



Генеральная Ассамблея

Distr.: Limited
14 March 2002

Russian
Original: English

Комитет по использованию космического пространства в мирных целях

Региональные учебные центры космической науки и техники (связанные с Организацией Объединенных Наций)

Учебная программа по вопросам спутниковой связи

Содержание

<i>Глава</i>	<i>Пункты</i>	<i>Стр.</i>
I. Введение	1–3	2
II. Обсуждение в Рабочей группе по спутниковой связи	4–13	2
A. Рассмотрение существующей учебной программы	7–9	3
B. Пересмотренная учебная программа курса спутниковой связи	10–13	4
Таблицы		
I. Модули учебной программы по спутниковой связи		3
II. Разбивка учебной программы по модулям и видам подготовки		4
III. Курсовые модули		5
Приложения		
I. Curriculum for the first three courses		11
II. Recommended teaching material		22
III. Explanatory notes for the curriculum		23



I. Введение

1. Системы спутниковой связи в последние годы переживают радикальные изменения, совершая переход от технологий, в которых доминируют правительства и геостационарные спутники, к технологиям, включающим спутниковые системы низкой и средней околоземных орбит, операторами которых являются публичные корпорации. В этих новых системах используются множественные антенные лучи, формирующие на поверхности Земли своего рода "соты", аналогичные тем, которые используются в наземных системах сотовой связи, и способные нести различные типы сигналов: от голосовой связи до сообщений в сети Интернет.
2. Спутники связи представляют собой ни что иное, как радиорелейные станции в космосе. Они по большому счету служат той же цели, что и мачты микроволновой связи, располагаемые вдоль шоссе дорог. Спутники получают передаваемые с Земли радиосигналы, усиливают и ретранслируют их на Землю. Поскольку спутники находятся на большой высоте, они могут "видеть" значительную часть Земли. Именно в этом заключается их главное коммуникационное преимущество: способность покрывать большие расстояния на земной поверхности.
3. Спутниковые коммуникационные системы состоят из ряда сегментов, включающих космический сегмент, сегмент наземного контроля и оборудование наземной инфраструктуры. Космический сегмент состоит из спутников, которые выполняют роль коммуникационных узлов в космическом пространстве, направляющих коммуникационный сигнал из терминала на Земле в другую конечную или промежуточную точку на земной поверхности. Сегмент наземного контроля отвечает за мониторинг работоспособности и состояние каждого спутника, а также за удержание спутников в соответствующих точках космического пространства. Инфраструктурное оборудование контролирует сетевой аспект всей коммуникационной системы, обеспечивая слежение за продолжительностью сеанса связи в целях выставления счета потребителю, а также вопрос выделения каналов связи различным пользователям.

II. Обсуждение в Рабочей группе по спутниковой связи

4. Управление по вопросам космического пространства в сотрудничестве с Европейским космическим агентством 3–7 сентября 2001 года организовало во Фраскати, Италия, совещание экспертов Организации Объединенных Наций по региональным учебным центрам космической науки и техники: положение дел и дальнейшее развитие. Одной из главных задач совещания было рассмотрение и модернизация учебной программы региональных центров в четырех областях: дистанционное зондирование; спутниковая метеорология; спутниковая связь и космическая наука.
5. В настоящем докладе отражена дискуссия, состоявшаяся в Рабочей группе по спутниковой связи. Рабочая группа получила учебную программу курсов, которые состоялись в Учебном центре космической науки и техники для Азиатско-тихоокеанского региона (приложение I), и разработала примерный

перечень тем, которые следует включить в учебную программу по вопросам спутниковой связи.

6. Группа выразила мнение о том, что конкретные параметры соответствующих тем и их охват должен определять каждый из региональных центров самостоятельно. За счет реализации специализированных программ в области образования и научных исследований каждый региональный центр должен оказывать участвующим в его работе государствам–членам поддержку в приобретении более существенного потенциала в сфере создания и передачи знаний о спутниковой связи. Все это должно осуществляться с целью усиления собственного национального и регионального потенциала в плане применения функционирующих на спутниковой основе технологий связи для целей устойчивого развития.

A. Рассмотрение существующей учебной программы

7. Рабочая группа рассмотрела учебную программу, которая использовалась для первых, вторых и третьих аспирантских курсов по спутниковой связи, состоявшихся в Учебном центре космической науки и техники для Азиатско–тихоокеанского региона соответственно 1 января 1997 года – 30 сентября 1998 года, 1 июля 1999 года – 31 марта 2000 года и 1 августа 2001 года – 30 апреля 2002 года. Продолжительность работы курсов составила 39 недель, из которых 35 недель были рабочими, в том числе десять недель – подготовка экспериментального проекта и четыре недели – посещение различных объектов спутниковой связи. После окончания курса участники в течение одного года осуществляли экспериментальные проекты в своих странах.

