

1990'LAR İÇİN UYDU TEKNOLOJİSİ VE SENARYOLARI*



C.E. MAHLE, G. HYDE ve T. INUKAI
Çeviren: Murat KILINÇ

Yaygın iletişim uydularının ilk iki teknolojik gelişim döneminde, vurgulanan konu genişleyen gidiş-geliş ihtiyacı

Özgün Metin: "SateHite Scenarios and Technology for the 1990's" IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. SAC-5, No: 4, Mayıs 1987.

cının güvenilir bir hizmet olarak sağlanmasıydı. Şu sıralarda fiber-optik kabloların geliştirilmesi, kurallardaki

değişiklikler ve trafik genişlemesindeki yavaşlama dik-kati yeni gelişen teknolojilere çekti. Bu yazı, 1990'lar için düşünülmüş senaryolar hakkında tahminler sunmakta ve bu senaryolar için gerekli teknolojileri tanımlamaktadır.

Bu yazının ana ögesi olan sabit uydu servisleri (Fixed Satellite Services, FSS) çoğunlukla konuşma iletişimi için kullanılmakta ve 21. yüzyılda da öyle kalacağı gözükmektedir. Bununla birlikte, ISDN (Integrated Services Digital Networks; Tümleşik Servis Sayısal Ağları) ses iletişimde önemli bir yere gelecektir, tümüyle öyle olmasa bile bu ağlar konuşma taşıyacaklardır (Bunların önemi, veri ve öbür hizmetlerin kolayca sağlanabilir olmasında ve hız düzenlemesinde yatmaktadır). Buna göre 2000'li yıllarda bu hizmetlerin önemli bir yer tutacağı söylenebilir ama bunun yanında bu teknolojinin baskın durumda olmayacağını gösteren birçok neden de vardır. Ayrıca bu servislerin kullanımı günümüzde yaygın halde değildir.

Uydu sistemlerinin tasarımında teknolojik yaklaşım yerini ekonomik etkenlere bırakmıştır. Günümüzde fiber-optik kablo sistemi ile uydu sistemlerinin ekonomik değerlerini karşılaştıran birçok şey yazılmış ve söylenmiştir. Yanılı sayı, hizmet ömrüne göre aşınma bedeli, kabloyu döşeyen gemi için yapılan ödemeler, araştırma/geliştirme-yen harcananlar ve bunun gibi ölçütlere dayanan ekonomik çözümlerler değişik, kimi zaman da karşıt sonuçlar verebilir. Çok-noktadan çok-noktaya (multipoint-to-multipoint) haberleşme düşünüldüğünde, ekonomik çözümler daha da karışık bir hale gelmektedir. Okyanus-ötesi bir sistem için, fiber-optik kablonun dünya yüzeyindeki uçlarının esnekliği ile gidiş-geliş kaynaklarına yakın yerleştirilmiş yer birimi olan bir uydu sisteminin esnekliği karşılaştırılmalıdır.

Görünen odur ki, ekonomik etkenler gelecek sistemlerin tasarımındaki tek etken değildir. Siyasi ve askeri istekler de karar verme işleminde önemli bir yer tutmaktadır. Mühendislik açısından, uydu ve kablo sistemini beraber kullanmak daha anlamlıdır. Herbirinin kendisine göre bir avantajı vardır ve herhangi birinin eksikliğini diğeri kapatabilir. Herşeye karşın, günümüzde uydu sistemlerinin tasarımında en önemli değişkenler ekonomik olanlardır. Durumun nereye gittiğini görmek için, bugünlere nasıl gelindiğine kısaca bakmak yararlı olacaktır. Kökenleri bakımından, denizaltı kablolar ve uydu sistemleri hız-ayarlıdır (rate-regulated). İki de AT & T. (American Telegraph & Telephone Company) şirketinin ve kullanıcı PTTlerin önemli yatırımlarının konusudur, örnek olarak COMSAT adlı Amerikan uydu şirketinin B sınıfı hisselerinin % 60'ını elinde tutan AT & T, yeruydu merkezleri birliğinin en büyük ikinci üyesidir ve aynı zamanda A.B.D.'nin en büyük okyanusötesi kablo yatırımcısıdır. Uydu sistemlerinin ikinci gelişme döneminde A.B.D.'deki görüntü de değişmeye başladı. FCC (Federal Communication Committee, Birleşik Haberleşme Kurulu) kurulmasının A.B.D. uydu pazarına açılması, COMSAT, AT & T COMSTAR anlaşması ve diğer etmenler AT & T'nin COMSAT hisselerini elinden çıkarmasına neden oldu. Böyle-

ce, 1970'lerin ortalarından başlayarak, INTELSAT servisinin en büyük müşterisi, INTELSAT'ın kârlılığında yararlanmadı. Son dönemde, AT & T'nin bugünkü AT & T ve Bell işletim ailesine bölünmesine ve yurtiçi uzun hat iletimi için seçeneklerin ortaya çıkmasına tanık olundu. Bell işletim ailesinin okyanusötesi kolaylıklara erişmesi engellendi ve A.B.D.'nin uluslararası taşıyıcılarına erişmek durumunda kaldı. AT & T, MCI, SPRINT ve diğerleri yerel ve okyanusötesi servisleri sağladılar ve sağlıyorlar. COMSAT da düzenli bir bölünmeye gitti, özellikle, uluslararası uydu yer-merkezleri INTELSAT'ın imza yetkisinden alınarak başka bir kuruluş olan COMSAT'a verildi. Denizle ilgili servisler INMARSAT'ın yetkisinde bulunmakta ve bu kuruluş, hem uzay hem de deniz kıyısı yer uydu merkezlerini düzenlemektedir. Bunun yanı sıra, INMARSAT'ın getirdiği servislerin COMSAT'ın servisleriyle karışmaması için de kurallar belirlenmiştir.

2000 yılında Bell işletim ailesi, AT & T ve COMSAT'ın çeşitli bölümleri üstündeki kısıtlamaların yasal konumunun nasıl gelişeceği açık değildir. Açık olan tek şey yasal durumun oynanacak alanı ve kurallarıdır. Bunlar da yalnızca katılanların her bit için teknoloji ve CCIT (Consultant Committee of International Telegraph-Telephone, Uluslararası Telgraf ve Telefon Danışma Kurulu) ve CCIR (Consultant Committée of International Radio, Uluslararası Radyo Danışma Kurulu) kuralları dışında nasıl rekabet edileceğini belirleyen kurallardır. Bu da kanunlardaki, hukuktaki ve FCC kurallarındaki değişiklikler en az ekonomik etkenler kadar önemli olduğunu göstermektedir.

GEÇERLİ SERVİSLER

Günümüz ticari uyduları üç geniş alanda servis sunmaktadır: FSS (Fixed Satellite Services; sabit uydu servisleri), MMSS (Maritime Mobile Satellite Services; denizcilikle ilgili gezgin uydu servisleri), BSS (Broadcast Satellite Services; yayın uydu servisleri). FSS, yerdeki durağan bir merkezden uydu aracılığıyla bir ya da birçok değişik durağan yer merkeziyle yapılan haberleşmeye dayanır. Bu servisler; konuşma, haber, veri iletişimleri, TV ve ses dağıtım işlerini içerir. FSS, uluslararası olarak INTELSAT ve INTERSPUTNIK tarafından sağlanır, bunun yanında bu servisleri yöresel ve ulusal olarak sağlayan uydular da vardır. Bütün bu FSS sistemleri jeosenkron yörüngede durağan uydulardır (dünyayla aynı hızda dönmektedirler). INTERSPUTNIK, kuzey bölgelerini kapsayabilmek için eliptik yörüngeli uydularda kullanılmaktadır. Askeri amaçlı uydular, hem durağan hem de hareketli yörüngeler kullanmaktadır.

Uydu sistemlerinde birçok değişik erişim yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları FDM/FM/FDMA (Frequency Division Multiplexing/Frequency Modulation/Frequency Division Multiple Access; frekans bölünmeli çoklama/frekans modülasyonu/frekans bölünmeli çoklu erişim), SCPC (Single Channel Per Carrier; tek kanal tek taşıyıcı), TDMA (Time Division Multiple Access; zaman bölünmeli çoklu erişim), FM video ve benzerleridir. Kullanılacak sistemin seçimi, verilecek servisin niteliğine ve gidiş-geliş yoğunluğuna dayanır.

Bir yerel Amerikan uydu haberleşme kuruluşu 48Mbit/saniye hızına sahip TDMA sistemini kullanmaktadır. 1985 yılında INTELSAT 120Mbit/saniye hızlı TDMA sistemini işler hale getirmiştir. İletişim günümüzde giderek sayısal olurken uydu sistemleri de buna uyum sağlamaktadır.

FDM/FM/FDMA taşıyıcılar genellikle grup, süper grup ve geniş konuşma kanallarının birleştirilmiş olduğu durumlarda SCPC ile birlikte kullanılır. Bunların yanında birçok SCPC servisi vardır. İki yönlü konuşma SCPC üzerindeki frekans ayrıklarında gerekli yerleştirmeler ve uygun modülasyon teknikleri kullanılarak sağlanabilir.

TDMA ilk olarak ulusal bir uydu sistemi olan Kanada'nın Telesat uydusunda, ticari bir FSS olarak kurulmuştur. Bölgesel ve ulusal olarak sağlanan FSS, uluslararası olarak sağlanana benzer şekilde çalışmaktadır. MMSS uluslararası sunulmaktadır. BSS ulusal ve bölgeseldir ve bugünkü durumda dünyayı kaplayacak uluslararası bir BSS'in yaratılması düşünülmektedir. Bunun yanında televizyonun bütün dünyaca FSS aracılığıyla kullanımı vardır. Buna en güzel örnek olimpiyatların bütün dünya ülkeleri tarafından izlenebilmesidir.

Denizcilikle ilgili servisler, genellikle bir deniz aracından (INMARSAT servis alanına havacılıkla ilgili olanları da eklenmiştir) bir bağlantı aracılığıyla sabit bir yer merkezine, oradan da gideceği yere ulaştıran hizmetlerdir. INMARSAT teleks, konuşma, veri, genişbantlı veri ve SAR (Search And Rescue; ara ve kurtar) servislerini vermektedir. INMARSAT günümüzde MARISAT, MAREC uydularını ve INTELSAT V uydularındaki denizcilikle ilgili servisler için ayrılan bölümleri kullanmaktadır. Bu uyduların hepsi jeosenkron yörüngesindeirler. İkinci nesil bir uydu olan INMARSAT II yapım halindedir.

