

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования

МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ

Кафедра Автоматической электросвязи

Методические указания и контрольные задания по дисциплине

СЕТИ ПОДВИЖНОЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

(ОПД.В.14, дисциплина 2)

Для студентов 5 курса

Заочной формы обучения

(специальность 210406)

Москва, 2010

Методические указания
и контрольные задания

по дисциплине

СЕТИ ПОДВИЖНОЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Составители: Богомолова Н.Е., к.т.н., доц.

Маликова Е.Е., ст. преподаватель

Утверждено на заседании кафедры, протокол № 2 от 14.10.10

Рецензент Степанова И.В., к.т.н. доц.

Предисловие

Дисциплина «Сети подвижной сотовой связи» (СПСС) изучается студентами специальности 210406 на пятом курсе. Основной материал дисциплины изложен в учебниках и учебных пособиях, указанных в списке литературы. В процессе обучения проводятся лекции, лабораторные работы, зачет. Работа студентов складывается из самостоятельной работы с рекомендуемыми учебниками и учебными пособиями, а также из усвоения материала лекций, читаемых в объеме 14 часов.

Если у студента при изучении дисциплины встретятся затруднения, то можно обратиться на кафедру Автоматической электросвязи для получения письменной или устной консультации. Телефон кафедры 495-957-79-18. При затруднениях в изучении теоретического материала в запросе кафедре студент должен указать название учебника, автора, год издания и страницу, где изложен неясный вопрос, а в случаях трудностей с выполнением контрольного задания – указать характер затруднения и привести предлагаемый план решения.

Дисциплину рекомендуется изучать в последовательности разделов, приведенных в методических указаниях.

Распределение времени занятия (в часах) студента 5 курса при изучении дисциплины СПСС.

Аудиторная работа			Самостоятельная работа			Всего по курсу
Лекции	Лабораторные занятия	Итого	Изучение дисциплины	Выполнение задач по дисциплине	Итого	
14	4	18	34	20	54	72

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Принципы построения сетей подвижной сотовой связи

В этом разделе изучается эволюция систем подвижной сотовой связи (СПСС), принципы нумерации. Рассматриваются виды множественного доступа: TDMA, FDMA, CDMA. Также рассматриваются повторное использование частот, хэндовер, роуминг. Основные вопросы этого раздела изложены в [1 с. 153-158, 163-170, 183-196, 2 с. 103-112, 186-196, 295-297, 229-234, 4 с.13-17, 53-59, 63-83, 5 с. 53-63, 69-72, 6 с. 31-51, 95-105, 8 с. 7-15,22-32,70-85] .

После изучения материала рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Сколько поколений СПСС вы знаете?
2. Приведите примеры аналоговых и цифровых стандартов СПСС, используемых в мире.
3. Каковы тенденции применения различных стандартов СПСС?
4. Модель повторного использования частот с круговыми антеннами.
5. Повторное использование частот при применении 120 – градусных и 60 – градусных антенн.
6. Секторизованные соты.
7. Определение числа каналов на соту.
8. Как разбивается на зоны обслуживаемая территория при неравномерной плотности абонентов?
9. Какая система нумерации применяется на СПСС? Определите максимальную емкость всех СПСС России, если негеографические коды начинаются только с цифры 9?

2. Общеввропейская цифровая система подвижной радиосвязи стандарта GSM.

Основные вопросы этого раздела изложены в [1 с. 172-182, 3, с. 7-24, 75-109, 4 с. 36-48, 5 с. 87-118, 6 с.56-63, 74-87, 8 с. 56-70, 103-107]. Во время изучения

раздела следует особое внимание обратить на частотный план стандарта, образование временных каналов и структуру кадров, а также на структурную схему стандарта GSM, изучить назначение каждого функционального блока.

После изучения материала рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Архитектура стандарта GSM.
2. Принципы организации базовой подсистемы BSS, ее основные функции.
3. Сколько временных каналов передается в одном частотном канале?
4. Для чего нужны медленные скачки по частоте?
5. Структура гиперкадра. Когда суперкадр состоит из 26, а когда из 51 мультикадра?
6. Структура кадров трафика и кадров управления.
7. Опишите основное оборудование подсистемы коммутации SSS стандарта GSM.
8. Опишите основные функции центра коммутации подвижной связи MSC?
9. В каком устройстве записывается информация о местном абоненте, включившем телефон в зоне действия своего оператора?
10. В каком устройстве записывается информация об абоненте, приехавшем на роуминг и включившем телефон в зоне действия данного оператора?
11. По каким сигнальным протоколам устанавливаются разговорные соединения в мобильных сетях стандарта GSM, осуществляется роуминг, происходит хэндовер?

3. Услуги передачи данных в стандарте GSM

Основные вопросы этого раздела изложены в [1 с. 215-223, 2 с. 258-294, 3 с.110-164, 6 с.164-180].