8. В таблице 1 представлены модули трех курсов.

Таблица 1

Модули учебной программы по спутниковой связи

<i>Модуль</i>	<i>Темы</i>	<i>Продолжительность, недель</i>
0	Вводный курс	1
1	Системы связи и обработка цифрового сигнала	5
2	Системы спутниковой связи	6
3	Техническое оснащение наземных станций	3
4	Вещание с использованием спутников связи	3
5	Виды применения и тенденции в области спутниковой связи	3
6	Операционные системы спутниковой связи	1
7	Сетевое планирование, управление и вопросы эксплуатации систем спутниковой связи	1
8	Спутниковая связь в целях развития, образования и подготовки кадров	2
9	Экспериментальные проекты	10
Общая продолжительность		35

9. Курсы проводились пять дней в неделю по восемь 45-минутных занятий в день. В таблице 2 показана разбивка по модулям и видам подготовки.

Таблица 2
Разбивка учебной программы по модулям и видам подготовки

Вид подготовки	Модуль								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	40	138	120	46	42	62	30	20	32
Практические занятия		54	48	28	48	28			20
Ознакомительные посещения			24	24	12	16			24
Библиотечные занятия			24	12	8	4	10	20	4
Классные испытания и экзамены		8	24	10	10	10			
Итого	40	200	240	120	120	120	40	40	80

Примечание: Числа означают количество 45-минутных занятий.

В. Пересмотренная учебная программа курса спутниковой связи

1. Цели

10. Конкретными задачами курса являются следующие:

а) развитие навыков университетских преподавателей, исследователей, профессиональных работников в сфере телекоммуникаций, правительственного персонала и других сотрудников в области спутниковой связи и ее применения в радиовещании, телекоммуникациях, здравоохранении, образовании, преодолении последствий стихийных бедствий и т.д.;

б) оказание содействия в подготовке проектов в области связи, основанной на использовании спутников, выработке политики и создании коммуникационных систем;

с) развитие экспертизы по вопросам применения оперативных систем и использования достижений технологии связи в повседневной деятельности;

д) оказание содействия в развитии меж- и внутрирегионального сотрудничества в вопросах применения и расширения сферы использования коммуникационной технологии;

е) повышение и расширение осведомленности общественности о преимуществах применения спутниковых коммуникационных технологий с точки зрения улучшения качества жизни.

2. Структура учебной программы

11. Связь на спутниковой основе является наиболее эффективным средством заявить о себе миру и приблизить друг к другу государства в так называемой "мировой деревне". Исходя из этого, обучение на курсах должно вооружить участников из развивающихся стран навыками оценки самого полного потенциала данной технологии.

12. Курс состоит из одиннадцати модулей (включая модуль вводного курса), каждый из которых охватывает конкретные сферы спутниковой связи (теорию, технологию и виды применения). Продолжительность курса составлять девять

месяцев: 35 недель занятий и четыре недели посещений объектов спутниковой связи, после чего в течение года проводятся работы над экспериментальным проектом в стране участника. Темы, охватываемые модулями, и продолжительность занятий указаны в таблице 3.

Таблица 3
Курсовые модули

<i>Модуль №</i>	<i>Темы</i>	<i>Продолжительность, недель</i>
0	Вводный курс	1
1	Системы связи и обработка цифрового сигнала	5
2	Системы спутниковой связи	5
3	Техническое оснащение наземных станций	3
4	Передача, мультиплексирование и многостационарный доступ	2
5	Вещание с использованием спутников связи	2
6	Виды применения и тенденции в области спутниковой связи	3
7	Операционные системы спутниковой связи	1
8	Сетевое планирование, управление и вопросы эксплуатации систем спутниковой связи	1
9	Спутниковая связь в целях развития, образования и подготовки кадров	2
10	Экспериментальные проекты	10
Общая продолжительность		35

Лекции занимают 40 процентов времени, и практические занятия – 60 процентов.

3. Оборудование и условия

13. Минимальные потребности в оборудовании и обеспечении условий являются следующими:

Мультимедийные высокопроизводительные персональные компьютеры

Программное обеспечение МАТЛАВ

Спектральный анализатор

Генератор сигналов

Сетевой анализатор

Измеритель мощности

Счетчик частоты

Линейная система микроволновой передачи

Оптический стенд

Приемоответчик или спутниковый имитатор

Наземная станция с передающими и приемными функциями (например, в качестве минимальной потребности, терминал с очень малой апертурой (VSAT))

Тестовый контурный преобразователь

Комплект для проведения испытаний на определение частоты появления ошибочных битов (ЧОБ)

Приемная телевизионная станция (ПТС)

4. Пересмотренная учебная программа

Модуль 0: Вводный курс

0.1. Введение к курсу

0.2 Вводные данные о мероприятиях и особенностях регионального центра

0.3 Коммуникационные навыки (устные, письменные, представительские, групповая дискуссия)

0.4 Вводные данные о местных условиях (язык, географическая перспектива, общественная система и т.д.)