BSS daha olgunlaşmamıştır. Henüz deney aşamasındadır ve gelişmektedir. İlginin odak noktasını televizyon oluşturmaktadır. Bununla birlikte teleteks, sinema gibi düşünceler de bulunmaktadır. BSS 1980'lerden sonra yavaş yavaş deneyimsel olmaktan çıkıp küçük çapta gerçekleştirilmeye başlamıştır. Bölgesel ARABSAT ve IN-SAT uyduları böyle bir servis verecek şekilde tasarlanmışlardır.

En son olarak, radyo amatörlerinden söz etmek gerekir. Radyo amatörleri, geçmişte ve günümüzde sınırlı bütçeleri ve kendi çabalarıyla gelişmeler sağlayan kişilerdir. Günümüzde de bu çabalarını sürdürmektedirler. Radyo amatörleri için, OSKAR uydusuyla UHF bandında oluşturulan ağ bu çabalara güzel bir örnektir.

GELECEĞİN SERVİSLERİ

Bütün bu servisler net ulusal gelir, nüfus gibi indekslerden çok daha hızlı bir şekilde değişmekte ve büyümektedir. Dünya iletişim çevresi (ki uydu iletişimi de bunun bir parçasıdır) çok hızlı bir şekilde değişmekte ve elimizde gelecekteki durumu gösterecek bir belirti de bulunmamaktadır. Bununla birlikte, uydu sistemlerini etkileyecek iki değişiklik vardır. Bunlar fiber-optik ağlar ve ISDN'dir. Optik fiberlerin gelecekte uzun haberleşme hatlarında yerel bağlantılarıyla birlikte baskın bir şekilde kullanıla-

cağı söylenebilir. Bunun nedeni de maliyet ve işletim kolaylıklarıdır. Servis maliyeti düşüncesine göre 1990'ların sonuna doğru optik fiberlerin ev bağlantılarında da gireceği kesin gibidir.

Denizaltı fiber-optik kablolar okyanusötesi uydu servisleri için ciddi bir rakip oluşturacaktır. 2000'li yıllarda da ISDN'de ulusal tek haberleşme ağı olacaktır. Bu iki gelişmenin en büyük etkileri FSS üzerinde görülecektir. Bütün bu gelişmelere karşın iletişim yine insandan insana konuşma, veri, tele-oturum, belki de görüntülü telefon olarak kalacaktır. Bunun için ISDN'in uyumluluğu ve optik fiberle olan bağlantısının sağlanması bir zorunluluktur.

Bu yarışma ortamında uydu haberleşmesi yerini korumak için çok çalışmak zorundadır. Sorunun bir parçası uydu kanalından yapılan veri ve konuşma iletişimindeki problemlerin yanlış algılanmasıdır. Uygun biçimde yanlış yok edilmesi yoluyla tek atlamalı ses devrelerinin özel test edilmesi dünyada kullanılan sistemlerden çok farklı bir kullanıcı onayı sağlamamıştır. Veri iletişimde, uygun protokoller ve ön yanlış düzeltmeleri ile çıkışlarda çok yüksek düzeyler ve çok düşük yanlışlı hızları sağlanabilir. COMSAT laboratuvarlarında ve Amerikan Ulusal Standartlar Bürosu'nda yapılan deneylerde bu sorunun yapay bir sorun olduğu, sorunun uydu devrelerinde olmadığı ve bir protokol sorunu olduğu gösterilmiştir. Gerçek sorun, geniş olarak yayılmakta olan yanlış anlayışların silinmesidir.

Gerçekte, çift atlamalı uydu devrelerinin gerçekleştirilmesi yıldız düzenlemeli sistemlerle yapılmaktadır. Bu sistemlerin ekonomik üstünlüğü alçakgönlü uydu kaynak kullanımı ve pahalı olmayan yer birimleri sağlamanın yatmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi uygun protokollerle, yüksek veri iletişimi sağlanabilir. Örnek olarak, COMSAT'ın STARCOM sisteminde, 56 Kbit/saniye veri iletişimi yıldız uçlarındaki 1,2 m'lik antenle yalnızca 2W iik güç yükselticisiyle sağlanmaktadır. Bunun gibi binlerce küçük yer uç birimi tek geniş çerçeveli yer merkeziyle (25W, 5m) beslenebilir. Maliyet verimliliği düşünüldüğünde bunun gibi yıldız ağlarını kullanan uydu iletişiminin 1990'larda, hatta 21. yüzyılda da rekabet ortamındaki yerini koruyacağı söylenebilir. Buna benzer teknikler konuşma servislerinde de kullanılabilir ama bu kez gecikme sorunu ortaya çıkacaktır. Yıldız uçlarından merkeze gelen ve giden konuşma devrelerinin tek atlamalı ve gelişmiş konuşma işaretleme teknikleri kullanması kabul edilir olacaktır. Fakat bir yıldız uçtan başka bir yıldız uça servis çift atlamalıdır. Çift atlamalı konuşma devreleri çoğu insanın alışabileceği ama bunun yanında rahatsız da olabileceği gecikmeye sahiptir. Böyle olmasına karşın, ayrı yaşayan birimlerle çift atlamalı konuşma servisi diğer seçeneklerden daha elverişli olabilir. Dağlarda, kutup bölgesine yakın yerlerde olanlar (böyle bir servis haleni Alaska'da kullanılmaktadır), özellikle de küçük adalarda yaşayan birimler için böyle bir sistem oldukça uygundur. Buna ek olarak, veri ve konuşma dışı servisler için kurulmuş bir yıldız ağı, gelecekte konuşma iletişimi gereksinimi karşılanmak istendiğinde de küçük bir birim bedelle bu ihtiyacı karşılayabilir. 1990'larda bu-

nun gibi sistemlerin görülmesi, ekonomik nedenler ve varolan bağlantılar yüzünden beklenebilir.

TDMA, 1976 yılında, ekonomik ve teknik olarak gençlik çağındayken, FSS'de kullanılmaya başlandı. 1980'lerin sonu ve 1990'ların başında uydu haberleşmesinde TDMA hızlarında yüksek (220 Mbit/saniye) ve alçak (1-3 Mbit/saniye) hızlar görülecektir. VLSI devre elemanları-nm düşük hız TDMA (LRTDMA, Low-rate TDMA) sistemlerinde kullanılması ve bu TDMA sistemlerinin maliyetinin çok düşük olması onların 1990'larda geniş olarak kullanımını sağlayacaktır. LRTDMA, daha düşük EIRP (Effective Isotropically Radiated Power; Isotropik etkin yayılan güç) düzeylerinde de kullanılabilirliğinden ve böylece daha küçük, düşük maliyetli yer uçları sağlaması bakımından 1990'larda da kullanılabilir olacaktır.

Zamanımızda gidiş-gelişin en büyük bölümü konuşmadır ve bu 1990'larda da böyle olacaktır. Belirli bir frekans aralığında daha çok konuşma kanalı sağlamanın birçok yolu vardır. Bastırma ve genişletme (companding), sayısal LRE (Low Rate Speech Encoding; düşük hız konuşma işaretleme) kullanan devre çarpımı, sesin, ses kanalında kullanılan zamanın yalnızca % 40'ını kullanmasına dayanan DSİ (Digital Speech Interpolation, Sayısal konuşma interpolasyonu) bunlardan bazılarıdır. PCM ile (Pulse Code Modulation; darbe işaretli modülasyon) 64 Kbit/saniye'lik düzgün ses sağlayan hız, APCM'le (Adaptive PCM, Uygulanabilir PCM) 32 Kbit/saniye'ye düşmüştür. Bu hızı 16 Kbit/saniye'ye düşürecek gelişmeler 1980'lerin sonunda elde edilecek ve 1990'ların başı ve ortasında da uygulanabilir olacaktır. Buna benzer bir şekilde, fakat değişik araçlarla tek alıcı-vericiyle birçok TV kanalının kullanımı geliştirilmiştir.

Tek geniş bantlı iletişim ortamında bu tekniklerin kullanımını herhangi bir kısıtlamayla karşı karşıya değildir. Kaynak işaretleme, haberleşmenin her türü için verimli bir alandır. Uydu haberleşmesi yararına olan kısmı varolan ve varolması beklenen planlara uygulanabilirliğidir. Örnek verecek olursak; INTELSAT VI'ler halen yürüğe girerler, INTELSAT V.'lar da üretim aşamasındadırlar, bu uyduların ve bunları kullanan yer merkezlerinin kapasiteleri düşük bir devre basma maliyetle bu teknikler kullanılarak sağlanabilir. Böylece, daha az sayıdaki uydu daha çok konuşma kanalı taşıyabilir ve ömür hesaplamasında kapasite dolmuş sorunu ortadan kaldırır.

MMSS, 1990'larda MSS'e (Mobile Satellite Services; gezgin uydu servisleri) dönüşecektir. Bu «servisler planörden, motorsikletten ve kayıktan büyük, uçan, yürüyen ve yüzen herşeye hizmet edecek şekilde genişleyecektir. Konuşma işlem ve işaretlem 9 tekniklerindeki gelişme ve hafif ama sağlam antenlerin ortaya çıkışı bu alandaki değişimi oluşturacaktır. 8 Kbit/saniye'lik hızlarda kaliteli konuşmanın 1990'larda gerçekleştirileceği, 2000'i yılların başında da işleme alınacağı söylenebilir. Bunun öteki servisler getireceği yararların yanında sorunları da vardır. Gezgin uydu servislerindeki yararlı yanlar sorunları karşılamaktan uzaktır. Doğrusal algılayıcı işaretleme teknikleriyle 2.4 Kbit/saniye hızla konuşma çok kaliteli olmasa da belirli bir düzeyde sağlanabilmektedir. Gezgin topluluklar için bu kabul edilebilir bir kalitedir. Bu-

nun yanında yüksek bit hızlı MSS de beklenebilir. SAR ve diğer acil servislerin deniz, hava ve karayı kapsayabileceği düşünülebilir. Günümüzdeki kara-gezgin çalışmaları, yerleşim bölgelerinden uzakta yaşayanlar için geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yerleşik birimler dışındaki haberleşmenin tümünde, gezgin haberleşme servisi veren uydular avantajı elinde tutmaktadır. 1990'larda gezgin uydu servisleri tüm potansiyeliyle etkinliğini gösterecektir.