При изучении этого раздела следует рассмотреть организацию служб SMS и GPRS в стандарте GSM. После изучения материала рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Какими способами можно передавать данные в СПСС стандарта GSM?
2. Какие дополнительные устройства вводятся в структурную схему стандарта GSM для организации службы SMS?
3. По каким сигнальным протоколам осуществляется передача SMS?
4. С помощью каких кодов осуществляется передача знаков в тексте SMS?
5. Какие приложения могут быть реализованы на базе службы SMS?
6. Какие дополнительные устройства и интерфейсы введены в структурную схему стандарта GSM поколения 2.5 G для организации службы GPRS?
7. В какие элементы структурной схемы стандарта GSM введены дополнительные функции для организации службы GPRS?
8. Какие схемы кодирования применяются для сжатия информации в службе GPRS?
9. Как изменяется скорость передачи данных в службе GPRS при увеличении разговорной нагрузки?
10. Какие усовершенствования введены в физический уровень стандарта GSM для организации технологии EDGE?
11. Какие схемы модуляции и кодирования применяются для технологии EDGE?
12. Как происходит смена схемы кодирования при применении технологии EDGE в случае увеличения помех в канале?

4. Сети подвижной сотовой связи стандарта CDMA

При изучении этого раздела следует рассмотреть принцип кодового разделения сигналов, способы образования расширяющих кодовых

последовательностей, функции Уолша, принципы детектирования сигналов CDMA , а также конкретную реализацию системы CDMA - стандарт IS -95.

Материал этого раздела изложен в [2 с. 295-337, 6 с. 95-167].

После изучения материала рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Как реализуется ортогональный многостанционный доступ?
2. Ортогональное расширение с использованием функций Уолша.
3. Архитектура сети стандарта CDMA.
4. Организация каналов трафика и управления в стандарте CDMA.
5. Обмен сигнальной информацией в сетях стандарта CDMA.
6. Как обеспечивается безопасность в сетях стандарта CDMA?
7. Мягкий хэндовер в сетях стандарта CDMA, управление мощностью.

5. Сети подвижной сотовой связи третьего и четвертого поколений

При изучении этого раздела следует рассмотреть принципы разделения ресурсов в СПСС третьего поколения, частотный спектр, основные пути эволюции этих систем и совместимость различных стандартов. Плоскости протоколов общей модели управления.

Материал этого раздела изложен в [2 с. 457-503, 6 с. 182-248, 7 с. 13-21, 40-70].

После изучения материала рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. Концепция мобильных сетей третьего и четвертого поколений.
2. Разделение частот для различных стандартов третьего поколения.
3. Концепция UMTS, архитектура сети радиодоступа, протоколы сети UTRAN.
4. Концепции IMT - 2000 и CDMA - 2000.
5. Системы мобильной связи стандарта WiMAX.
6. Технологии и архитектура систем мобильной связи нового поколения LTE.

Лабораторные занятия

1. (2 ч.) Служба SMS в сетях подвижной сотовой связи
2. (2 ч.) Расчет объема сигнальной информации на сегменте СПСС.

Для подготовки к лабораторным работам каждый студент выполняет задания по варианту, который соответствует его номеру в журнале группы. Для выполнения этих заданий необходимо предварительно подготовиться и изучить материал разделов 1-5 данных методических указаний.

Задание № 1

Изобразите структурную схему СПСС стандарта GSM с услугой GPRS, дайте перевод всех сокращений, а также опишите назначение одного из устройств, в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Нвар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Уст- во	BTS	BSC	PCU	TCE	MSC	HLR	VLR	SGSN	GGSN	GMSC	OMC	EIR
Нвар	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Уст- во	AUC	PCU	MSC	GMSC	HLR	VLR	OMC	SGSN	BSC	BTS	GGSN	MS

Задание № 2

Абонент , купивший телефон в городе **А**, звонит из города **В**, абоненту, в город **С**. Составьте в соответствии с табл. 2 схему телефонного тракта, укажите типы сигнализации.

Таблица 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
А	М 01	М	П 02	СП б 01	СП б 02	М 01	СП б	СПб 01	СП б	П 01	П 02	П 01	М 01	СП б 02
В	М	П	М	М	П	П	М	М	П	СП б	СП	М	П	СП

							О1				б			б
С	СПб 02	М гор	М О1	СП б О2	М О1	М О2	П гор	СПб О2	СП б гор	П О2	П О1	М О2	М О2	М О1
№	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
А	М О1	П	П	П О3	П О1	П О1	М	П	М	М О1	П	СПб О1	П О1	М
В	М	П	М	М	П	СП	М	П	М	М	П	П	П	П
С	М гор	П гор	М гор	М О1	П О2	П О2	П гор	СПб	СП б гор	П О2	СП б гор	М О2	М О2	СП б гор

Где: М – Москва, П – Париж, СПб – Санкт-Петербург, гор – городская ТФОП, О1- оператор мобильной связи №1, О2 – оператор мобильной связи № 2.

Задание № 3

Написать текст SMS на русском и английском языках в кодах ASCII и Unicot Standart. Показать номер вызывающего и вызываемого абонентов, текст сообщения должен быть не менее 20 символов. Номер сигнальной единицы и квитанции выбрать самостоятельно.