Модуль 1: Система связи

1.1 Принципы связи и образования сети

1.1.1 Лекции

Обзор телекоммуникаций
Принципы теории информации
Принципы модуляции и кодирования
Микроволновая теория и методы
Оптическая связь
Принципы создания сети и протоколы

1.1.2 Лабораторные занятия

Имитационные эксперименты и эксперименты с материальной частью в системе MATLAB

1.2 Обработка цифрового сигнала

1.2.1 Лекции

Сигналы и системы дискретного времени
Выборка сигналов постоянного времени
Z–преобразование
Дискретное преобразование Фурье
Расчет дискретных преобразований Фурье
Структура дискретных временных систем
Методы конструирования фильтров
Примеры подсистем на основе процессоров цифрового сигнала (ПЦС) для спутниковой связи

- 1.2.2 Лабораторные работы/практические занятия
 - Занятия на основе системы MATLAB
- Модуль 2: Системы спутниковой связи
 - 2.1 Лекции
 - Введение в спутниковую связь
 - Спутниковые орбиты
 - Спутниковые конфигурации
 - Носители и запуск спутников
 - Космическая среда
 - Надежность
 - Спутниковые магистральные подсистемы
 - Аппаратура связи (транспарентность и бортовая обработка)
 - Спутниковые каналы связи
 - Диапазоны частот спутниковой связи
 - Электромагнитная интерференция (ЭМИ), электромагнитная совместимость (ЭМС), радиочастотная интерференция (РЧИ)
 - Эффекты распространения для спутниковых каналов связи
 - 2.2 Эксперименты и демонстрации
 - Расчет параметров связи, в том числе реальных моделей распространения
 - Демонстрационное занятие со спутниковым имитатором
 - Имитирование орбиты и зоны обслуживания
- Модуль 3: Техническое оснащение наземных станций
 - 3.1 Лекции
 - Наземная станция спутниковой связи – обзор
 - Технология подсистем наземной станции
 - Вопросы конструирования и строительства наземных станций
 - Стандарты наземных станций
 - Проверка наземных станций
 - Надежность наземных станций
 - Эксплуатация и ремонт
 - 3.2 Эксперименты и демонстрации
 - Использование приемопередающих спутниковых терминалов (TX/RX)
- Модуль 4: Передача, мультиплексирование и многостанционный доступ
 - 4.1 Лекции
 - Методы аналоговой и цифровой модуляции
 - Кодирование упреждающей коррекции ошибок
 - Мультиплексирование/демультиплексирование
 - Методы диффузности спектра
 - Методы многостанционного доступа

- 4.2 Лабораторные эксперименты
 - Имитирование в системе MATLAB
 - Эксперименты с материальной частью
- Модуль 5: Вещание с использованием спутников связи
 - 5.1 Лекции
 - Стандарты аналоговых и цифровых радиовещательных систем
 - Цифровое телевидение
 - Спутниковое телевидение и системы доступа
 - Вещание в режиме Интернет–протокола (ИП)
 - Отдельные виды применения, например,
 - Спутниковый сбор новостей (ССН) для радио и телевидения
 - Создание радиосетей
 - Цифровое аудиовещание
 - Передвижная радиовещательная установка
 - Телевизионная студия и ее эксплуатация
 - Телевизионное освещение спортивных мероприятий
 - Многоадресная передача
 - Проведение спутниковых видеоконференций
 - Мультимедийность (видеопрезентация)
 - Видеопрезентация по требованию
 - 5.2 Лабораторные эксперименты и демонстрации
 - Практические эксперименты с телевизионными и ИП–терминалами
- Модуль 6: Виды применения и тенденции в области спутниковой связи
 - 6.1 Лекции
 - Услуги спутниковой связи
 - Выбор из возможных видов применения спутниковой связи, например:
 - сети терминалов с очень малой апертурой
 - система приема метеорологических данных
 - система распространения новостей и метеорологических данных
 - система сбора данных
 - использование спутниковой связи в преодолении последствий стихийных бедствий
 - система поиска и спасания
 - международная
 - региональная
 - система распространения предупреждений
 - телемедицина
 - система передачи времени и частот
 - Сотовая связь и персональные услуги связи
 - Стратегические системы спутниковой связи
 - Система спутниковой навигации