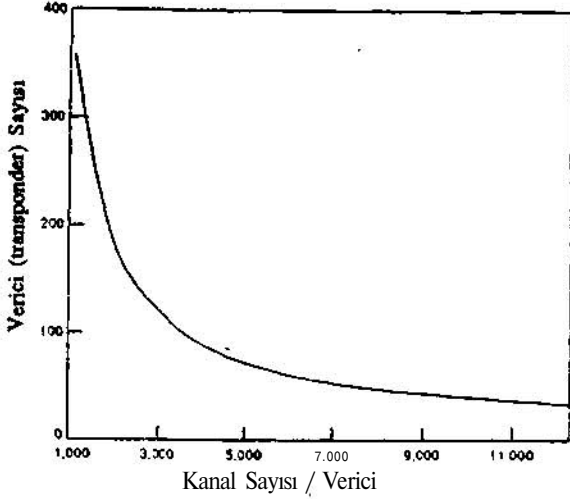
Öte yandan, BSS uydularının geleceği biraz karışıktır. BSS uyduları, birçok sınırlama ve katı rekabetten etkilenmektedir. Politik sınırlamalar (belirli bir alandan başka bir alana yayın yapmamak gibi -ki bu çok karışık ve zor anten tasarımlarını gerektirir), coğrafi sorunlar (kullanıcı alanında birçok zaman diliminin bulunması) ve benzerleri bu tip uyduların geleceğini etkilemektedir. Bununla birlikte, dünya genelinde TV standartlarında da bir düzenlilik yoktur. NTSC Amerika ve Japonya'da, SECAM Fransa ve S.S.C.B.'de, PAL ise diğer ülkelerde kullanılmaktadır. Buna ek olarak, yüksek güçlü (100 W ya da daha fazla) yüksek frekans yüksetteçlerinin yeteri kadar uzay deneyimi olmaması da yayın amaçlı uydular için sorun olmaktadır.

Bu sorunlar dışında televizyon sistemlerindeki stereo TV ve video sistemlerinin getirdiği rekabet bu tip uyduların geleceğini etkileyecektir. Hükümetler, özellikle A.B.D.'de yayın amaçlı BSS'i desteklemişlerdir. 1990'larda bu tip uydu servislerinin tüm dünyada varolacağı, olmasa bile bölgesel ve ulusal olarak bu servislerin sunulacağı söylenebilir.

Uluslararası haberleşmenin az anlaşılabilir yüzü onun dağılımıdır. Bizim ilimiz ayrıntılı bir gidiş-geliş çözümü ve gösterimi değildir. Okyanüsü gidiş-geliş (Atlantik Okyanusu bölgesi en yüklü gidiş-geliş sahip bölgedir), kullanılabilir en iyi sistemin fiber-optik kablo sistemi olduğunu söylemek yeterlidir. A.B.D. ve Batı Avrupa arasındaki gidiş-geliş en yoğun olanıdır ama bu gidiş-geliş INTELSAT'ın Atlantik Okyanusu bölgesinde taşıdığı gidiş-gelişin yarısından biraz fazladır. Bundan başka, Batı Avrupa'daki birçok ülkenin uyduya bağlı oldukları gibi doğrudan kablo sistemine bağlı olmalarından ötürü gidiş-gelişin birkaç kablo-başı ülkeden geçmesi söz konusudur. Böylece okyanüsü fiber-optik kablo-nun tüm ekonomisi, geçerli olan INTELSAT kapasitesinin yarısıyla sınırlı kalmakta, bunun yanında da birçok ülke kablo sistemine doğrudan bağlanmamaktadır (Ayrıca bazı ülkeler haberleşmelerinin belirli merkezlerden geçmesini istemeyebilir).

1990'larda, ticari haberleşme uydularının ana ögesi yine durağan uydu servislerinde kalacaktır. Bunu akıldan tutarak, halen kullanılmakta olan uydularda ve kullanılacak olanlarda rekabetçi ortama uymak için gerekli olan değişiklikler odaklanmıştır. Belirtilen gibi okyanüsü geniş bir fiber-optik ağ varolabilir. Rekabet edebilmek için, uluslararası uydu sistemlerinin maliyetlerini düşürürken, niteliklerini artırmaları gerekmektedir. 1970'lerin sonları ve 1980'lerdeki GaAs teknolojisi, MMC (Monolithic Microwave Integrated Circuits; Monolitik Mikrodalga Tjleşik Devreleri), VLSI, gelişmiş modülasyon ve işa-

retleme teknikleri, protokoller ve uyarlamalar gibi çeşitli alanlardaki gelişmeler uydu sistemlerini 1990'ların rekabetçi ortamına getirdi. İlk aşama, halen yörüngede olan veya üretim aşamasındaki uydularda (senaryodaki acil rekabetçi tasarımlar düşünülmeden hazırlanan) rekabet edilebilecek durumda kalmak, ikinci aşamada 1990'ların ortasına doğru uydu teknolojisindeki gelişmelerle rekabet üstünlüğünü tekrar kazanmaktır.



ŞEKİL 1. 2005 yılı için bir AOR gidiş-geliş gereksinimini karşılamak için bir verici kapasitesi

EKONOMİK DURUM

Yukarıda da değinildiği gibi buradaki maliyet çözümleri, hizmet ve teknolojik seçenekler dikkate alınarak yapılmıştır. Şekil 1'de Atlantik Okyanusu bölgesindeki gereksinimleri karşılayacak 80 MHz'lik (72 MHz + 8 MHz korunma bandı) alıcı-vericilere karşı kullanılan teknoloji dağılımı verilmiştir. Teknoloji geliştikçe gerekli alıcı-verici sayısı azalmaktadır. FDM/FDMA'in 360 kadar alıcı-verici istemesine karşın, bastırılmış CFDM/FM sistemi bu sayıyı yarıya düşürmektedir. Kullanılan teknolojiye göre alıcı-verici sayısı 30'a kadar düşmektedir.

Yapılan çözümlerle iletişim durumlarındaki önemli değişiklikleri de göz önüne almıştır. Bu FDMA ve TDMA'in DSI yöntemi, yöntemsiz (3 Mbit/saniye'den 3 Mbit/saniye'lik aşamalarla) ve bastırılmış CFDM/FM taşıyıcılarını (10

MHz'den başlayarak, 10 MHz'lik aşamalarla) içermektedir. Kaynak işaretleme hızı 16 Kbit/saniye ve 32 Kbit/saniye olarak düşünülmüştür. Kanal ön yanığı düzeltilmesi yer merkezinin maliyetinin düşürülmesinde kullanılmıştır. Her yer merkezinde anten, verici, bina gibi 15 temel parça maliyet hesabında dikkate alınmıştır. Atlantik Okyanusu bölgesinde konuşma devreleri için maliyet karşılaştırılması yapılmıştır. İşletim ve bakım masrafları bu çözümlere katılmamış, uydu ömrü 12 yıl, yer merkezi 15 yıl, yıllık faiz oranı da % 12 olarak alınmıştır (Tüm hesaplamalar A.B.D. doları cinsinden). Uydu maliyet modellemesinde de gelişmiş SAMSO yöntemi kullanılmıştır.

2 tip uydu düşünümüştür. Biri yeniden masrafa yol açmayacak gelişmiş teknoloji kullanan INTELSAT VI tipi uydudur. Bu uydular dikey polarizasyon ve demet yalıtımı (beam isolation) gibi teknikler kullanarak aynı frekansın yeniden kullanılmasını sağlarlar. İkinci tip uydu ise çok demetli (multi-beam) ve durağan anahtarlamalı TDMA (Static Switch TDMA, SSTDMA) sağlayabilecek gelişmiş bir uydudur. Bu uyduda, 24 tane 72 MHz C-bandı (6-8 GHz) alıcı-verici, durağan anahtarlamaya bağlantısıyla, yeniden frekans kullanımını sağlayacak bir antene bağlanmıştır. Bunun yanında 18 tane 72 MHz Ku-band (12.8-18 GHz) alıcı-verici, durağan ve oynar demetlere bağlanmıştır. 6 oynar demet 120 kaplama alanından birini kaplayabilir. Durağan Ku-band demetleri en doğu ve en batı gidiş-geliş düğümlerine bağlanmıştır. Ku-band bağlantılar anaband anahtarlamaya (SSTDMA) ve

TABLO 1.
Yörüngedeki tek uydu bedeli (\$M/1986)

| Uydu düzeneği | 2 uydu | 3 uydu | Ömür |
|----------------------|--------|--------|--------|
| Gelişmiş çok demetli | 225 | 215 | 12 yıl |
| INTELSAT VI | 179 | 174 | 12 yıl |

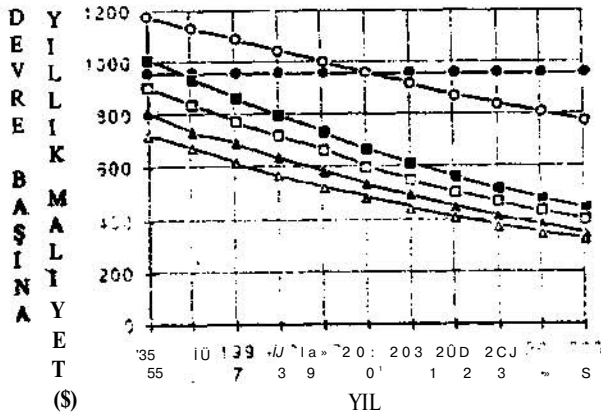
yeniden yaratma tekniklerini kullanmaktadır. Tek hız TDM yer bağlantıları kullanılarak uydu güç isteminde azalma sağlanmıştır. Bu uydular, 2 ya da 3 Atlantik Okyanusu bölgesinde olacak şekilde saçılmış 5-6 uydudur.

