres modularen Designs können Endeinrichtungen mit vielen unterschiedlichen Schnittstellen ausgestattet werden.

### Endeinrichtungen für Haushalte

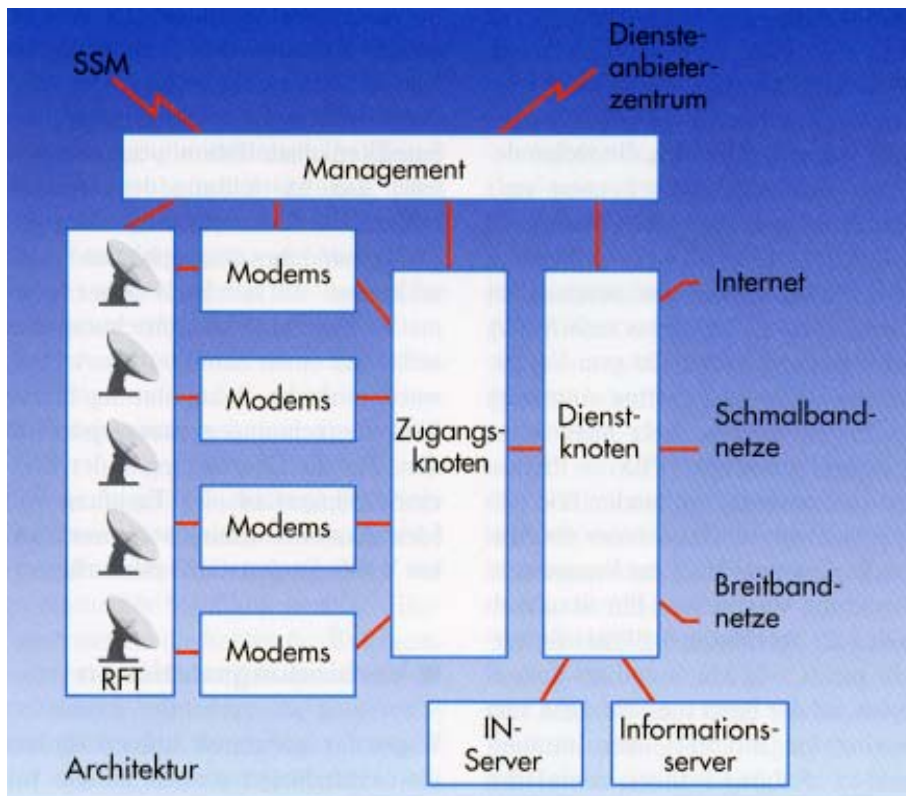
Endeinrichtungen für Haushalte haben eine einzelne Antenne mit ungefähr 50 cm Durchmesser. Sie werden mit einem einzigen Modem ausgestattet, das mit bis zu 20 Mbit/s empfangen und mit bis zu 2,5 Mbit/s senden kann. Es ist eine begrenzte Zahl von Schnittstellen geplant, über welche diese Endeinrichtungen normalerweise an PCs angeschlossen werden. Ein einziger Modus zur Verwaltung - der Ressourcen Datenmodus - kann Internetverkehr verarbeiten. Es wird möglich sein, an eine Endeinrichtung dieses Typs mehrere PCs anzuschließen.

Bei Endeinrichtungen für Firmen und für Haushalte wird derselbe Modus zur Antennenausrichtung verwendet, der mit festen Informationen über die Satellitenkonstellation programmiert wird. Zur Ausrichtung der Antenne müssen die Endeinrichtungen nur die Weltzeit und ihre geographische Position kennen. Auf der Basis dieser Information kann eine Endeinrichtung sich selbst auf einen Satelliten ausrichten, wozu einfache, lokal durchgeführte Winkelberechnungen verwendet werden. Für die Übertragungen der Endeinrichtungen ist der Empfang von Identifikationssignalen von ihrer lokalen Verbindungsstation erforderlich.

## Verbindungsstationen

Wegen des modularen Aufbaus können die Verbindungsstationen an die vor Ort vorliegenden Anforderungen bezüglich der Verkehrskapazität und der von den lokalen Netzbetreibern und den Teilnehmern benötigten Dienste angepaßt werden. Die Verbindungsstationen bestehen aus fünf Subsystemen (Bild 8):

- Funkeinrichtungen: Antennen, Transceiver, Zwischenfrequenzeinrichtungen und Einrichtungen zur Antennenausrichtung,
- Modulationseinrichtungen,
- Zugangsknoteneinrichtungen: Geräte zur Verwaltung der Weltraumressourcen, die den Verkehr einem Trägersignal zuordnen, Satelliten umschalten sowie die Frequenz und die Leistung überwachen,
- Dienstknoteneinrichtungen: Teilnehmernavigation, Aufbau von Sitzungen und Vermittlungsfunktionen. An den Dienstknoten werden lokale Server angeschlossen.
- Managementeinrichtungen: Geräteverwaltung, Teilnehmer- und Endeinrichtungsverwaltung sowie Verkehrsmanagement.



SSM - Space Segment Management RFT - Radio Frequency Terminal

Bild 8 .Architektur der Gateway-Station

Die Funkeinrichtungen sind modular aufgebaut, so daß eine Station entsprechend dem vorhergesagten Verkehrsaufkommen mit vier bis sechs Antennen konfiguriert werden kann. Die Zugangseinrichtungen werden ebenfalls konfigurierbar sein und zwischen zehn und 180 Modems in Vorwärtsrichtung sowie zwischen 40 und 500 Modems in Rückrichtung umfassen können. Die Geräte zur Verwaltung der Weltraumressourcen werden so konfiguriert, daß sie die für den aktuellen Verkehr benötigte Verarbeitungsleistung aufweisen und Ad-hoc-Verbindungen aufbauen können.