- Система Интернет на основе спутников
Мультимедийная широкодиапазонная спутниковая система
- 6.2 Лабораторные эксперименты и демонстрации
- Отдельные эксперименты с материальной частью на основе имеющихся установок и оборудования конечного пользователя, а также демонстрация работы систем
- Модуль 7: Операционные системы спутников связи
- 7.1 Лекции
- Обзор операционных систем спутников связи
- служба фиксированной спутниковой связи (ФСС)
 - система подвижной спутниковой связи (СПСС)
 - радиовещательная спутниковая служба (РСС)
 - мультимедийная радиовещательная служба (МРС)
- Выбор спутниковой системы оперативной связи
Международный союз электросвязи (МСЭ) и другие организации по стандартизации (Международная организация по стандартизации (МОС), Азиатско–тихоокеанский союз электросвязи (АТСЭ), Европейский институт по стандартизации в области электросвязи (ЕТСИ))
Международные нормативные положения
- Модуль 8: Сетевое планирование/управление/вопросы эксплуатации систем спутниковой связи
- 8.1 Лекции
- Технические аспекты сетевого планирования
 - Планирование космического сегмента
 - Планирование наземного сегмента
 - Функционирование и управление сетью
 - Управление операциями спутника связи
 - Координация внутрисистемной/межсистемной интерференции
 - Космическое право
 - Финансовые аспекты спутниковой связи
- Модуль 9: Спутниковая связь в целях развития, образования и подготовки кадров
- 9.1 Лекции
- Спутниковая связь в целях развития, образования и подготовки кадров – общий обзор
- Региональный опыт, связанный с
- материальной частью
 - программным обеспечением
 - социальными исследованиями

Местное вещание (телевидение, радио, кабельная сеть)
Планирование спутниковой связи в целях развития
Спутниковая технология для целей развития, образования
и подготовки кадров
Оперативные, технические и правовые вопросы в связи
с трансграничными каналами для целей развития
Опыт пользователей в области проведения телеконференций
для целей развития сельских районов
Преодоление последствий стихийных бедствий

9.2 Демонстрации на примерах имеющихся систем

Модуль 10: Экспериментальные проекты

Выбор проекта

потребности страны–участника
тема, представляющая интерес для участника
работа по разработке одногодичного проекта

Темы, предлагаемые для проекта

подсистемы наземной станции
системный анализ для спутника связи
конструирование космического аппарата
конструирование антенного следа
конструирование систем связи
сетевое планирование и разработка соответствующего
программного обеспечения
виды применения телевидения и радио для связи
в целях развития
экономические аспекты спутниковой связи
выбор национальной системы
исследование политики