TABLO 2.
Yer Merkezi Maliyeti (\$M. 1986)

| Yer Merkezi Düzeni | Yer Merkezi Tipleri | Maliyet | | Ömür |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------|
| | | INTELSAT VI 1Uydusuyla | Gelişmiş Çokdemetli Uyduyla | |
| Kapı Geçişli | 3 Std-A, 1 Std C | — | 100 | 15 yıl |
| 17 Dağılımı Yer Merkezi | 16 Std B, 1 Std C | 89 | — | 15 yıl |
| 17 Dağılımı Yer Merkezi | 7 Std E-1, 8 Std E-2 2 Std E-3 | — | 72 | 15 yıl |

Bütün bedeller 1986 A.B.D. doları olarak hesap edilmiştir. Tablo 1, bir uyduyu yörüngeye sokmak için gerekli anapara miktarını göstermektedir. Buna benzer bir şekilde değişik yer merkezi senaryoları düşünülebilir. A.B.D. kapı geçişi (gateway) yer merkezi (Atlantik Okyanusu bölgesi için 2 tane) ve Atlantik Okyanusu bölgesi için 17 yerleştirilmiş yer merkezi. Buna göre, şimdi kullanılan uydu sistemi ve gidiş-geliş göre optimum yer merkezi sayısı düşünülmelidir. Tablo 2, sistemin yer merkezi tipi, ömrü ve anapara maliyetini özetlemektedir. Maliyetler, 15 ana parçanın 1986 yılı birim fiyatlarına göre hesaplanmıştır, ömür 15 yıl olarak alınmıştır. Anten gibi bazı parçaların ömürleri 15 yıldan fazladır, fakat diğerleri yıpranma ve benzeri gibi nedenlerden dolayı dağıtılmak zorundadır.

Okyanusötesi fiber optik sistemin verisi açık kaynaklardan toplanmıştır. TAT-8 fiber optik kablo sistemi için kablo ömrü 25 yıl olarak alınmıştır. Anapara bedeli 1986 yılı taban olarak 370 milyon \$ olarak alınmış ve 1988 yılında hizmete gireceği düşünülmüştür. Atlantik Okyanusu bölgesi gidiş-geliş genişleme bilgisi INTELSTAT'ın veri tabanı kullanılarak ekstrapolasyon yöntemiyle bulunmuştur. Buna göre 1988'de görülmesi beklenen gidiş-geliş 180.000 konuşma eşdeğerli yarı devredir ve bunun da 50.000'i A.B.D.'nin payıdır. 2000 yılında bu sayı 60.000, 2005 yılında da 97.000 olacaktır.



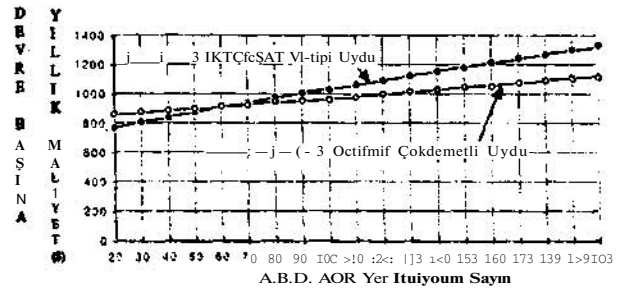
ŞEKİL 2. Mali analiz sonuçları

Şekil 2'de TAT-8 fiber optik kablo sisteminde ve olası uydu düzenlemelerinde devre başına yıllık maliyet yıllara göre gösterilmiştir. Uydular açısından yük, ömürleri boyunca her yıl % 10'luk bir hızla büyümektedir. Grafikten görülebileceği gibi en alçakgönüllü uydu sistemi bile TAT-8 fiber-optik kablo sisteminden önemli bir anapara maliyet üstünlüğüne sahiptir. Yalnızca, kapı-geçişli yermerkezi düzeneklerine karşı, kablo sistemi belirli bir üstünlüğe sahiptir.

Düşünülmesi gereken ikinci konu ise bir ses eşdeğerli devrenin yıllık maliyetinin bağlı duyarlılığıdır. Bu da artan sayıdaki yer merkezini düşündürmektedir. Şekil 3'te görülebileceği gibi 50-70 yer merkezi arasında, INTELSTAT ve çok demetli uydunun kesişme noktası vardır. 70 yer merkezinden fazla sayıda yer merkezinin gerektiği durumlarda çok demetli uydu daha verimli olmaktadır. Bundan ötürü Atlantik Okyanusu bölgesi için çok-demetli uydu daha verimli olacaktır.

SİSTEM TASARIMINDAKİ ETKENLER

Maliyetini en aza indirmeye çalışan herhangi bir uydu sistemi hem uzay, hem de yer birimleri (buna yer merkezi ile kullanıcı arasındaki ilişki de dahildir) olarak düşünül-



ŞEKİL 3. A.B.D. AOR yer istasyonlarının sayısının değiştirilmesine etkileri

| TABLO 3. SENARYO MATRİSİ | | | |
|-----------------------------|---|---|--|
| Servis | Uzay Yetenekleri | Yer Yetenekleri | Ağ Yetenekleri |
| FSS | *"Bent-pipe/pipeline" *Çok ışınlı, mikrodalga *anahtarlamalı uydu *Uyduda anabant işleme | Çok sayıda küçük ve orta büyüklükte servis alanına dağılmış yer merkezleri Az sayıda büyük yer birimi Bilgi ağları için çember birimler | İletim Modları: FM/FDM, CFM/FDM, TDMA, LRTDMA, ACSSB, SCPC, FM/TV ve Sayısal TV. Uyduya yakın protokoller ISDN ve örneksel düzenleme uygunluk |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| MSS | "Bent pipe" uydusu "Sınırlanmış RF ışın anahtarlama" | Gezgin: Çok sayıda, kamyonlar, gemiler ve uçaklar üstünde konuşma, veri ve video için birimler Sabit Çember: Gezgin sistemlerle geri kalan dünyayı bağlama | konuşma, video, geniş bant bant veri servisleri |
| BSS | "Yayıma alanı siyasal sınırlara uygun *Uzun ömürlü uydusu" | Düşük maliyetli, yüksek nitelikli ev birimleri | Yayınlanmakta olan TV'ye ek olarak: Yüksek tanımlamalı TV sayısal TV, videoteks, yazılımların indirilmesi. Televizyon yayınında Ulusal ve Uluslararası standartların belirlenmesi sorunu. |

TABLO 4.
TEKNOLOJİ MATRİSİ

| | Uzay | Yer |
|------------------|---|---|
| Servis Gereklere | Düşük fırlatma giderleri. Uzun ömürlü güç üretimi (Ga As güneş pilleri) Kendi kendine uydusu kontrolü. Yüksek duyarlılıklı yükseklik kontrolü. Radyasyona dayanıklı işlemci ve bellek. Düşük ağırlıklı bileşik yapılarıdaki gelişmeler | TDMA, DSI, FEC uygulamaları için LSI" deki gelişmeler. FEC, görüntü ve konuşma işleyici malzeme. |
| FSS | Çok demetli, yüksek kazançlı antenler MMIC düşük gürültülü ve güç yükselteçleri. Kazanç ve faz kontrol elemanları. MMIC anahtarlar ve mikrodakça süzgeçlerle ışınların birbirleriyle bağlantısı. Geniş oranda, GaAs bellek ve işlemciler kullanan anabant işlemenin kullanımı. Telefon aramalarını anahtarlayan anabant işlemci. | Küçük ve düşük bedelli yer birimleri. Yüksek performanslı LNA'ların geçerli olması. Kontrol edilebilir yankulak ve girişim yok etmesi olan düşük kesitli antenler. Gelişmiş işaretleme teknikleriyle 8 Kbit/saniye aranabilir konuşma kalitesi. Genelleşmiş yazılımla denetlenen protokoller ve arabağlantılar. |
| MSS | Uydulararası bağlantı (yüksek bilgi akışı için optik şekilde). | Gelişmiş LRE'yle 8 Kbit/saniye kaliteli konuşma, 2,4 Kbit/saniye'yle anlaşılır konuşma. Gezgin algılama için 1 Mbit/saniye'nin altında tam hareketli görüntü. |
| BSS | Uzun ömürlü yüksek güçlü TWT. Biçimlendirilmiş demetli anten teknolojisi. | 4 Mbit/saniye hızının altında yayın kalitesinde sayısal televizyon |

melidir. INTELSAT standart A tipi geniş anten, yüksek güçlü vericiler kullanan ve basit "bent-pipe" uydularla **işletilen yer merkezlen** çok pahalıdır. Bu tip yer *merkezi-*

nin getirdiği asıl üstünlük uzay aracının maliyetindeki azalmadır. Böyle bir sistem, bütün trafiğin belirli çıkış kapılarında toplandığı durumlarda maliyet açısından ve-

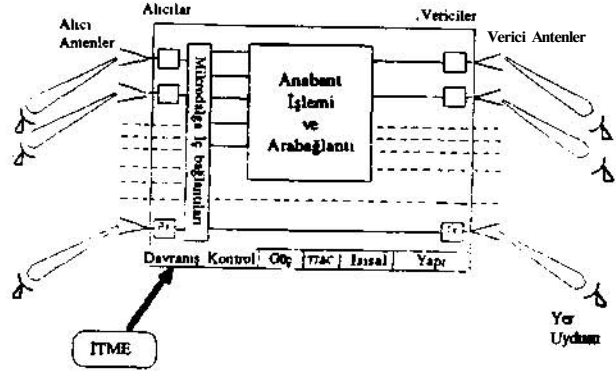
rimlidir. öte yandan, küçük düşük maliyetli anten kullanan yer merkezleri için uydular yüksek kazançlı antenler kullanmalı ve uydunun EIRP'si artırılmalıdır. Bu da önemli bir maliyetle sağlanabilir. Ama uzay-yer arasındaki maliyet dengesi kurulduğunda küçük yer merkezleri kullanan bir sistem, servisleri daha verimli ve ucuza sağlarlar.

Günümüz INTELSAT sisteminde 250 standart A ve 150 standart B yer merkezi bulunmaktadır. Kullanılmakta olan sistemler belli bir süre daha çalışacaktır. Uzay tarafında sağlananlarla küçük ekonomik yer merkezleri arttığında da servisler devam edecektir. Kısa dönemde de bu istekler güce karşı frekans aralığı özverisiyle (bu modülasyon ve kaynak işaretleme yöntemlerinin kullanımını gerektirir) karşılanacaktır. Uzun dönemlerde de, belki 2000 yılından önce, yörünge ve frekans aralığı dolacak ve bu sistemler doyuma ulaşacaktır. Doyuma ulaşana dek, küçük ekonomik uydu yer merkezlerinin kullanımını uzaydaki bölümlerle işbirliğini gerektirecektir. Uzaydaki bölümler bant genişliği ve yörüngedeki kaynakların gidiş-geliş gereklerini yerine getirirken devre başına en az maliyeti de sağlamalıdır. Bu sınırlamalar, bizi geniş gidiş-geliş kapasiteli uydular ve kullanılan bantların yeniden kullanımını sağlayan bir senaryoya götürür. Sırasıyla, bu uydu alıcı-verici antenlerinin çok yüksek kazançlı olmasını (küçük uydu yer merkezleri için) ve frekans kullanımı çift polarizasyon ve yerleşim yalıtımıyla sağlayan birçok demeti gerektirir. Anten ışınlarının sayısı arttığı zaman, birçok frekansın yeniden kullanımından dolayı meydana gelen girişim sorunu daha da büyür. Bu sorunun çözümündeki tek yol, bant genişliği açısından verimli sayısal modülasyon boylarının ("format") işaretlemeyle kullanılmasıdır. Bu boylar örneksel-modülasyon boylarına göre frekans girişimlerine karşı daha fazla dayanıklıdır. Belirtilen sayısal boylar, yerinde ("on-board") demodülasyon ve yeniden modülasyonun birlikte kullanımı işaret bozulmasını önler. Buna ek olarak, yerinde işleme ve gidiş-geliş yerinde yönetilmesi fiber-optik kablo sisteminde bu kadar etkin olarak sağlanamaz. Geniş gidiş-geliş olan bir merkezin, az gidiş-geliş olan merkezlere olan bağlantısıyla; küçük kullanıcının kullandığı az sayıdaki konuşmayı küçük ve ucuz uydu yer merkeziyle geniş kullanıcıya herhangi bir ceza vermeden kullanılması sağlanır.