Задание № 4

Рассчитать объем сигнальной информации в битах, переданной с помощью протокола ISUP для основного соединения и при предоставлении дополнительных услуг в соответствии с заданием в таблице 3, где P_p – вероятность того, что разговор состоялся, P_z -вероятность того, что вызываемый абонент занят, $P_{н\circ}$ – вероятность того, что вызываемый абонент не отвечает, a -процент абонентов, которые пользуются услугой SMS, b – процент абонентов, использующих услугу переадресации. При услуге переадресации передается дополнительная информация в соответствии с рис.3 а), б) с), объем информации для SMS взять из предыдущего задания.

Таблица 3

N варианта	P_p	P_z	$P_{н\circ}$	a	b
1	0.50	0.20	0.30	15%	10%
2	0.60	0.22	0.18	36%	19%
3	0.55	0.25	0.20	57%	18%
4	0.65	0.20	0.15	48%	17%
5	0.52	0.15	0.33	69%	16%
6	0.54	0.2	0.26	80%	15%
7	0.56	0.25	0.19	71%	14%
8	0.58	0.27	0.15	92%	23%
9	0.60	0.25	0.15	43%	12%
10	0.50	0.3	0.20	74%	11%
11	0.51	0.3	0.19	65%	12%
12	0.53	0.25	0.22	86%	10%
13	0.55	0.2	0.25	57%	9%
14	0.57	0.30	0.13	78%	8%
15	0.59	0.21	0.20	79%	7%

16	0.50	0.25	0.25	70%	6%
17	0.55	0.20	0.25	69%	5%
18	0.6	0.22	0.18	62%	20%
19	0.65	0.20	0.15	71%	19%
20	0.62	0.18	0.20	58%	18%
21	0.64	0.26	0.10	39%	17%
22	0.6	0.20	0.20	50%	16%
23	0.55	0.25	0.20	31%	15%
24	0.5	0.30	0.20	53%	14%
25	0.53	0.27	0.20	42%	13%
26	0.52	0.28	0.20	64%	12%
27	0.55	0.25	0.20	85%	11%
28	0.6	0.20	0.20	66%	10%

Задание № 5

В соответствии с частотным планом стандарта GSM-900 и DCS -1800 напишите полосы частот каналов «а», «в», «с», «d» и изобразите размещённые в них временные каналы с соответствующими номерами. Номера частотных каналов «а», «в», «с», «d» для первых четырнадцати вариантов приведены в таблице 4 для стандарта GSM-900 , а для остальных вариантов - в таблице 5 для стандарта DCS – 1800.

Таблица 4

Каналы	Номер варианта													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
а	001	003	006	009	011	089	078	045	078	099	065	077	077	043
в	023	026	055	033	044	22	065	023	114	115	118	119	100	101
с	047	056	027	050	090	040	030	080	070	010	059	081	082	083
d	111	124	123	122	120	117	019	039	069	059	028	094	039	051

Таблица 5

Кан алы	Номер варианта													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
a	056	231	123	341	127	238	078	098	054	017	099	077	088	051
b	120	136	145	155	165	177	189	190	176	143	129	167	178	199
c	211	237	278	290	265	271	289	265	297	254	201	208	210	237
d	300	301	311	367	374	327	308	319	317	370	350	349	378	361

Методические указания для выполнения заданий

Задания выполняются в отдельной тетради или в печатном виде на формате А4. Решения заданий располагаются в порядке возрастания номеров. Перед каждым заданием необходимо написать его условие с указанием исходных данных требуемого варианта. Номер варианта должен совпадать с номером студента в журнале группы.

Решения заданий должны быть четкими, краткими, без сокращения слов. В случае необходимости нужно давать ссылку на литературу, указывая, если это необходимо, страницу, номер чертежа или формулу. Расчетные формулы необходимо приводить в тексте в общем виде с объяснением входящих в них буквенных значений. Схемы выполняются аккуратно с помощью чертежных инструментов или на компьютере.

Задания, выполненные небрежно, без промежуточных вычислений, с пропуском задач, не по своему варианту, возвращаются обратно студенту.

Задание 1 выполняется после ознакомления с материалом в [5 с.87-95, 9 с.58 – 70, 10 с.127-135]. Устройство, которое требуется описать подробно, необходимо выделить на структурной схеме стандарта GSM.

Задание 2 выполняется в соответствии с таблицей 2. Для выполнения этого задания необходимо сначала ознакомиться с материалом, изложенным в [1 с. 26-52, 5 с. 88-90]. Если вызываемый абонент является абонентом телефонной сети общего пользования, то необходимо выбрать самостоятельно тип АТС и указать все

Рис. 1 Схема установления соединения

Для решения **Задания 3** необходимо изучить материал, изложенный в [1 с. 69 – 81, 3, с.51-61].

Ниже приведен пример SMS, переданного по международной сети СПСС.