Der Dienstknoten und die Verwaltungseinrichtungen sind ebenfalls flexibel.

Es wird möglich sein, die Verbindungsstationen an alle öffentlichen Netze anzuschließen. Der Internetzugang wird über Router bereitgestellt, die in den Verbindungsstationen installiert sind.

## Kapazität

Das System SkyBridge wurde so konstruiert, daß es eine hohe globale Kapazität und die höchstmögliche lokale Kapazität aufweist. Durch verschiedene technische Eigenschaften kann es folgende Funktionen bieten:

- Zugang zu einem weiten Frequenzband,
- Fähigkeit, dieselben Frequenzen in verschiedenen Zellen zu nutzen,
- Sichtbarkeit vieler Satelliten in Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen,
- statistisches Multiplexen verschiedener Verkehrsarten mit unterschiedlichen Anforderungen an die Dienstgüte,
- effiziente Nutzung der Leistung der Satelliten und der Endeinrichtungen.

Das in jeder Zelle nutzbare Frequenzband ist 750 MHz für die Vorwärts- und 300 MHz für die Rückwärtsverbindung. Diese Unterscheidung wurde gemacht, da viele der beabsichtigten Dienste asymmetrisch sind. Die Bandbreiten für die Dienste können in Vorwärts- und Rückrichtung jedoch auch gleich sein, wenn dies für die Übertragung von Multiplexverkehr erforderlich ist. Dieselben Frequenzbänder können von benachbarten Strahlungsbündeln benutzt werden.

In gemäßigten Breiten angeordnete Stationen profitieren von der Sichtbarkeit mehrerer Satelliten. Die Konstellation wurde so aufgebaut, daß in den Gebieten mit dem größten Verkehrsaufkommen bis zu drei Satelliten jederzeit sichtbar sind, um die Verkehrskapazität zu maximieren.

Endeinrichtungen für Firmen und für Haushalte werden normalerweise zu unterschiedlichen Zeiten benutzt, die sich nur wenig überschneiden. Die Last auf jedem Trägersignal wird optimiert, wobei die Tatsache berücksichtigt wird, daß mehrere Verkehrsströme mit unterschiedlicher Dienstgüte gemultiplext werden. Die Folge ist, daß die Träger nicht blockiert, sondern zu unterschiedlichen Graden ausgelastet sind. Für Firmen benutzte Träger können bis zu 65% ausgelastet werden, um die Dienstgüte bereitzustellen.

Eine Zelle kann einen Verkehr mit bis zu 1 Gbit/s pro Satellit bereitstellen, wobei der von Firmen erzeugte Verkehr bis zu 770 Mbit/s und der von Haushalten erzeugte Verkehr 310 Mbit/s betragen kann. Da bis zu drei Satelliten ständig sichtbar sind, beträgt der maximale Verkehr über einen Gateway bis zu 3 Gbit/s. Berücksichtigt man die unterschiedlichen Zellen, die nach dem möglichen Verkehrsaufkommen belastet sind (nicht nach dem Systempotential), kann die SkyBridge-Konstellation bis zu 215 Gbit/s verarbeiten.

## Einsatz

Der Einsatz des Systems erfolgt stufenweise. Das Weltraumsegment wird ab 2001 betriebsbereit sein, wenn die ersten 40 Satelliten stationiert sind. Die Versorgung wird dann für Gebiete in den gemäßigten Breiten sichergestellt sein. Wenn mehr Satelliten in Betrieb genommen werden, wird die Versorgung auf alle Breitengrade zwischen 68° Nord und 68° Süd ausgedehnt. Die Gateways werden ebenfalls stufenweise eingesetzt.

Die Satelliten ermöglichen die Bearbeitung mehrerer Zellen mit einem einzigen Gateway. Für jeden Satelliten ist die Ausdehnung der Stationsversorgung von zwei auf sechs Zellen beabsichtigt, abhängig von der Anzahl verfügbarer Satelliten. Durch diese Funktion wird nicht nur die Anzahl der bereits in den Anfangstagen zu installierenden Gateways begrenzt,

sondern auch die Anzahl der Gateways, die installiert und gewartet werden müssen, um die Versorgung in Gebieten mit geringem Verkehrsaufkommen sicherzustellen. Hierdurch wird die Kosteneffektivität der Gateways beträchtlich verbessert.

## **Schlußbemerkungen**

Das Teilnehmeranschlußsystem SkyBridge kann sehr schnell und wirtschaftlich eingesetzt werden. Die Infrastrukturinvestitionen pro Teilnehmer sind nur gering. Sie sind ähnlich oder gleich denen für terrestrische Infrastrukturen mit vergleichbarem Dienstangebot. Folglich dient SkyBridge als Ergänzung des Versorgungsbereichs dieser Infrastrukturen. Seine flexible Architektur hat zur Folge, daß das System an sehr unterschiedliche Situationen angepaßt werden kann und den gesamten Bereich neuer Multimediadienste sowie herkömmliche Infrastrukturen für Festnetze und Mobilfunknetze unterstützt.

**Denis Rouffet ist stellvertretender Vorstand für Engineering bei SkyBridge LP, Nanterre, Frankreich.**