Servis senaryosu, ekonomi ve teknoloji arasındaki ilişki bir matris halinde gösterilebilir. Tablo 3 senaryo matrisi, iletişim ağını oluşturan uzay ve yer bileşenlerinin kapasiteleriyle servisler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Tablo 4 gelecekteki teknolojinin servislere ve bileşenlere uygulanmasını göstermektedir.

FSS, MSS ve BSS İÇİN TEKNOLOJİK GÖRÜNTÜLER

Senaryomuz için gerekli teknolojileri tartışmak için 3 ana servisi (FMS, MSS ve BSS) "uzay" ve "yer" olarak ayırmak anlamlı olacaktır. Uzay teknolojilerinin tartışılmasında bir uydu işlevlerine göre belirli sayıya bölünebilir. Şekil 41e gösterildiği gibi uydu alıcı-verici antenler, mikrodalga ve anabant işlemeli arabağlantı altsistemleri ve uzay aracı bara altsistemlerine ayrılabilir.



ŞEKİL 4. Uydu blok şeması

Antenler

Uydunun alıcı ve verici antenleri bütün yer birimlerini görece ve haberleşecek şekilde olan bir yayılma yapısı sağlamalıdır. Bu yayılma yapısı, yayılacak alanın bitiminde ihmal edilebilir güç düzeyleri sağlamalıdır. Böylece frekansın yeniden kullanımı sağlanır ve bundan dolayı diğer sistemlerden gelecek ya da onları etkileyecek girişimlerden kurtulunur. Antenin kapladığı yayılma alanı bütün dünyayı kaplayacak şekilde olan 17°'lik katı açılardan ("solid angle"), belirli bir bölgeyi aydınlatan biçimlendirilmiş 1°'lik katı açılara kadar olabilir.

Daha fazla bant genişliği sağlamak ve demetten demete yalıtım sağlamak için karşıt duyarlıklılı polarizasyon yöntemi sıkça kullanılmaktadır. Buna ek olarak, bir uydu diğer bir uyduya, uydulararası bağlantılarla gidiş-geliş gerçekleştirebilir.

Günümüzde uluslararası FSS uydularının dünyayı kaplayan demetleri boynuz ("horn") antenlerle yaratılır. Bir bölgeyi kaplayacak biçimlendirilmiş demetler ise çift polarizasyonlu boynuz antenlerden oluşmuş bir dizin ve bu büyütme sağlamak için *ek bir yansıtıcı kullanılarak C-bandında sağlanmıştır. Bunun yanında Ku-bandında da polarizasyon kullanan yönlendirilmiş demet antenlerde vardır. 20/30 GHz bantları, Japonya'nın yerel kullanımı dışında, geçerli bir şekilde deneysel amaçlarla kullanılmaktadır. Uydulararası bağlantılar ise ticari amaçla kullanılmamaktadırlar.

2000'li yıllarda, çift polarizasyonun daha yüksek bantlara sıçramasını beklemekteyiz. Anten sistemlerinde yüksek kazançlı birçok kalem demeti ("pencil beam") dünyayı ve belirli bir bölgeyi aydınlatanlara ek olarak kullanılacaktır. Arayıcı veya atlayan kalem demetler bir olasılıktır ve bu kalem demetler servisin gereklerine göre kullanılacak ya da kullanamayacaktır. Yükseklik denetimi ve ışın belirlenmesinde gelişmelerle demet genişliğinin 1" ilâ 0.5"lik katı açılıra sahip olması beklenebilir. Günümüzdeki teknoloji bu tip antenleri gerçekleştirmek için yeterli değildir. Örnek olarak C-bandında biçimlendirilmiş demete sahip bir anten tüm gücün ancak yarısını kullanmaktadır. Bunun nedeni her yayılma elemanından gelen 3-5 dB'lik kayıplardır. Bu yüzden bulunacak çok sayıda

kalem demetli antenlerden doğan kayıplar güç bütçesini sarsacaktır. Her anten birimine doğrudan güç yükselticinin konulması, taşınmadan ileri gelen kayıpları önleyecektir. Bu da küçültme ve güvenilirlik isteyecektir. Bunun gibi bir sistem ancak MMIC'lerle sağlanabilir.

Uydulararası bağlantı iki amaçla kullanılabilir: Uluslararası gidiş-geliş için birbirine yakın yerleştirilmiş iki uydu ve birbirleriyle bağlantısı olan bir sistem. Bu sistemin tek bir uydunun sağlayacağı bağlantılardan daha fazlasını sağlayacağı açıktır, örnek olarak A.B.D.'nin batı sahili Ortadoğu'ya böyle bir sistemle tek atlamayla ulaşabilir. Bunun yanısıra bölgesel ya da ulusal bir uydunun INTEL-SAT sistemine bağlanmasında da kullanılabilir. Çok yüksek gidiş-geliş, bu frekansın optik frekanslara doğru kaymasına neden olacaktır.

Lazer gücü, iletilecek gücü birkaç yüz milivata çıkaracak ve 30 sm çaplı optik bir teleskopla da gigabit düzeyinde veri iletişim hızları sağlanacaktır.

Verici ve Alıcılar

Bu elemanlar yükseltmelerin çoğunu sağlarlar. Bu yükseltmeler alıcı kısmında düşük gürültülü, verici kısmında da yüksek güçlüdür. Önemli veri değişkenleri; alıcı için gürültü ısısı ve çıkış gücü doğrusallığı, verici için de ("DC-to RF") doğru akım-radyo frekans verimliliğidir. Doğrusallık işaret bozulmasının bir ölçüsüdür, bu yüzden de denetim altında tutulmalıdır.

Alıcılar, yoğunlukta FET kullanan ayırık ("discrete") düşük gürültü yükselteçleri kullanır. Bunlar tipik mikrodalga tümlleşik devre boyunda ("format") yapılmıştır. Gürültü değerleri, uydu anteninin ulaşılabilir alıcı gürültü ısısını sınırlayan sıcak (270°K) dünyaya baktığı için optimum noktaya ulaşmaktadır. Gelecekte, MMIC teknolojisinin kullanımı ile yüksek düzeyde tümlleşikleşme sağlanarak büyüklük azalırken, gürültü performansı yavaş yavaş iyileştirilecektir. 6 GHz'lik düşük-gürültü yükseltici için 3 transistörün bir kutuya konularak elde edilmesi yerine bu kutuda aynı işi yapan bir yonga ile birlikte başka MMIC'ler de olacaktır, örneğin bugün INTEL-SAT Vde kullanılan alıcı 1,7 kg ağırlığında ve 16,3 x 10,2 x 8,1 sm oylumundadır. Ancak bu, MMIC teknolojisi ile ağırlıkta 50 grama kadar bir düşme ile birlikte bir küçük kibrit kutusu büyüklüğünde olacaktır. Aynı işlemler için daha düşük test ve birleştirme ederi verilecek ve güvenilirlik artacaktır.

Uydu vericileri işlem tiplerine uygun (yani çok taşıyıcılardan daha az doğrusallık gerektiren tek taşıyıcılar) doğrusallığı olan RF gücünü sağlamalıdır. Aynı zamanda en iyi olası DC-RF verimliliğine de ulaşmalıdır. Yanısıra oylum, güvenilirlik ve ağırlık da önemlidir. Bugün TWTA'lar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında SSPA'ların (Solid State Power Amplifiers; Katıhal güç yükselteçleri) güç düzeyleri 10 W'a kadar çıkmaktadır. Bu tip yükselteçler son yıllarda uzayda C-bandında kullanılmaya başlanmıştır. C-bandında MSS için bipolar transistörler kullanan katı-hal yükselteçler vardır. Orta güç düzeyleri için (birkaç Watttan 20 Wa kadar) TWTA'ların yerini C- ve Ku-bantlarında SSPA'ların alacağı beklenmektedir. SSPA'lar ile DC-RF verimliliği % 40-50 iyileş-

mekte ve bu aygıtlar tüplerle rekabete girmektedirler. SSPA'ların zamanla bozulma/eskime mekanizmaları olmadığı (TWTA'larda katot ömrü gibi) ve düşük gerilimlerde çalıştığı için TWTA'lar BSS gibi 50 W veya daha yüksek güçlerin gerekli olduğu çok yüksek EIRP uygulamaları için kullanılmalıdır. Bu gibi durumlarda ömür konularına (katot yıpranması, yüksek gerilim güç kaynağı, kılıcım atlaması) ve pak çok kanalın birleştiği çıktı çoklayıcısında yüksek güç yoğunluğuna özen gösterilmektedir.

Yukarıda tanımlanan pek çok kalem demet kullanan anten sistemleri için yayılım elemanlarına monte etmek için minyatür verici ve alıcı modülleri gereklidir. Yüksek anten kazançlarına bağlı olarak sadece 1-2 W'lık güç düzeyleri yeterlidir, örneğin; Ku-bandında 120 Mbit/saniye'lik taşıyıcıyı 0,5"lik yönlendirilmiş demette 3,5 m E-1 sınıfı dünya merkezine göndermek için 2 W'lık RF gücü yeterlidir.