Octet	Binary	Hex	Type	Description
				10:03:33.491649; Size 148 Octets
1	10110110	b6	MF	BSN=54; BIB=1
2	01100110	66	MF	FSN=102; FIB=0
3	10010100	3f	MF	Spare=0; LI=MSU
4	00000011	03	MF	SI=SCCP; Spare=0; NI=International Message
5	00101001	29	MF	DPC=4905
6	00010011	13	MF	OPC=5124
7	00000001	01	MF	
8	11110101	f5	MF	SLS=15
9	00001001	09	MF	MT=Unitdata
10	10000001	81	MF	Protocol Class=Class 1; Message Handling=Return message on error
11	00000011	03	MF	Pointer to Called Address Information=3 octets
12	00001110	0e	MF	Pointer to Calling Address Information=14 octets
13	00011001	19	MF	Pointer to Data=25 octets
14	00001011	0b	MV	Called Address Information Length=11 octets
15	00010010	12	MV	Routing Indicator=Routing based on global title; Global title indicator=Tran Type, Num Plan, Encoding Scheme, Addr Ind; SSN Indicator=Address contains a Subsystem Number; Spare=0; Point Code Indicator=Address does not contain a Signalling Point Code
16	00001000	08	MV	Called SSN=MAP
17	00000000	00	MV	Translation Type=0
18	00010001	11	MV	Encoding Scheme=BCD, odd number of digits; Numbering Plan=ISDN/Telephony
19	00000100	04	MV	Nature of Address Indicator=International number; Spare=0
20	10010111	97	MV	Called Address Information=79163700295

21	01100001	61	MV	
22	01110011	73	MV	
23	00000000	00	MV	
24	10010010	92	MV	
25	00000101	05	MV	
26	00001011	0b	MV	Calling Address Information Length=11 octets
27	00010010	12	MV	Routing Indicator=Routing based on global title; Global title indicator=Tran Type, Num Plan, Encoding Scheme, Addr Ind; SSN Indicator=Address contains a Subsystem Number; Spare=0; Point Code Indicator=Address does not contain a Signalling Point Code
28	00001000	08	MV	Calling SSN=MAP
29	00000000	00	MV	Translation Type=0
30	00010010	12	MV	Encoding Scheme=BCD, even number of digits; Numbering Plan=ISDN/Telephony
31	00000100	04	MV	Nature of Address Indicator=International number; Spare=0
32	10010100	94	MV	Calling Address Information =491710766211
33	01110001	71	MV	
34	00000001	01	MV	
35	01100111	67	MV	
36	00100110	26	MV	
37	00010001	11	MV	
38	10000011	83	MF	Data Length=131 octets
39	01100010	62	MF	MT=Begin
40	10000001	81	MV	Length=128 octets
41	10000000	80	MV	
42	01001000	48	MV	Originating Transaction ID Tag
43	00000100	04	MV	Length=4 octets
44	00111110	3e	MV	Originating Transaction Id=3e761700h
45	01110110	76	MV	
46	00010111	17	MV	
47	00000000	00	MV	

48	01101100	6c	OF	Component Portion Tag
49	01111000	78	OV	Length=120 octets
50	10100001	a1	OV	Invoke
51	01110110	76	OV	Length=118 octets
52	00000010	02	OV	Invoke Id Tag
53	00000001	01	OV	Length=1 octet
54	01010111	57	OV	Invoke Id=87
55	00000010	02	MF	Operation Code TagLocal Operation Code
56	00000001	01	MF	Length=1 octet
57	00101110	2e	MF	Operation Code (Invoke)=mo-forwardSM
58	00110000	30	MF	Sequence Tag=30(hex)
59	01101110	6e	MV	Length=110 octets
60	10000000	80	OV	IMSI Tag=80(hex)
61	00001000	08	OV	Length=8 octets
62	01010010	52	OV	IMSI Digits=250070200069350
63	00000000	00	OV	
64	00000111	07	OV	
65	00000010	02	OV	
66	00000000	00	OV	
67	10010110	96	OV	
68	01010011	53	OV	
69	11110000	f0	OV	
70	10000100	84	OF	Service Centre Address DA Tag=84(hex)
71	00000111	07	OV	Length=7 octets
72	10010001	91	OV	No extension; Nature of Address Indicator= International number; Numbering Plan Indicator= ISDN/Telephony Numbering Plan (Rec CCITT E.164)
73	10010100	94	OV	Address=491710760000(hex)
74	01110001	71	OV	
75	00000001	01	OV	
76	01100111	67	OV	

