

Communication Satellite

Eitan Altman

INRIA Sophia-Antipolis
2004 route des Lucioles, BP 93
06902 Sophia-Antipolis Cedex

URL:

<http://www-sop.inria.fr/mistral/personnel/Eitan.Altman/moi.html>

E-mail: `altman@sophia.inria.fr`

OUTLINE

I. Satellites larges bandes

Satellites larges bandes: Introduction

Ref: *IEEE Communications Magazine* special issue on *Broadband via Satellite* Vol. 35 No. 7, July 1997.

Le marché le plus important de déploiement de satellites prévu pour le début du prochain millénaire.

Les satellites de télécommunications à larges bandes, opérant à 20-30 GHz (bande Ka), pour des applications multi-média interactives.

A ce jour il y a plus de 15 initiatives. La plupart utilisent des LIS (Liens Inter Satellites). Toutes les compagnies américaines proposent des LIS dans la bande 50/60 GHz.

L'architecture de réseaux larges bandes (L.B.) est conçue pour intégrer des services.

L'avantage des L.B. par satellites est que l'intégration des services dans un seul réseau terrestre n'est pas encore très répandu.

L'infrastructure terrestre de téléphonie ne permet pas le upgrade pour d'autre services.

Liens Inter Satellites (LIS)

Ref:

<http://itri.loyola.edu/satcom/toc.htm> (page WEB du rapport de "International Technology Research Institute (ITRI)" de la NASA.

M. Wittig, "Large-Capacity multimedia satellite systems" dans *IEEE Communications Magazine*, special issue on *Broadband via Satellite* Vol. 35 No. 7, July 1997, pp. 44-49.

Possibilités de croître la capacité de système de satellites GEOs:

- Augmenter la capacité d'une région géographique donnée:
se fait en mettant plusieurs satellites dans le même endroit.
Cela demande des LIS de distance de environs 100km et de
bande passante de 1 Gb/s.

- Étendre la région géographique:
demande des LIS de distances entre 1500km (correspond à 2°)
à 83000km, bande passante de 1Gb/s.

La bande Ka n'est pas un bon candidat pour les LIS à larges bandes, à cause de l'interférence avec les liens avec la terre.

Les candidats sont

- la bande 40/60 GHz: LIS à ondes millimétriques.

La technologie 50/60 GHz existe déjà.

Taille d'antenne: 2m de diamètre.

- les LIS optiques.

Vont augmenter la capacité de transmission satellites par plusieurs ordre de grandeurs. Avantage: les terminaux satellites plus petits et plus légers.

LIS à ondes millimétriques

Terminal conçu par l'industrie européenne sous la supervision de l'Agence Européenne de l'Espace.

50 - 60 GHz.

Poids: 57 Kg.

Puissance: 130W.

Transmission bi-directionnelle de 1.5Gb/s.

Antène de 1.8m.

Budget du lien pour 100°

Gain de l'antenne	58.7 dB
Distance	65,000 km
Pertes dans l'espace	-244.3 dB
Bruits au récepteur	8 dBa
G/T	25.6 dBK
E_b/N_0 nécessaire	9.5 dB
EIRP nécessaire	69.3 dBW
Puissance de transmission nécessaire	13 W

Rappel:

- EIRP (Effective isotropic radiated power) def
Puissance de transmission - Pertes dans le guide d'onde du transmetteur + Gain de l'antenne.
- G/T: Gain de l'antenne de réception - Pertes dans le guide d'onde du récepteur - Température effective de bruit.
- E_b/N_0 Rapport signal bruit

Les LIS optiques

Le terminal contient:

Transmetteur laser,
Récepteur optique,
système de contrôle fin et grossier pour pointer.

Le produit puissance fois diamètre de l'antenne (télescope) doit être très large.

Avec un diamètre du télescope de 10cm - un gain de 109 dB.

Budget du lien pour 100° , avec transmission bi-directionnelle de 1.5Gb/s:

Longueur d'onde	1064 nm (Nd: Yager laser)
Diamètre du télescope	10cm
Type de récepteur	Détection Homodyne
Modulation	Binary phase shift keying avec bit de sync
Codage	Single parity check with soft decision
Distance	65,000 Km
Pertes dans l'espace	-297.7dB
Total transmission	-8 dB
Sensibilité du récepteur	-55 dBm (12 photobns/bit)
Puissance de transmission nécessaire	2 W

Terminal conçu par l'industrie européenne sous la direction de l'Agence Européenne de l'Espace.

Caractéristiques du terminal:

Poids: 9kg - tête optique, 7kg - partie électronique.

Consommation de puissance: 40 W.

Autres LIS:

SILEX (développement Européen) sera utilisé sur ARTEMIS (an 2000). Permet des LIS entre GEO et LEO. Ref de LIS optiques:
http://itri.loyola.edu/satcom/c5_s4.htm

LIS OICETS (Japonais): compatible avec SILEX. 60 Mbits/sec avec un laser qui transmet 50-100mW. Télescope de 30cm. poids: 100kg, utilisation de 140 W.