Bu güç aralığında geniş bantlı MMIC modülleri ve aynı zamanda C- ve Ku-bantlarında çalışmak üzere düşük gürültü kazanç modüllerinin alma fonksiyonunun 2000 yılından önce geliştirileceğini beklemekteyiz. Bu modüller demet yapıcı ağlarda oluşacak kayıpları etkisiz hale getirecek yeterli kazançta sahip olacaktır. Yörüngede anten şeklini yeniden düzenlemek sıra ile her alıcı ve verici yükselteç modülü ile MMIC boyunda sayısal olarak kontrol edilen faz-kaydırıcıları ve zayıflatıcılar bugün bulunabilmektedir.

Bağlantı Altsistemi

Bu altsistem uydu alıcı ışını verici ışınına bağlar. Bu fonksiyon RF taşıyıcılarını yönlendiren veya anabantta demodülasyondan sonra bit akıntılarının anahtarlandığı, yönlendiği ve yeniden desenlendiği MSM (Microwave Switching Matrix, mikrodalga anahtarlama matrisi) ile doğrudan yapılabilir. Bu ikinci halde, bireysel telefon kanallarındaki gidiş-geliş artışı ilke olarak gökyüzündeki anahtar tablası ile sonuçlanarak anahtarlanabilir. Büyük kapasiteli uydularda bu yüzden çok fazla işlem yapılması gerekebilir.

Mikrodalga düzeyinde bu işlemi gerçekleştirmek için gerekli olan teknolojiler, RF matris anahtarları ve tahsis edilen bant genişliğinin yönlendirildiği mikrodalga dalga yönlendirici oyuk süzgeçlerdir. Uydu haberleşmesinde kullanılan mikrodalga süzgeçlerin tasarımlarında büyük gelişmeler olmuştur. Bugün iki modlu ("duel-mode") süzgeçler (2 elektrik mod tek fiziksel oyukta olmak üzere) bir düşük ağırlıklı biçimde grup geçikmesi eşitlenmiş darbe biçimlendirme süzme işlevlerin: gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Gelecekte çok daha az yerde ve daha düşük ağırlıkta hemen hemen her süzgeç işlemini gerçekleştirmek olası olacaktır. 2'd6. fa^ a elektriksel modu tek oyuğa sıkıştırarak ağırlıkta,, kazanmak olasıdır.

RF matris anahtarları SS-TDMA uygulamaları için belli sayıda programlar da geliştirilmiştir. Şimdi kullanılan teknolojiye FET veya PIN diyo; anahtarları matrisin her kesişme noktasında kullanılmakta, bunlar yüksek hızlı sürücüler tarafından kontrol edilmekte ve LSI devreleri

matris anahtarları olarak tümleştirilmektedir. Fazlalıklar, satır ve sütun ekleyerek gerçekleştirilir. Güvenilirlik ve birleştirme konuları 15 x 15'lik matristen büyük matrislerin bu teknolojiyle gerçekleşmesini engeller. Gelecekte büyük matrisleri yarı düzlemsel şekilde gerçekleştirilmek amacıyla MMIC teknolojisinde kullanılan parçaları azaltmak için daha yüksek düzeyli tümleştirme gereklidir. 1990'ların ortalarında büyüklüğün ve ağırlığın 3 kat azalması ile artan güvenilirlik beklenmektedir.

Anabantta kanalları içten bağlamak için öncelikle RF taşıyıcılarının demodüle olması gerekmektedir. Bugün, bit hızına bağlı olarak sayısal işaretin uyduda demodülasyonu iki farklı uygulamada kullanılmaktadır. Yüksek bit hızları için (20 Mbit/saniye'den büyük) ECL mantık kullanan analog devrelerinin izlediği mikrodalga atma-şekillendirme kanal süzgeçleri ve analog çarpıcılar kullanılmaktadır. Bugün daha düşük hızlar için, düşük İF'e anabg aşağı çevirme ("downconversion") ardından kanal süzme ve düşük hızlı sayısal devreler bulunmaktadır. Gelecekte, yüksek hızlı demodülatörler daha küçük ve hafif olacaklardır, örneğin 120 Mbit/saniye QPSK demodülatörün 150 gr. ağırlıkta 25 sm³ hacme sığacak ve 10⁶ BER'de ana gücün 0,5 W'lık kısmını kullanarak 1,5 dB elde edecek şekilde olması beklenmektedir. Daha düşük hızlı demodülatörlerde tek taşıyıcıya tek demodülatör uygulanması 64 Kbit/saniye'den birkaç Mbit/saniye hızına sahip birçok kutunun oluşmasına yol açmaktadır.

Aynı zamanda farklı büyüklükte ve modülasyon boyunda birkaç küçük taşıyıcıyı demodüle edebilen ve yörüngede yeniden programlanabilen ve gidiş-geliş için gerekli olan değişikliklere uyabilen yeni bir demodülatör geliştirilmelidir.

Bu problem için yeni önerilen yaklaşım ise tüm bant genişliği aralığının daha aşağıya düşürülmesi, örneğin 60 MHz (demodüle edilecek birçok FDM taşıyıcısını içerir) ve birleşik işaretin sayısallaştırılması ve sayısal ortamda da süzme ve demodüle işlemlerinin yapılmasıdır.

FFT (Fast Fourier Transform, hızlı Fourier dönüşümü) ve DSP (Digital Signal Processing, Sayısal İşaret İşleme) algoritmaları LSI mantığı içine yerleştirilerek uydu uygulamalarında böyle bir konunun gerçekleştirilebilir olmasını sağlamıştır. Bugünün yonga teknolojisiyle tek gösterme modeli, uygun büyüklük ve güç harcanmasıyla yapılabilir. Gelecekte, bunun gibi demodülatörlerin büyük boyutta kullanımı için GaAs mantığının hem bellek hem de işleme fonksiyonları için kullanılması gereklidir. Bu teknoloji öyle hızlı gelişmektedir ki bu amaçlar için yeterli performans alanı 2000 yılına kadar kullanılabilir olacaktır.

Şu anda uyduda anabant işleme teknolojisi bilinen uzay aracı kontrol/gösterim uygulamalarında işaretlerin fonksiyonlarının işlenmesi yolunda çok çabuk gelişme yolundadır. Bu teknoloji yerde kullanılan teknolojiye kıyasla, güç ve güvenilirlik konusundaki büyük gerekliliklerle ayrılmıştır. Buna ek olarak, uzay aracı sayısal elemanların iş ömrü üstünde toplam radyasyon dozajı ve tek durumluk bozulma yapan kozmik ışıklardan (örneğin yazılım hataları) korumak için özel önlemler alınmalıdır.

Aşağıda açıklanan uyduda işleme sistemleri, 1980lerde veya 1990'ların başında yapılması planlanan fırlatılacak uydular için geliştirilmektedir.

A.B.D.'de, geliştirilmiş haberleşme teknoloji uydusu (ACTS) 1989'da uzaya fırlatılmak üzere NASA tarafından geliştirilmektedir. ACTS deneysel olarak yüksek teknoloji haberleşme uydusudur. 30/20 GHz frekans bantlarının ticari uygulamalara uygunluğunu araştırarak şekilde, çok gelişmiş bir BBP (Baseband Processor, anabant işlemci) ve analog demet tarama teknolojisi kullanılmaktadır. BBP SMSK (Serial Minimum Shift Keying, Seri Minimum Kayma Anahtarlama) yöntemiyle modüle edilen TDMA işaretlerini demodüle eder, kişisel gidiş-geliş kanallarını dağıtır ("demultiplexes"), FEC işaretlenmiş kanalları eski haline getirir, amaç noktalarına uygun olarak gidiş-geliş kanallarını çoklar ve FEC gidiş-geliş kanallarını tekrar işaretler ve istenilen noktaya boylanmış pek çok özel LSI kullanarak kütleli düşürür ve güç güvenilirliğini artırır.

Avrupa ve Japonya'da da, yerinde BBP teknolojisi üstünde gelecekteki iletişim uydularında kullanılmak üzere çalışılmaktadır. Deneysel İtalyan haberleşme uydusu İTALSAT'ın gereksinim ayarlı ("demand assigned") SS-TDMA servislerini ana arama yolları, 6x6 anabant anahtar matrisiyle sağlayan BBP'si vardır. İTALSAT henüz gelişme aşamasındadır, 1988 ya da 1989'da fırlatılacaktır. Japonlar (ACTS-E) deneyler için gelişmiş haberleşme uydusu geliştirmektedirler, bu uydu 1991'de fırlatılacaktır. Şu anki plana göre uydu 50/40 GHz telefon haberleşmesi, tarama ve yönlendirilebilir demetlerle gezgin ve kişisel haberleşmeler, 27/22 GHz DBS (Direct Broadcast Services, doğrudan yayın servisi) deneyleri, UHF ve milimetre dalga yayılım deneyleri ve lazer haberleşmesi ile ilgili yükler taşıyacaktır. CPT (Computerized Processing Transponder) ACTS-E'de yerinde anahtarlamayı, tarayıcı ışın denetimini, farklı ışın ve ağların birbirleriyle yerinde hız değişimiyle bağlanmasını sağlar. A.B.D. savunma bölümünün kolları da bu konuda aktif olarak, uyduda işlem sistemleri geliştirmektedir, en çok ismi geçen sistemler de MILSTAR ve NAVSTAR/GPS'dir. diğer ülkeler ve değişik organizasyonlar gelecekteki uydular için çalışmalar yapmaktadırlar.

Bu örneklerden anlaşılacağı üzere, pek çok deneysel haberleşme uydusu farklı açılarda yerinde BBP fonksiyonlarını geliştirecek şekilde 1980'lerin sonunda ve 1990'ların başında uzaya fırlatılacaktır ve 1990'ların ortasına doğru yerinde BBP'li uyduların çalışmaya başlaması beklenmektedir.

Bu uydular, karmaşıklıkları kapsamında, değişik gösterim ve kontrol işlevleri için önemli ölçüde yer ayırmak zorundadır. Telemetre ve komut işlevleri daha çok istenir olacaktır. Böyle bir uydunun belli bir ölçüde kendi kendine kontrol yeteneğinin olması gerektiği açıktır. Uzman sistemler geliştirmek için çalışmalar başlamıştır. Amaç, uyduda insanlara olan bağımlılığı azaltmaktır.

Yer Teknolojileri

Yer merkezleri bugünkünden daha çok olacaktır; pek

çoğu da müşteri olacaktır. İnsan bulunmayacak fakat uzman sistemler servis gerektirdiğini belirtirse müdahale edilecektir. Bunlar uydu haberleşme ağının parçası olacak, bir veya birkaç sistemle olan bağlantıları da içerecektir.