77	00000000	00	OV	
78	00000000	00	OV	
79	00000100	04	MF	SM-RP-UI Tag=4(hex)
80	01011001	59	MV	Length=89 octets
81	00000100	04	MV	TP-Message Type=SMS-DELIVER; More Message To Send=No more messages are waiting for the MS in this SC; TP Reply Path=Not set; User Data Header Indicator=TP-UD field contains only the short message; Status Report Indication=Will not be returned to the SME; Padding Bits=0(dec)
82	00001100	0c	MV	Length of Address Value=12 nibbles
83	10010001	91	MV	Fixed Value; Type of Number=International number; Numbering Plan Identification=ISDN/telephone numbering plan (E.164/E.163)
84	10010100	94	OV	TP Originating Address Value=491712612059(hex)
85	01110001	71	OV	
86	00100001	21	OV	
87	00010110	16	OV	
88	00000010	02	OV	
89	10010101	95	OV	
90	00000000	00	MF	TP-PID Category=Telematic Interworking; Telematic Interworking Indicator=No interworking, SME-SME protocol; Spare=0(hex)
91	00000000	00	MF	TP-DCS Category=General Data Coding; Text=Uncompressed; Meaning=No meaning; Alphabet=Default alphabet; No Message Meaning=0
92	00010001	40	MF	Year=11
93	00100000	20	MF	Month=02
94	01000000	40	MF	Day=04
95	01110000	70	MF	Hour=07
96	01000011	43	MF	Minute=34
97	10010000	90	MF	Second=09
98	01000000	40	MF	Time Zone=Behind; Time Zone Difference=0; Time Zone Difference=4(Quarters)
99	01010000	50	MF	User Data Length=48 (hex)
100	11000100	c4	OF	Char=D; Char=o
101	10110111	b7	OF	Char=b

102	01011000	58	OF	Char=r
103	11111110	fe	OF	Char=o
104	00101110	2e	OF	Char=e
105	10000011	83	OF	Char=
106	11101010	ea	OF	Char=u
107	01110100	74	OF	Char=t; Char=r
108	11111001	f9	OF	Char=o
109	00011011	1b	OF	Char=
110	00000100	04	OF	Char=p
111	10010111	97	OF	Char=r
112	10111111	bf	OF	Char=o
113	11100111	e7	OF	Char=s
114	11101000	e8	OF	Char=h; Char=e
115	00110010	32	OF	Char=l
116	00011011	1b	OF	Char=
117	00100100	24	OF	Char=r
118	00101111	2f	OF	Char=e
119	10011111	9f	OF	Char=g
120	11010011	d3	OF	Char=i
121	01110011	73	OF	Char=s; Char=t
122	10111010	ba	OF	Char=r
123	00111100	3c	OF	Char=a
124	00111100	3c	OF	Char=c
125	01001110	4e	OF	Char=i
126	11010111	d7	OF	Char=u
127	01000001	41	OF	Char=
128	11101100	ec	OF	Char=l; Char=e
129	00110010	32	OF	Char=t
130	00111101	3d	OF	Char=a

131	10011100	9c	OF	Char=y
132	10101111	af	OF	Char=u
133	10000011	83	OF	Char=
134	11011010	da	OF	Char=m
135	11101111	ef	OF	Char=o; Char=s
136	11111001	f9	OF	Char=k
137	11011010	da	OF	Char=v
138	01011110	5e	OF	Char=u
139	00000111	07	OF	Char=
140	11011001	d9	OF	Char=v
141	11001011	cb	OF	Char=e
142	01110010	72	OF	Char=r; Char=n
143	01110111	77	OF	Char=u
144	01111101	7d	OF	Char=s

Мы видим, что CE ОКС № 7, передающая данное короткое сообщение, несет в себе 54-ю квитанцию (BSN), которая передается повторно (BIB = 1), номер самой CE (FSN) — 102, она передается впервые. Далее по индикатору длины (LI) мы видим, что это значащая CE (MSU), используется протокол SCCP. Код пункта назначения (DPC) имеет номер 4905 (Германия), а код пункта отправления (OPC) — 5124 (Россия). Сообщение было направлено в Германию, находившимся там же на роуминге московским абонентом оператора МТС, оно транзитом прошло через Россию и было снято на транзитном узле, на обратном пути в Германию. Протокол SCCP использовал транспортировку по первому классу (MT = Unidata Class 1). В сообщении указаны номера вызывающего (79163700295) и вызываемого (491710766211) абонентов, а также номер домашнего регистра в Германии (491710760000), в котором хранится информация о немецком абоненте. Затем передаются необязательные и обязательные параметры с указанием оставшейся длины сообщения, временный номер абонента

в роуминге и т. п. Начиная с 92-го байта передается дата, время и 45 байт текста, содержащие 56 знаков (каждый по 7 бит).

В данном сообщении служебная информация о международных идентификаторах абонента, его временном роуминговом номере, адресная информация, номера обоих абонентов, дата, времени и часовом поясе заняла 95 байт (с 5 по 99 байт). Но бывают случаи, когда служебная информация может быть еще больше, поэтому стандартная длина SMS сообщения ограничена 140 байтами.

Знаки букв в тексте сообщения расположены по следующей схеме:

1-й байт	2g1a1b1c1d1e1f1g
2-й байт	3f3g2a2b2c2d2e2f
3-й байт	4e4f4g3a3b3c3d3e
4-й байт	5d5e5f5g4a4b4c4d
5-й байт	6c6d6e6f6g5a5b5c
6-й байт	7b7c7d7e7f7g6a6b
7-й байт	8a8b8c8d8e8f8g7a

Текст данного SMS на русском языке в The Unicode Standart , начиная с 100 байта имел бы следующий вид:

100	00000100	04	
101	00010100	14	Буква = Д
102	00000100	04	
103	00111110	3E	Буква = о
104	00000100	04	
105	00110001	31	Буква = б
106	00000100	04	
107	01000000	40	Буква = р
108	00000100	04	
109	00111110	3E	Буква = о
110	00000100	04	
111	00110101	35	Буква = е
112	00000000	00	
113	00011011	1b	Буква = пробел
114	00000100	04	
115	01000011	43	Буква = у

116	00000100	04	
117	01000010	42	Буква = т
118	00000100	04	
119	01000000	40	Буква = р
120	00000100	04	
121	00111110	3E	Буква = о
122	00000000	00	
123	00011011	1b	Буква = пробел
124	00001000	04	
125	00111111	3E	Буква = п
126	00000100	04	
127	01000000	40	Буква = р
128	00000100	04	
129	00111110	3E	Буква = о
130	00000100	04	
131	01001000	48	Буква = ш
132	00000100	04	
133	00110101	35	Буква = е
134	00000100	04	
135	00111011	3B	Буква = л
136	00000000	00	
137	00011011	1b	Буква = пробел
138	00000100	04	
139	01000000	40	Буква = р
140	00000100	04	
141	00110101	35	Буква = е
142	00000100	04	
143	00110011	33	Буква = г
144	00000100	04	
145	00111000	38	Буква = и
146	00000100	04	
147	01000001	41	Буква = с
148	00000100	04	
149	01000010	42	Буква = т
150	00000100	04	
151	01000000	40	Буква = р
152	00000100	04	
153	00110000	30	Буква = а
154	00000100	04	
155	01000110	46	Буква = ц
156	00000100	04	
157	00111000	38	Буква = и
158	00000100	04	
159	01001110	4E	Буква = ю
160	00000000	00	
161	00011011	1b	Буква = пробел
162	00000100	04	
163	01000011	43	Буква = у
164	00000100	04	
165	00111011	3B	Буква = л

166	00000100	04	
167	00110101	35	Буква = е
168	00000100	04	
169	01000010	42	Буква = т
170	00000100	04	
171	00110000	30	Буква = а
172	00000100	04	
173	01001110	4E	Буква = ю
174	00000100	04	
175	00011100	1C	Буква = М
176	00000100	04	
177	00111110	3E	Буква = о
178	00000100	04	
179	01000001	41	Буква = с
180	00000100	04	
181	00111010	3A	Буква = к
182	00000100	04	
183	00110010	32	Буква = в
184	00000100	04	
185	01000011	43	Буква = у
186	00000100	04	
187	00110010	32	Буква = в
188	00000100	04	
189	00110101	35	Буква = е
190	00000100	04	
191	01000000	40	Буква = р
192	00000100	04	
193	00111101	3D	Буква = н
194	00000100	04	
195	01000011	43	Буква = у
196	00000100	04	
197	01000001	41	Буква = с
198	00000100	04	
199	01001100	4C	Буква = ь

В приложении 1 приведен семиэлементный международный код ASC II, а в приложении 2 Фрагмент Unicode Standard 4.1 для передачи русских букв.

Длина поля SIF при передаче одного SMS составит:

$$S = L_{SMS} * 8 \text{ бит} \quad (1),$$

где $L_{SMS} = 144 \text{ байт}$ - длина поля SIF при передаче SMS в коде ASC II,

а при передаче SMS на русском языке в Unicode Standard 4.1 $L_{SMS} = 199 \text{ байт}$.

Таким образом, длина поля SIF при передаче на русском и английском языках составит:

$$S_{\text{сиг}} = 144 * 8 = 1152 \text{ бит}$$

$$S_{\text{доп}} = 199 * 8 = 1592 \text{ бит}$$

Задание 4. Для выполнения этого задания необходимо ознакомиться с материалом, изложенным в [8 с. 29-38], и выполнить в соответствии с заданием в таблице 3.

Произведем расчет объема сигнальной информации при оказании основной и дополнительных услуг, при этом примем:

$p_d = 0,6$ - доля вызовов, закончившихся разговором;

$p_c = 0,2$ - доля вызовов, не закончившихся разговором по причине занятости вызываемого абонента;

$p_{i/i} = 0,2$ - доля вызовов, не закончившихся разговором из-за неответа вызываемого абонента.

На рис. 2 показаны различные сценарии обмена сигнальной информацией по протоколу ISUP при установлении основного соединения.