Ref de LIS optiques:

http://itri.loyola.edu/satcom/c6_s1.htm

Les LEOs larges bandes

Permettent de réduire considérablement la taille des antennes.
A 1600km, on peut la réduire par un facteur de 20: 5cm au lieu de 1m.

Avec la même taille de terminaux terrestre que pour les GEOs, on peut croître le débit de chaque usager par 500.

Architectures et équipements complexes: vitesses de tels LEO: 7km/sec. Il faut des antennes qui peuvent changer leurs angles.

Références:

- <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/>
- Résumés des constellations LEOs pour les MSS et pour les larges bandes:
<http://www.inria.fr/sloop/personnel/Jerome.Galtier/sats.html>

Les avantages de LEOs, Les latences

Voir: “Does Latency Matter?” dans
<http://www.teledesic.com/tech/latency.html>.

- **Voix:** la latence devient perceptible à partir de délais de 100-200msec.
- **Multiplexage statistiques** les méthodes de réservation dynamiques de bande passante (par ex. RCBR, ou ABT) ne fonctionnent pas si l'échelle de temps de la durée des rafales est inférieure au temps aller retour.

TCP et latence

- Le débit max de TCP est borné par la taille max de fenêtre divisée par le temps aller-retour.

Ex: Pour Windows 95 et Windows NT la fenêtre max est de 64kbits.

Le débit max sur GEO ($T=0.5\text{sec}$) est 128 kbps.

Un lien GEO de 2Mbps serait utilisé à 7%.

- Vitesse d'adaptation: les changements de tailles de la fenêtre sont initiés par les acks qui arrivent après un délai aller-retour.

La phase Slow-start peut prendre 2 min sur un lien GEO!

- Les opérateurs terrestres important de Internet garantissent des délais inférieurs à 100-150msec (UUNET, Concentric, AT&T, Sprint).

Les constellations larges bandes

Deux géants américains: Microsoft/Craig McCaw, et Motorola se sont lancés dans deux constellations concurrentes, Teledesic et Celestri.

Teledesic: 9 Milliards US\$, Celestri: 13 Milliards \$.

A la fin de 1998, ils ont annoncé leur rapprochement, Motorola a abandonné Celestri au profit de Teledesic, et a pris 26% de participation dans Teledesic.

Motorola est devenu le chef de file de l'équipe industrielle qui réalise Teledesic.

Ce rôle avait été attribué à Boeing, dont le rôle serait maintenant d'assurer les lancements des satellites.

Il reste plus que deux constellations en concurrence dans le domaine du multimédia:

- Skybridge d'Alcatel Espace, devrait être opérationnel en 2001,
- Teledesic, suivra en 2003.

Teledesic

- Premier réseau satellites large bande.
- Le premier satellite de la constellation a déjà été lancé en Février, 1998. Mais il s'agit d'un satellite expérimental.
- Ref: <http://www.teledesic.com/overview.html>

Objectifs

Teledesic ne compte pas commercialiser directement ses services auprès des utilisateurs finaux.

Proposera plutôt un réseau ouvert permettant à d'autres entités d'offrir de tels services.

Offre une bande passante à la demande, permettant aux utilisateurs de demander et de libérer une certaine capacité en cas de besoin.

Ceci permet

- aux usagers de ne payer que la capacité utilisée réellement,
- au réseau de prendre en charge un nombre beaucoup plus grand d'utilisateurs.

La constellation

- Constellation de 288 LEOs. divisée en 12 orbites polaires ayant chacun 24 satellites.
- Altitude 1400km.
Latence de 20-75msec.
- 8 LIS par satellite, en quatre directions.
- Bonne qualité de la couche physique:
BER (bit error rate) de moins de 10^{-10} grâce au FEC.

■ L'angle de Site

Un satellite peut toujours être vu presque directement au-dessus de la tête, de n'importe quel point sur Terre.

Ceci est possible avec un angle de site de 40° ou plus, à tout moment et en tout lieu.

Un angle de site plus petit augmente sérieusement les chances d'obstruction par les bâtiments, les arbres.

(La bande Ka est plus sensible que L et S.)

Moins d'atténuation par la pluie.

- **Commutation et Routage:** Adaptifs. A base de commutation par paquets.
Des paquets de la même session peuvent prendre des chemins différents.
Chaque nœud choisi indépendamment comment router un paquet qui arrive, selon des calculs des chemins les plus courts.

- Chaque paquet contient
 - une entête avec l'adresse de la destination et un numéro de séquence, plus un contrôle d'erreur;
 - l'information numérique

- Le terminal du destinataire doit reordonner les paquets.

■ Bande passante, fréquences, accès

Millions d'utilisateurs simultanés.

La plupart des utilisateurs auront des connexions bidirectionnelles qui fourniront jusqu'à 64 Mbit/s sur la liaison descendante et jusqu'à 2 Mbit/s sur la liaison ascendante.