Teknolojik gelişmenin kaynak işaretleme, iletişim modülasyonu, işaretleme, anlama, protokoller ve arabağlantı konularını içerecek şekilde olması gerekmektedir. Bunların çoğu yazılım ve donanımın karışımıyla olacaktır.

Yukarıda belirtildiği gibi, konuşma için kaynak işaretlemesi DSP'ler kullanarak 32 Kbit/saniye'lik algoritmalarla ADPCM'le yapılmakta ve bu konuşma kalitesi 64 Kbit/saniye PCM standardından farklı olmamaktadır. Bu, kanalın 2 ile çarpılmasını sağlamaktadır. DSI kullanımı fazladan 2 ile 2,5 arası çarpım katsayısı vermektedir. Böylece, 32 Kbit/saniye LRE/DSI konuşmanın, kanal çarpım katsayısı 64 Kbit/saniye PCM konuşmaya göre en az 4'dür. LRE/DSI ile en az 8'lik bir çarpanın 1990 ortalarında gerçekleşeceği kesin gibidir.

DSP fiyatları düştükçe ve diğer devre elemanları LSIC şeklinde kullanıldıkça bu eklemelerin ekonomik etkisi giderek artacaktır. Daha gelişmiş CAD/CAM sistemlerinin bulunması, yıldan yıla silikon döküm ücretlerinin ve taşıma sürelerinin iyileşmesi, ses devresi çoğaltma ("voice circuit multiplication") fiyatlarını kazanılan avantajların sadece küçük bir bölümü haline getirecektir.

Günümüzde televizyonda mevcut yayın kalitesini bozmadan üçten daha fazla devre çoğaltmaya ulaşılabilmektedir. Yayın kalitesinin giderek daha da geliştirilebileceği tahmin edilmektedir.

Yukarıda belirtilenden daha düşük nitelikli uydu haberleşme sistemleri için ses ve televizyon alanında önemli bir pazar oluşmuş durumdadır. Ses alanında gezgin yer istasyonları genellikle araç kalitesinden daha düşük düzeyde hizmet vermektedirler. 2.4 Kbit/saniye işaretlenmiş ses üzerinde yapılan araştırmalarda doğrusal tahmin tekniğinin kullanılması şaşırtıcı gelişmelere yol açmıştır. Yapılan deneyler göstermiştir ki, yüksek düzeyde gürültü bulunduğu durumlarda bile çok iyi derecede ses tanıma ve anlaşılabilirlik sağlanabilmektedir.

Televizyonda, son zamanlarda yapılan INMARSAT yoluyla yayın aktarma denemesinde, 750 Kbit/saniye'lik bir futbol maçı çok sayıda izleyiciye ulaştırabilmiştir. Televizyon yayınlarında ve telekonferanslarda video sinyal işleminin amacı kalıp içinde ve kalıptan kalıba geçişlerde resimdeki bozuklukları ortadan kaldırmaktır. Bu teknikler gittikçe daha iyi anlaşılabilir. 1980'lerin sonunda gerekli teknikler geliştirilmeli ve kanıtlanmalıdır. Maliyet ve güvenilirlik ayrıca sorunlar yaratmaktadır. Ama daha ucuz ve güvenilir çerçeve ("frame") saklama olanakları ve CCD'ler bulunduğunda bu problem beş yıl içinde ortadan kalkacaktır. Uydu haberleşme şebekeleri uzun bant genişliği ve noktadan çok noktaya ("point-to-multipoint") bağlantı özellikleri ile televizyonun yayın ve diğer düşük nitelikli düzeylerde gelişmesi için en uygun ortam olma özelliğini devam ettirmektedir.

8 fazlı PSK modülasyon üzerindeki çalışmalar, 180 Mbit/ saniyeye 8 faz PSK "modemlerden 72 MHz'de 180 Mbit/

saniye bit akışları elde edebilecek düzeye gelmiştir. Bu 7/9 oranında "codec"lerle birleştirilip, 72 MHz alıcı-vericiden geçirildiğinde, çok düşük hata oranlı bir 140 Mbit/saniye bit akışı oluşacaktır. Bu demektir ki, yalnız Atlantik kıyısındaki kablo başlarında değil. Los Angeles'da veya başka bir ana gidiş-geliş kaynağında böyle bir demet uygun bir şekilde alındığında, şimdiki INTELSAT uyduları (INTELSAT V) ve geliştirilmekte olan INTELSAT VI uyduları, denizaltı fiber-optik kablolarla aynı işi görebilecektir. 1986'da laboratuvarlardaki varlığı kesin olan bu teknojinin imalat ve alan yerleştirilmesine de uygulanması düşünülmektedir. Gelecekteki uydular sıçrayan ("hopping") ve durağan demetlerden yararlanarak CONUS bazında böyle bir servisi olası kılacaktır. Yer istasyonu teknolojisi hızlı bir gelişme göstererek uydu teknolojisindeki daha önce söz edilen gelişmeleri tamamlamış ve hatta önüne geçmiştir.

10 Mbit/saniye altında da büyük gelişmeler olmuştur. Yüksek hızda mikroişlemcilerin ve/veya DSP'lerin kullanımı elastik sayısal modemlerin gelişmesini sağlamıştır. Bu modemlerde bit oranı, işlem ve süzme parametreleri isteğe göre ve gerektiğinde uzaktan kumandayla değiştirilebilmektedir. Aynı şekilde, delinmiş kodların ortaya çıkması elastik "codeclerin hiyerarşik düzende gelişmesini sağlamıştır. Bütün bunlar gösteriyor ki, önümüzdeki birkaç yıl içinde geniş döküme ve özel "modem"ler ve "codec"ler elde etmek için uzun zamana gerek duyulmaksızın, çok daha elastik ve özellikle de çok hızlı "modem" ve "codec"ler elde edilebilecektir.

Bütün bu donanımlarda modern silikon teknolojisinin kullanımı talep arttıkça maliyeti düşürecek ve güvenilirliği pekiştirecektir. Veri iletişim ve ilgili alanlarda temel teknik problemler mantıksal olarak yukarıda açıklandığı gibi çözümlenmiştir. Geriye kalan, kullanılan malzemenin verim ve çeşitliliğinin sağlanması ve sabitlerin, değişkenlerin ve tanımlamaların, uyduların veri iletişiminde kullanılmasından doğan yapay sınırlamaların getirdiği zorlukları yenmek için, uydu hizmetlerini mümkün olduğu kadar azaltacak şekilde seçilmesidir.

Yer istasyonu antenleri alanında önümüzdeki birkaç yıl içinde iki yeni gelişme beklenmektedir: görüntü niteliği ve girişim direnci ("interference resistances"). Birincisi, bölgelendirme ve öteki kısıtlamaların sonucudur ve düşük kesitli antenlere neden olmuştur. İkincisi uyduların senkron yörüngede yakın yerleştirilmesinden kaynaklanan sıkı yankulak ("sidelobe") kontrolüdür (Bugüne kadar en yakın yerleştirme 2"dir; bu uzaklığın 2000 yılına kadar azaltılabileceği sanılmaktadır). Şehirlerde ve frekansların yoğun olduğu bölgelerde girişim kontrolü amacıyla yankulak yoketmesinden yararlanılmaktadır. Örneğin yaprak dizi antenleri ("plate array antennas") girişimi yok edecek şekilde ayarlanabilmektedir. TVRO, BSS ve veri terminalleri için masrafların düşük olması zorunludur.

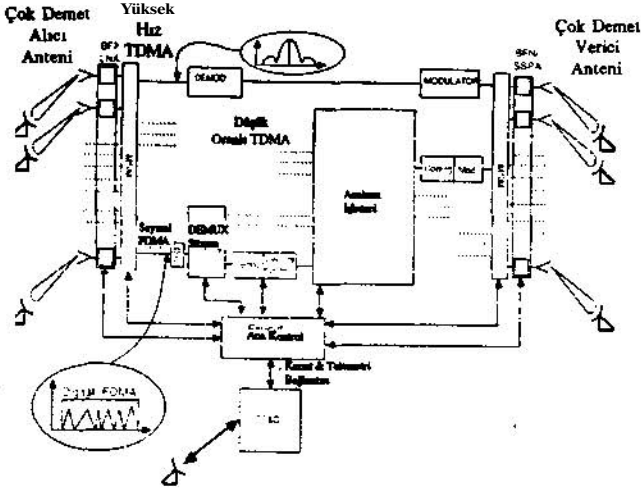
Mikrodalga terminal malzemeleri zaten birer ticaret eşyasıdır. Teknolojinin gelişmesi giderleri azaltır ve güvenilirliği artırır. Buna örnek olarak DBS 126 Hz alıcısının bir ya da birkaç GaAs yongasına yerleştirilmesi verilebilir.

AR-GE (ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME) DOĞRULTULARI

COMSAT Laboratuvarları'nda 1990'lar için MMIC alıcı ve taşıyıcı bir anten sistemi içeren gelişmiş bir çokdemetli uydu projesi üzerinde çalışılmaktadır.

Çok Demetli Uydu Kavramı

Şekil 5'de gelişmiş bir çokdemetli uydu kavramı açıklanmaktadır. Uydu haberleşme sistemi çeşitli işlevsel bloklar halinde gruplandırılmıştır. Şekil 5'e göre soldan sağa:



ŞEKİL 5. Gelişmiş uydu kavramı

düşük gürültülü yükselteç içeren bir çokdemetli anten, anten demetlerini demodülatöre taşıyan bir mikrodalga anahtar matrisi (MSM), demodülatörler, anabant sayısal işleme ve sinyal yönlendirme modülatörü, son olarak da faz kaydını ve kazanç kontrol elemanlarından oluşan bir yayıcı anten ışınları çok sayıda besleme elemanı tarafından oluşturulur. İşlemi, demet oluşturucu devredeki kayıplardan bağımsız kılmak amacıyla, her besleme elemanı yeterli kazancı sağlayacak bir yayıcı yükselteç ya da düşük gürültülü yükselteç modülüne sahiptir.

MSM'nin iki farklı işlevi vardır. Birincisi anten demetleri ve modülatörler arasında elastik ve statik bir arabağlantı oluşturmak ve böylece uydunun sık değişen gidiş-geliş dağılımına kolay uyum sağlamasına yardımcı olmaktır. İkincisi istenildiğinde MSM'nin farklı durağan anten demetlerini dairesel olarak demet modülatör ve demodülatörlere bağlayarak demet sıçraması oluşturabilmesidir. Bazı durumlarda bir tek MSM yeterli ara bağlantıyı sağlayabilmektedir.