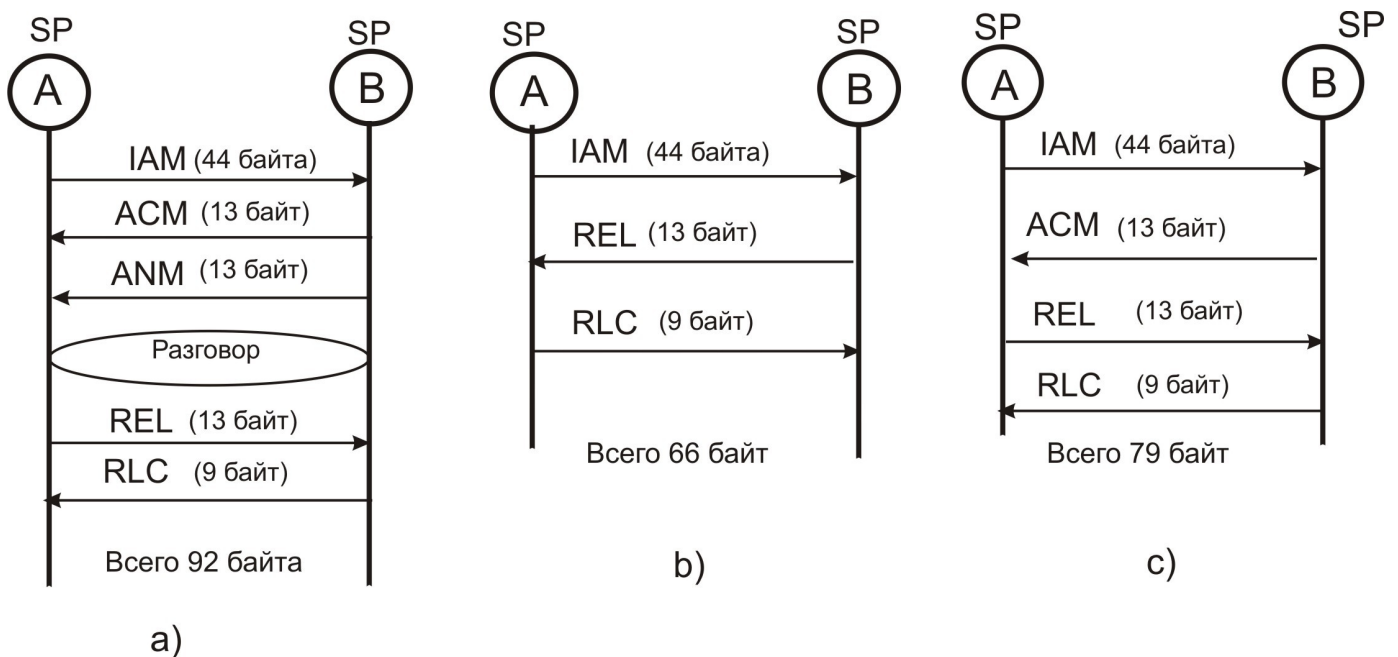


Рис. 2 Варианты установление базового соединения по протоколу ISUP
 а) успешное установление соединения, б) абонент занят, с) абонент не отвечает.

Сигнальная информация при установлении одного основного соединения

$$S_{\text{сиг}} = (P_p L_p + P_{\text{з}} L_{\text{з}} + P_{\text{и}} L_{\text{и}}) * 8, \quad (2)$$

где L_p , $L_{\text{з}}$, $L_{\text{и}}$ – длины полей сигнальной информации (SIF), соответственно, при успешном установлении соединения, занятости вызываемого абонента и не ответе вызываемого абонента. Подставляя числовые значения в (2) получим:

$S_{\text{сиг}} = (0.6 * 92 + 0.2 * 66 + 0.2 * 79) * 8 = 674 \text{ бита}$. При предоставлении абоненту услуги переадресация сигнальная нагрузка существенно увеличивается. Диаграммы установления соединений при предоставлении услуги переадресации приведены на рис. 3. В этом случае формула для расчета будет иметь следующий вид:

$$S_{\text{сиг}} = P_p (L_{\text{усп. AB}} + L_{\text{усп. BC}}) + P_{\text{з}} (L_{\text{з. AB}} + L_{\text{з. BC}}) + P_{\text{и}} (L_{\text{и. AB}} + L_{\text{и. BC}}) * 8 \quad (3)$$

$$S_{\text{сиг}} = (0.6 * 209 + 0.2 * 154 + 0.2 * 183) * 8 = 1543 \text{ бита},$$

где $L_{\text{усп. AB}}$, $L_{\text{усп. BC}}$ - длина поля SIF при успешном соединении, соответственно, на участке АВ и участке ВС;

$L_{\text{з. AB}}$, $L_{\text{з. BC}}$ - длина поля SIF при безуспешном соединении, соответственно, на участке АВ и участке ВС.