Annex I

Curriculum for the first three courses

Table
Curriculum of the course in satellite communications

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
0	Orientation course (1 week)	
0.1	Introduction to the regional centre	2
0.2	Introduction to activities of the local host institution	2
0.3	Communication skills (oral, written, presentation, group discussion etc.)	24
0.4	Introduction to the host country	6
	Geographic perspectives of the host country	
	Social systems and customs	
	Festivals of the host country	
0.5	Local language—common phrases in the local language	6
	Total	40
1	Communication systems and digital signal processing	
1.1	Classroom lectures—communication systems (3 weeks)	
	Telecommunications overview	
	Distribution, traffic, signalling, switching	6
	Analog and digital communications systems	2
	Long-distance communications	1
	Fibre optics technology and applications	4
	Data networking	10
	Signalling and modulation	
	Local area network (LAN)	
	Wiring plans	
	Data services in public networks	
	Introduction to transmission control protocol/Internet protocol (TCP/IP)	
	Internet	
	Asynchronous transfer mode (ATM)	
	Personal communication services	4
	Integrated services digital network (ISDN)	3
	Packet switching fundamentals	3
	Broadband—an overview	3
	Protocols	3
	Microwave theory and techniques	6
	Transmission line parameters (Z, Y, ABCD, S)	
	Waveguide and coaxial components	
	Applications of microwave technology	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	Introduction to computers	6
	Computer architecture	
	Complex instruction set computer (CISC)	
	Reduced instruction set computer (RISC)	
	Parallel processor	
	Input/output (I/O) devices	
	I/O programming	
	I/O controlling	
	Interrupt	
	Direct memory access (DMA)	
	Operating systems	
	Standard operating systems	
	Disc operating system (DOS)	
	UNIX and Linux	
	Windows 95 NT	
	Communication theory and mathematical tools	
	Probability theory and basic statistics	10
	Information theory	6
	Spherical geometry	1
	Linear algebra	4
	MATLAB mathematical tools	8
	Subtotal	80
1.2	Laboratory sessions	
	Computer	4
	MATLAB	8
	Microwave measurements	8
	Analog and digital modems	4
	Fibre optics	8
	Subtotal	32
1.3	Classroom lectures—digital signal processing (2 weeks)	
	Discrete time signals and systems	4
	Discrete time signals: sequences	
	Discrete time systems	
	Linear time-invariant systems	
	Frequency domain representation of sampling	
	Discrete time signals and systems	
	Representation of sequences by Fourier transform	
	Fourier transform theorems	
	Discrete time random signals	
	Sampling of continuous time signals	6
	Periodic sampling	
	Frequency domain representation of sampling	
	Reconstruction of a band limited signal from its samples	
	Discrete time processing of continuous time signals	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	Continuous time processing of discrete time signals	
	Changing the sampling rate using discrete time processing	
	Practical considerations	
Z-transform		10
	Properties of region of convergence for Z-transform	
	Inverse Z-transform	
	Z-transform properties	
	Inverse Z-transform using contour integration	
	Complex convolution theorem	
	Parseval's relation	
	Unilateral Z-transform	
Discrete Fourier transform (DFT)		6
	Representation of periodic sequences	
	Discrete Fourier series	
	Properties of discrete Fourier series	
	Fourier transform of periodic signals	
	Sampling of Fourier transform	
	Fourier representation of finite duration sequences	
	Discrete Fourier transform	
	Linear convolution using discrete Fourier transform	
Computation of discrete Fourier transform		8
	Efficient computation of discrete Fourier transforms	
	Goertzel algorithm	
	Decimation-in-time fast Fourier transform (FFT) algorithms	
	Decimation-in-frequency FFT algorithms	
	Implementation of FFT algorithms	
	FFT algorithms for composite N	
	Implementation of DFT using convolution	
	Effects of finite register length in DFT computations	
Structure for discrete time systems		6
	Block diagram representation of linear constant coefficient differential equation	
	Basic structure for infinite impulse response (IIR) systems	
	Basic network structures for finite impulse response (FIR) systems	
	Overview of finite precision numerical effects	
	Effects of coefficient quantization	
	Effects of round-off noise in digital filters	
	Zero input cycles in fixed-point realizations of IIR digital filters	
Filter design techniques		12
	Basic issues in digital filter design	
	IIR filter design	
	Frequency transformation of low-pass IIR filters	
	Design of filters by windowing	
	Optimum approximation of FIR filters	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	FIR equi-ripple approximation	
	Wavelet transform	2
	Examples of DSP-based subsystems for satellite communications	4
	Subtotal	58
1.4	Laboratory exercises/tutorial	
	MATLAB-based exercises	10
	Design of FIR and IIR filters	
	Implementation of DFT/FFT	
	Examples of DSP-based communication subsystems	
	Familiarization with and implementation of evaluation board	12
	FIR and IIR filters	
	Demodulator algorithm	
	Viterbi coding	
	FFT and discrete cosine transform (DCT)	
	Subtotal	22
	Total ^a	192
2	Satellite communication systems (6 weeks)	
2.1	Classroom lectures	
	Introduction to satellite communications	4
	Evolution of satellite communications	
	Elements of satellite communications	
	Types of satellite orbits	
	Geosynchronous satellite communications	
	Satellite communications services	
	Satellite orbits	4
	Launch vehicles and launching of satellites	4
	Satellite communications links	4
	Frequency bands for satellite communications	2
	Propagation effects on satellite communication links	2
	Satellite communication techniques	28
	Multiplexing techniques	4
	Modulation techniques	6
	Multiple access techniques	6
	Code division multiple access (CDMA)	2
	Coding theory and error correction techniques	4
	IP over satellite	4
	Satellite configurations	2
	Space environment	2
	Satellite bus subsystems	12
	Mechanical structure	2
	Attitude and orbit control system (AOCS)	2
	Propulsion subsystem	2
	Electrical power subsystem	2
	Telemetry, tracking and command (TT and C)	2