MSM'den alınan sayısal FDMA sinyalleri önce aşağı düşürme, örnekleme, sayısal süzme ve frekans yok edilmesi yoluyla bütün kanallara dağıtılır, sonra da sayısal olarak demodüle edilir ve böylece alınmış olan sayısal bit akışı geri elde edilmiş olur. Anabg süzme, frekans çevirme ve IF sinyalini demodüle etme şeklinde özetlenebilen geleneksel analog yöntem yerine daha önce anlatılan yöntemin LSI aygıtlarıyla kullanılması pratikte daha elastik ve güç, fiyat ve ağırlık açısından ise daha ekonomik olmaktadır.

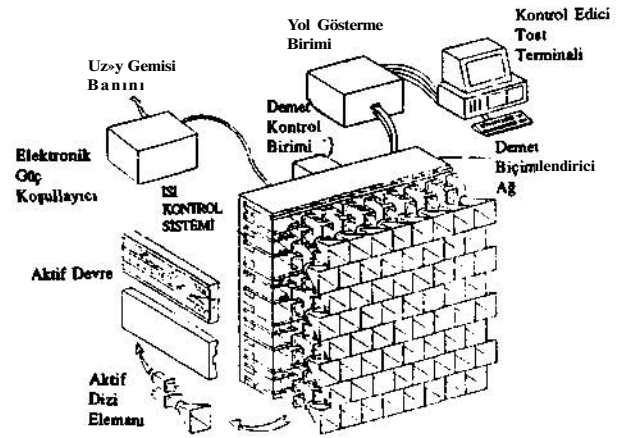
Ana işlemci, TDMA sinyallerini demodüle eder, belirleyici kelimeyi aldığı anda sinyali kanallara dağıtma zamanını ayarlar. İşlemci, yer kontrol istasyonundan alınan ya da sayısal taşıyıcıların sinyal kanalından çıkarılan bilgiler doğrultusunda bu TDMA sinyallerini biraraya getirir. Altbağlantı sinyalleri boylanır ("formatled") ve taşıyıcı ışınlarına nakledilir. Anabant işleme üst ve alt bağlantı geçiş yöntemlerinde, nakil boylarında ve bit oranlarında bağımsız seçme olanakları ve aynı zamanda varolan gidiş-geliş koşullarına uygun en ekonomik yer istasyonu düzenini sağlar.

Yüksek hızlı TDMA Şekil 5'de gösterildiği gibi demodülatörden modülatöre doğrudan gidebilir. Ama bu yüksek hızlı bit akışının önce dağıtılıp (demultiplexed) sonra anabant işlemciye bağlanması da mümkündür.

Tüm-uydu sisteminin karmaşıklığı göz önüne alınarak bazı durumlarda çalışmaları, koordine eden genel bir kontrol elemanı eklenmesi gerekebilir.

Geçerli Donanım Gelişmeleri

Bu gelişmiş çok demetli uydu sistemi için gerekli bazı önemli elemanların geliştirilmesinin teknik açıdan mümkün olup olmadığı halen COMSAT Lab'larında araştırılmaktadır. Şekil 6'da gösterilen donanım iki polarizasyona ayıran OMT'ye bağlı 64 çift polarize boynuzdan



ŞEKİL 6. Aktif evrelenmiş dizi

oluşan Ku-bant altdizilerden meydana gelmektedir. Bu altdizinin, doğrudan yayılan diziler için bilgisayar modeli ya da daha alışılmış, bir ya da iki yansıtıcı dizi beslemeli anten sistemleri için model oluşturan bir test aracı olarak kullanımı amaçlanmıştır.

OMP'ye bağlı dalga kılavuzlarından herbiri mikroşeritlere geçişe sahiptir. Her polarizasyon ve her boynuz için, her biri MMIC boyunda, 5 bitlik faz yükselteçten oluşan birer modül mevcuttur. Bu modüllerde ayrıca seri bağlantı yoluyla kolay kontrolü mümkün kılan bellekle sayısal kontrol ünitesi de bulunmaktadır. Her modül çevresindeki

diğer modülleri etkilemeden değiştirilebilmektedir. Bu gelişimin elektrik, mekanik, ısısal ve yapısal birleştirilmesi konusu oldukça kritiktir.

Bu modüllerde RF güç dağılımı kullanım amacına göre çeşitlidir, örneğin; iki tarayıcı demetli fazlı dizide her modül iki demet için de sinyal alacaktır; her boynuzun yerde sabit olan birer kalem demet yarattığı durumda her demetin sinyali düşük bir düzeyde ana modüllerden birine ve yakındaki birkaç modüle yankulak kontrolü için gidecektir. Bu yöntemle, yansıtıcı ve yansıtıcı olmayan birkaç anten uygulamasında teknolojik açıdan uygunluk kanıtlanabilir.

SONUÇ

2000 yılında haberleşme uyduları TV yayınları, TV dağılımı, hareketli servisler, veri dağılımı, uluslararası ve bölgesel bağlantı servisleri alanlarında giderek güçlenerek varlığını sürdürecektir. Aynı zamanda okyanusaşırı fiber-optik kablolarla ISDN ve ses servislerinde ekonomik açıdan rekabet edebilecek düzeye gelecektir.

Teknolojideki gelişmeler MMIC ve LSIC/VLSIC'nin sıklıkla kullanımını gerektirecektir. Özellikle uzman sistemlerde yazılım geniş ölçüde kullanım alanı bulacaktır. Haberleşme aktarım sistemlerinde ve kullanıcıların bulunduğu yerlerde gerçek-zaman kaynakları, taşıyıcı sinyal işleme ve dolayısıyla uyduların kullanımı giderek artacaktır.

Zamanla daha basit, ucuz ve bağımsız çalışabilen, sayısız yer istasyonu kurulacaktır. Haberleşme uyduları ise giderek daha karmaşıklaşacaktır.

KAYNAKLAR

- (1) G.K. Helder and P.C. Lopiparo, "Improving transmission on domestic satellite circuits." **Bell Lab. Rec.**, vol. 55, p. 202, Sept. 1977.
- (2) J.C. McCoskey et al., "An international high-speed packet switching experiment", **COMSAT Tech. Rev.**, vol 14, pp. 1-24, Spring 1984.
- (3) D.M. Chitre and A. Sen. "Reliable data transfer via satellite", in **7th Int. Conf. Digital Satellite Commun., Conf. Rec.**, Munich, West Germany, May 1986.
- (4) D.M. Chitre et al., "A joint COMSAT/NBS experiment on transport protocol", in **7th Int. Conf. Digital Satellite Commun., Conf. Rec.**, Munich, West Germany, May 1986.
- (5) D. Taylor, C.J. Wolejsza, M. Grossman, and W.P. Osborne, "Multiple access protocols for data communications via VSAT networks", **IEEE Commun. Mag.**, June 1987, to be published.
- (6) J. Sivo, "Advanced Communications satellite systems", **IEEE J. Select. Areas Commun.**, vol. SAC-1, pp. 480-588, Sept. 1983.
- (7) J.H. Rieser and Onufry. "Terrestrial interface architecture (DSI/DNI)," Special Issue on TDMA, Part I. **COMSAT Tech. Rev.**, vol. 15, pp. 483-510, Fall 1985.

(8) C. Chen, A. Zaghoul, and A. Tulintseff, "Slot array design for Kuband satellite communication", presented at the IEEE APS Conf., Houston, TX, 1983.

(9) G.H. Knouse and P.A. Castruccio, "Concept of an integrated terrestrial/land mobile satellite system", **IEEE Trans. Veh. Technol.**, vol VT-30, Aug. 1981.

(10) FCC Further Notice of Proposed **Rulemaking**, "Inquiring into the policies to be followed in the authorization of common carrier facilities to meet Pacific telecommunications needs during the period 1981-1995", CC-Docket No. 81-343, Mar. 14, 1985, Sect. III, para. 11, 16 (State of Hawaii Comments and Reply Comments). Sect. V,A, para. 59 (FCC: "it appears from the filings of the parties that total capacity exceeds demand without a TPC-3 cable through the use of existing cables and already procured satellites at least until 1996"). Sect. V.E. para. 76 (FCC: "There is no question that TPC-3 is an expensive facility and deferral would delay an increase to AT & T's rate base").

(11) B.A. Pontano and T. Kao, "INTELSAT competitive option study", COMSAT Corp. Data Catalog 86CD033, Apr. 8, 1986.

(12) See, e.g., FCC Docket, FCC-84-240, File 1-T-C-84-072, June 1984.

(13) Special Issue on Undersea Lightwave Communications, **J. Lightwave Technol.**, vol. LT-2, Dec. 1984.

(14) C.E. Mahle and H.L. Huang, "MMIC's in Communications", **IEEE Commun. Mag.**, vol 23, Sept. 1985.

(15) A.E. Williams, et. a., "Microwave receive filter for a regenerative repeater", in **Proc. 15th Euro. Microwave Conf.**, Paris, France, Sept. 1985.

(16) A.E. Williams, private communication, Dec. 1985.

(17) W.H. Childs et al., "A 14 GHz regenerative receiver for spacecraft applications", in **5th Int. Conf. Digital Satellite Commun., Conf. Rec.**, Genoa, Italy, Mar. 1981.

(18) T. Inukai and S.J. Campanella, "ACTS TDMA network control", in **Conf. Rec. AIAA 10th Commun. Satellite Syst. Conf.**, Orlando, FL, Mar. 19-22, 1984.

(19) W. Holmes and G. Beck, "The ACTS flight segment: Cost effective advanced Communications technology", in **Conf. Rec. AIAA 10th Commun. Satellite Syst. Conf.**, Orlando, FL, Mar. 19-22, 1984.

(20) S. Tirro, "The ITALSAT pre-operational program", in **6th Int. Conf. Digital Satellite Commun., Conf. Rec.**, Phoenix, AZ, 1983.

(21) T. Iida et al., "Japan's large experimental Communications satellite (ACTS-E): Its mission model and technology", in **Proc. IEEE Int. Conf. Commun.**, Amsterdam, The Netherlands, May 14-17, 1984.

(22) F. Hemmati, "Versatile Viterbi processor for decoding variable gain and rate convolutional codes", in **7th Int. Conf. Digital Satellite Commun., Conf. Rec.**, Munich, West Germany, May 1986.