Il y aura aussi des liens de 64 Mbit/s sur chaque direction.

Dans n'importe quelle zone circulaire d'un rayon de 100 km, le réseau Teledesic peut prendre en charge plus de 500 mégabits par seconde (Mbit/s) de données en partance et en provenance de terminaux utilisateurs.

Les terminaux à large bande offriront une capacité bidirectionnelle de 64 Mbit/s.

- **Fréquences:** Utilisation de la bande Ka: 28,6 - 29,1 GHz sur la liaison ascendante et 18,8 - 19,3 GHz sur la liaison descendante.

- **Méthode d'accès**

MF-TDMA (MF = multi-frequency) pour le lien ascendant,
ATDMA (= Asynchronous TDMA) pour le lien descendant.

SkyBridge

- Références:

Communiqué de Press, Washington D.C., 1er Juin, 1998.

- Coût prévu: 4,2 milliards de dollars américains.

- Le partenaire principal: Alcatel.

Autres partenaires:

- Loral Space & Communications of the US,
- Toshiba Corporation,
- Mitsubishi Electric Corporation
- Sharp Coporation of Japan
- SPAR Aerospace Limited of Canada
- CNES
- SRIW (investisseur Belge)

La constellation

- 64 satellites LEOs ont été prévus initialement, puis ce nombre a été augmenté à 80.
- Satellites de type *bent-pipe*.
- Altitude de 1469 km.
- Recouvrement permanent entre les latitudes -68° et $+68^\circ$.
- Orbites circulaires d'inclinaisons de 53° .
- 20 plans orbitaux de 4 satellites chacun.
- Période de 115 minutes.

Les satellites

- Dimensions: $1\text{m} \times 16\text{m} \times 4,2\text{m}$.
- Poids: 1250 Kg.
- Puissance de 3,5 KW (en fin de vie).
- Durée de vie de 8 années.

Le segment utilisateur

- Le système peut traiter 20M usagers.
- Les usagers utiliseront
 - des terminaux de 50cm de diamètre de puissance de 2W, et
 - des terminaux permettant de servir plusieurs dizaines d'usagers avec diamètre de 60-100 cm.
- Deux types d'usagers:
 - Un *utilisateur résidentiel* typique installera une antenne de 45cm de diamètre à l'extérieure, qui lui peremtttera l'accès vec des réseaux ATM, Ethernet, fast Ethernet, ISDN, etc.
Coût du terminal: environ 4000 FF.
 - Un utilisateur professionnel aura deux antennes de 70 cm de diamètre permettant en plus l'accès aux LANs, WANs, PBX et autres.
Coût du terminal: environ 11000 FF.

Le segment terrestre

Les station-passerelles et les communications

- Le but est de connecter des usagers à des réseaux terrestres larges bandes en utilisant l'ATM, ou d'interconnecter des usagers en leur offrant des connexions de bandes étroites ou de larges bandes.

Cela se fait par 200 station-passerelles.

Les connexions usager-à-usager utilisent les liens terrestres!

- Chaque satellite recouvre une région de rayon de 3000km avec 45 faisceaux;
chaque faisceau correspond à une station-passerelle:
une région de rayon 350km.
- Dans chaque région, la commutation et le routage entre satellites est administrée par la station-passerelle, et elle est transparente pour l'utilisateur.

Il y a toujours au moins un satellite visible dans chaque région d'une station-passerelle,
la plupart du temps il y en a au moins 2,
en plus 4 satellites visibles, pouvant transmettre du trafic.

- Une station-passerelle peut traiter 350,000 usagers par satellite visible.
- La station-passerelle a 4 antennes qui peuvent se diriger vers les satellites.

- Si une station-passerelle ne peut pas être liée directement à un réseau terrestre large bande, on peut utiliser des liens intermédiaires entre des station-passerelles haut débit pour établir une telle communication.

Centres de Contrôle et d'Opérations des Sats

(SOCC – *Satellite Operations Control Center*)

Contrôlent les fonctions mécaniques: lancement, mise en orbite.

Fréquence et débits

- Les liens sont asymétriques, calculés pour des applications Internet:
 - débit allant jusqu'à 20Mbps pour le lien descendant,
 - débit allant jusqu'à 2Mbps pour le lien de ascendant.

L'utilisateur peut demander des multiples de 16 kbps. Cela permet d'avoir une bande passante adaptée aux besoins.

- Capacité totale de 200 Gbps;

capacité de 1 Gbps sur une région de rayon de 350km durant les périodes où un seul satellite est visible

capacité de 3 Gbps quand 3 satellites sont visibles.

- La communication entre usager – satellite – station-passerelle se fait en utilisant la bande Ku.

Fréquences de 10 GHz à 14 GHz.

Pour éviter les interférences avec des GEOs, les transmissions des satellites seront coupées entre les latitudes -10° et 10° .

La communication est quand même assurée car il y a plus d'un satellite en vue.

- Accès: ARMT, AMRF, AMRC.