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	Thermal subsystem	2
	Communication transponder	2
	Communication transponder subsystems	6
	Antenna and feed	2
	Receiver and transmitter	2
	I/O multiplexer	2
	Advanced communication transponder on-board processing	4
	Integration and testing of communication transponders	2
	Integration and testing of satellites	2
	In-orbit check out of communication payloads	2
	Reliability and space qualifications	2
	Reliability of satellite communication payloads	2
	EMI, EMC and RFI	2
	Electrostatic discharge hazards in satellite communications electronics	2
	Life of a satellite	2
	Satellite communications (video computer-based teaching (CBT) and tutorials)	28
	Subtotal	120
2.2	Experiments/demonstrations	
	Familiarization with measuring instruments	4
	Determination of satellite look angles and optimization of Earth station antennas	4
	Azimuth and elevation angles	
	X-Y angles	
	Optimization of sense of polarization	
	Measurement of satellite link parameters	8
	Total C/kT and down-link C/kT	
	Antenna gain to system noise temperature ratio (G/T) and effective isotropic radiated power (EIRP)	
	Bit error rate (BER) versus C/kT	
	Familiarization with and measurement of satellite transponder characteristics (communication simulator)	4
	Familiarization with and operation of single channel per carrier (SCPC), spread spectrum multiple access (SSMA) and time division multiple access (TDMA) equipment	12
	Testing of communication transponder subsystems	16
	Multiplexer	
	Receiver	
	Power amplifier	
	Antenna and feed	
	Subtotal	48
2.3	Visits to laboratories and other facilities of the host institution	24
	Communication payload research and development laboratories	
	Communications techniques laboratories	
	Payload fabrication facility	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	Environmental test facility	
	Communication system laboratories	
	Remote sensing laboratories	
	Subtotal	24
	Total ^a	192
3	Earth station technology (3 weeks)	
3.1	Classroom lectures	
	Satellite communications Earth station—an overview	2
	Technology of Earth station subsystems	22
	Antenna reflector and mount for large, medium and small Earth stations	
	Feed system for large, medium and small Earth stations	
	Antenna tracking system	
	Low-noise amplifier (LNA)	
	Solid-state power amplifier	
	High-power amplifier (HPA)	
	Frequency converter	
	Modulator and demodulator	
	Encoder and decoder	
	Test-loop translator	
	Electrical power supply system	
	Foresight and rearward link	
	Earth station design considerations	5
	Earth station standards	
	EIRP and G/T	
	Antenna size and gain	
	Radiation pattern and antenna coverage	
	Redundancy and reliability	
	Environmental specifications	
	VSAT/mobile/briefcase/hand-held terminals	
	Check out of Earth stations	8
	Antenna measurements (farfield, nearfield, anechoic chamber)	
	LNA and G/T	
	HPA and EIRP	
	Frequency converter	
	Test-loop translator	
	Reliability of Earth stations	1
	Operations and maintenance of fixed and transportable Earth stations	2
	Fabrication techniques	6
	Mechanical fabrication techniques	
	Electronics fabrication techniques	
	Microwave integrated circuits (MIC)	
	Subtotal	46

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
3.2	Local visits	24
	Department of Telecommunications (DOT) Earth station	
	Department of Electronics (DOE) Software Technology Park	
	Antenna test facility (host institution)	
	MIC facility (host institution)	
	Electronics fabrication facility (host institution)	
	Mechanical fabrication facility (host institution)	
	Subtotal	24
3.3	Experiments/demonstrations	
	Familiarization with Earth station subsystems	4
	Testing of Earth station subsystems	24
	Testing of feed system	
	Testing of HPA	
	Testing of LNA	
	Testing of frequency converter	
	Testing of antenna tracking system (manual and auto mode)	
	Subtotal	28
	Total ^a	98
4	Broadcasting using communication satellites (3 weeks)	
4.1	Classroom lectures	
	Broadcasting system standards	6
	Frequency modulation television (FMTV)	
	High-definition television (HDTV)	
	Digital video broadcasting (DVB)	
	Moving Picture Experts Group (MPEG)	
	Digital television (video presentation)	6
	Satellite links for TV broadcasting (analog and digital)	2
	Frequency bands for satellite broadcasting and national/international regulations	2
	Satellite TV and access systems	6
	Cable TV	
	Direct broadcasting satellite/direct-to-home (DBS/DTH)	
	Conditional access	
	Network management	
	Satellite news gathering (SNG) for radio and TV	2
	Radio networking	2
	Digital audio broadcasting	2
	Outdoor broadcasting van	2
	TV studio and its operations	2
	TV coverage of sports	2
	Multicasting	2

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	Videoconferencing via satellite	2
	Multimedia (video presentation)	2
	Video on demand	2
	Subtotal	42
4.2	Laboratory experiments/demonstrations	48
	Familiarization with video baseband systems	
	Measurement of video signal-to-noise (S/N) ratio versus carrier-to-noise (C/N) ratio and video threshold	
	Measurement of TV audio S/N	
	Measurement of S/N versus FM deviation	
	Measurement of TV signal parameters using waveform monitor, vectorscope and automated test equipment	
	SCPC/multiple channels per carrier (MCPC) digital TV	
	Determination of transponder operating points for:	
	Single carrier per transponder	
	Multicarrier per transponder	
	Familiarization with radio networking terminals	
	Demonstration of operations of SNG terminals	
	Setting up a TV direct reception system	
	Digital sound and data broadcasting (DSDB) system	
	Multimedia broadcasting/multicasting	
	Subtotal	48
4.3	Local visits	12
	TV broadcasting station of Doordarshan	
	Radio networking system of All India Radio (AIR)	
	TV studio of the Development and Educational Communication Unit (DECU)	
	Subtotal	12
	Total ^a	102
5	Applications and trends in satellite communications (3 weeks)	
5.1	Classroom lectures	
	Satellite communications services	26
	Rural/remote area communications	2
	VSAT network	8
	Time division multiplexing (TDM)-TDMA	
	SCPC-demand assignment multiple access (DAMA)	
	Remote terminals	
	Hub	
	Network management	
	Meteorological data reception systems (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Indian National Satellite System (INSAT))	2
	News and meteorological data dissemination system	2
	Data collection system	2
	Disaster management using satellite communications	2

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	Search and rescue system	2
	International	
	Regional (INSAT)	
	Cyclone warning dissemination system	2
	Telemedicine	2
	Time and frequency transmission system	2
	Mobile and personal communication services (IMT-2000, 4G etc.)	8
	Strategic satellite communication systems	4
	Satellite navigation system	6
	Satellite-based Internet system	2
	Multimedia broadband satellite system	2
	Video CBT and tutorials	14
	Subtotal	62
5.2	Laboratory experiments/demonstrations	
	NOAA very high resolution radiometer (VHRR) data reception	
	News and meteorological data dissemination system	
	Search-and-rescue beacon	
	Operations of Global Positioning System (GPS) receiver and INSAT reporting system	
	VSAT terminal and network	
	Data and sound broadcasting system	
	Subtotal	28
5.3	Local visit	
	Press Trust of India (PTI)	
	India Mobile Department (IMD)	
	Airport	
	National Informatics Centre Network (NICNET)	
	Subtotal	16
	Total ^a	106
6	Operational communications satellite systems (1 week)	
6.1	Classroom lectures	
	Overview of operational communications satellite systems	8
	FSS	
	MSS	
	BSS	
	Broadband multimedia system	
	Operational communications satellite systems	18
	International Telecommunication Union and other standardization organizations (ISO, APT, ETSI)	2
	International regulations	2
	Total ^a	30

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
7	Network planning/management/operational issues of satellite communications systems (1 week)	
7.1	Classroom lectures	
	Technical considerations for network planning	2
	Planning for space segment	2
	Traffic requirements	
	Options for satellite transponder (coverage, power, bandwidth, bent-pipe/regenerative)	
	Cross-pol isolation and collocated satellites	
	Choice of orbits (geosynchronous Earth orbit (GEO), MEO, LEO)	
	Planning for ground segment	2
	Trade-off between space segment and ground segment	
	HPA power and transmit antenna size	
	Off-axis radiation pattern	
	LNA noise temperature and receive	
	Antenna size	
	Cost	
	Network operations and control	2
	Management of communication satellite operations	4
	Normal operations	
	Operations of satellite control Earth station (tele-command, telemetry, tracking and ranging)	
	Orbit determinations, station keeping and fuel management	
	Sun outage and eclipse operations	
	Loss of lock	
	Intra-system/inter-system interference coordination	4
	Space law	2
	Financial aspects of satellite communications	2
	Total ^a	20
8	Satellite communications for development, education and training (2 weeks)	
8.1	Classroom lectures	
	Satellite communications for development education and training—an overview	4
	Indian experience with the Satellite Instructional Television Experiment (SITE), Kveda Communications Project (KCP), Training and Development Communications Channel (TDCC), Jhabua Development Communications Project (JDCP) and University Grant Commission (UGC)	6
	Hardware	
	Software	
	Social research	
	Local broadcasting (TV, radio, cable network)	2
	Planning for satellite communications for development	4
	Research and evaluation	
	Program production for development communications	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of 45-minute sessions</i>
	Hardware	
	Cost	
	Satellite technology for development, education and training	8
	Receive system	
	Transmit system	
	Talk-back system	
	DAMA control	
	Value-added services	
	Return video	
	Data broadcasting	
	Internet broadcasting	
	Multimedia broadcasting	
	Two-way videoconferencing	
	Operational, technological and legal issues in transborder channels for development	2
	Teleconferencing experiences of users for rural development	4
	Disaster management	2
	Subtotal	32
8.2	Demonstrations	20
	Demonstration of talk-back systems (JDCP and TDCC)	
	Direct reception system (analog and digital)	
	Two-way video conference (Spacenet)	
8.3	Field visits	24
	Total ^a	76
9	Pilot project (10 weeks)	
	Project definition	
	Needs of the participant's country	
	Topic of interest of the participant	
	The work leading towards the one-year project	
	Suggested topics for the project	
	Earth station subsystems	
	Systems analysis for communications satellites	
	Spacecraft design	
	Antenna footprint design	
	Communication systems design	
	Network planning and relevant software development	
	Applications of TV and radio for development communications	
	Economics of satellite communications	
	Domestic system definition	
	Policy research	

^aTotals do not include tests and examinations or library work (see also chap. II.A, table 2).

Annex II

Recommended teaching material

- Elbert, B. Introduction to satellite communications, 2. ed. Boston, Artech House Publishers, 1999.
- Feher, K. Wireless digital communications: modulation and spread spectrum applications. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 1995.
- Ha, T. T. Digital satellite communications, 2. ed. New York, McGraw Hill, 1990.
- Haykin, S. S. Communications systems. New York, John Wiley, 1978.
- Hodge, W. W., Interactive television. New York, McGraw Hill, 1995.
- Killen, H. B. Digital communications with fiber optics and satellite applications. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1988.
- Lewis, G. E. Communication service via satellite. Oxford, Oxford BSP Professional Books, 1988.
- Luise, M. and S. Pupolin. Broadband wireless communications. Berlin and New York, Springer-Verlag, 1998.
- Manolakis, P. Digital signal processing. 2. ed. New Delhi, Prentice Hall, 1996.
- Martin, J. Communication satellite system. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1978.
- Mitra, S. K. Digital signal processing: a computer-based approach. New Delhi, Tata-McGraw Hill, 1998.
- Nejat Ince, A. Digital satellite communications systems and technologies: military and civil applications. Boston, Kluwer Academic Publishing, 1992.
- Pattan, B. Satellite systems: principles and technologies. New York, Van Nostrand Reinhold, 1993.
- Pocha, J. J. An introduction to mission design for GEO satellites. Dordrecht, D. Reidel Publishing, 1987.
- Pratt, T. and C. W. Bostian. Satellite communications. New York, John Wiley and Sons, 1986.
- Richharia, M. Satellite communications systems: design principles. New York, MacMillan Publishers, 1995.
- Roddy, D. Satellite communications. 2. ed. New Delhi, McGraw Hill International, 1996.
- Schramm, W. and D. F. Roberts, eds. The process and effects of mass communication. Urbana, University of Illinois Press, 1971.
- Senior, J. M. Optical fiber communications. 2. ed. New Delhi, Prentice Hall, 1992.

Annex III

Explanatory notes for the curriculum

AIR	All India Radio
AOCS	attitude and orbit control system
APT	Asia Pacific Telecommunity
ATM	asynchronous transfer mode
BER	bit error rate
BSS	broadcast satellite service
CBT	computer-based teaching
CDMA	code division multiple access
CISC	complex instruction set computer
C/kT	carrier-to-receiver noise density
C/N	carrier-to-noise (ratio)
DAMA	demand assignment multiple access
DBS	direct broadcasting satellite
DCT	discrete cosine transform
DECU	Development and Educational Communication Unit
DFT	discrete Fourier transform
DMA	direct memory access
DOE	Department of Electronics
DOS	disk operating system
DOT	Department of Telecommunications
DSDB	digital sound and data broadcasting
DSP	digital signal processing
DTH	direct-to-home
DVB	digital video broadcasting
EIRP	effective isotropic radiated power
EMC	electromagnetic compatibility
EMI	electromagnetic interference
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FFT	fast Fourier transform
FIR	finite impulse response

FM	frequency modulation
FMTV	frequency modulation television
FSS	fixed satellite service
GEO	geosynchronous Earth orbit
GPS	Global Positioning System
G/T	antenna gain to system noise temperature ratio
HDTV	high-definition television
HPA	high-power amplifier
IIR	infinite impulse response
IMD	India Meteorological Department
IMT	International Mobile Telecommunication
INSAT	Indian National Satellite System
I/O	input/output
IP	Internet protocol
ISDN	integrated services digital network
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
JDCP	Jhabua Development Communications Project
KCP	Kheda Communications Project
LAN	local area network
LEO	low-Earth orbit
LNA	low-noise amplifier
MBS	multimedia broadcast service
MCPC	multiple channels per carrier
MEO	medium-Earth orbit
MIC	microwave integrated circuit
MPEG	Moving Picture Experts Group
MSS	mobile satellite service
NICNET	National Informatics Centre Network
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OBP	on-board processing
PTI	Press Trust of India
RFI	radio frequency interference

RISC	reduced instruction set computer
SCPC	single channel per carrier
SITE	Satellite Instructional Television Experiment
S/N	signal-to-noise (ratio)
SNG	satellite news gathering
SSMA	spread spectrum multiple access
TCP/IP	transmission control protocol/Internet protocol
TDCC	Training and Development Communication Channel
TDM	time division multiplexing
TDMA	time division multiple access
TT and C	Telemetry, Tracking and Command
TVRO	television receive-only system
UGC	University Grant Commission
VHRR	very high resolution radiometer
VSAT	very small aperture terminal