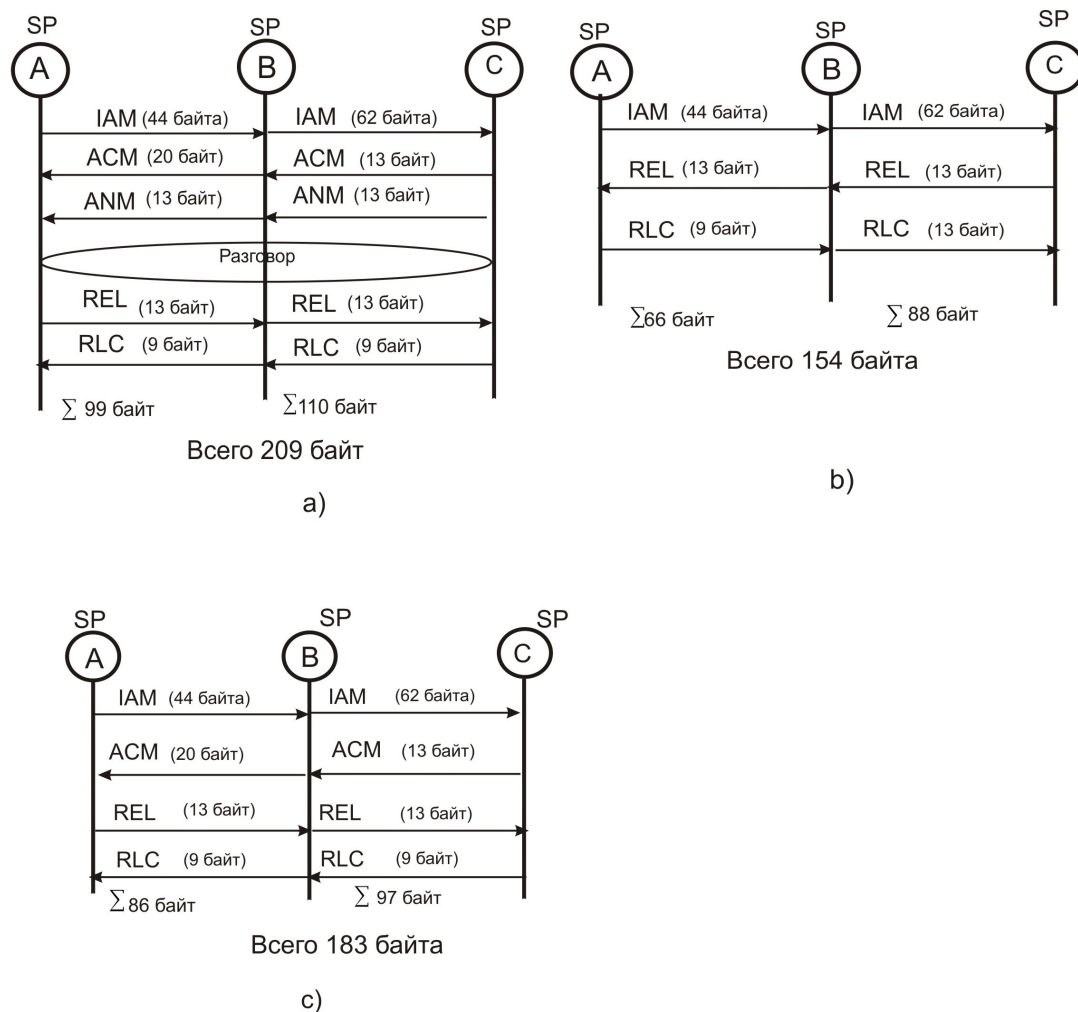


Рис. 3 Диаграммы установления соединения при предоставлении услуги «Переадресация»: а) успешное установление соединения, б) абонент занят, с) абонент не отвечает.

Рассчитаем, как изменится объем передаваемой сигнальной информации по каналу ОКС, если 30 % абонентов использует услугу «Переадресация», а 20 % абонентов используют услугу «SMS».

$$S_{\text{сиг}} = 674 + 0.3 * (1543 - 674) + 0.2 * 1176 = 1170 \text{ бит}$$

Отсюда делаем вывод, что при введении на сети дополнительных услуг очень сильно возрастает нагрузка на канал ОКС.

Задание 5 выполняется в соответствии с заданием в таблицах 4 и 5. Для решения задачи необходимо изучить материал, изложенный в [5 с. 107-118, 8 с. 30-38].

Для примера возьмем частотные каналы с номерами «а», «в», «с», «d», значения, которых приведены в таблице 4.

Таблица 6

Каналы	Номер канала
«а»	007
«в»	033
«с»	065
«d»	104

Решение

Стандарт GSM разработан для создания сотовых систем подвижной связи в следующих полосах частот: 890...915МГц – для передачи подвижными станциями ; 935...960МГц - для передачи базовыми станциями.

Каждая из полос, выделенных для сетей GSM, разделяется на 124 частотных канала. Частоты, выделенные для передачи подвижной станции на базовую станцию и в обратном направлении, группируются парами, организуя дуплексный канал с разносом 45МГц. Эти пары частот сохраняются и при перескоках частоты.

Если обозначить $F1(n)$ – номер несущей частоты в полосе 890-915 МГц,

$F2(n)$ -номер несущей частоты в полосе 935-960 МГц, то частоты каналов определяются по следующим формулам:

- полоса частот на передачу подвижной станцией для канала с номером «n»
 - $F1(n)$ определяется по формуле: $F1(n)=890+0,2n$ МГц;

- полоса частот на передачу базовой станцией для канала с номером «n»-
 $F2(n)$ определяется по формуле: $F2(n)=F1(n)+45$ МГц или $F2(n)=935+0,2n$ МГц.

Временные каналы определяются по формуле:

$$8(n-1)+1 \div 8n.$$

Решение представлено в виде таблицы 7.

Таблица 7

№	Канал	$F1(n)$ (МГц)	$F2(n)$ (МГц)	Временные каналы
---	-------	---------------	---------------	------------------

1	007	891,2 – 891,4	936,2 – 936,4	49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56
2	033	896,6 – 896,8	941,6 – 941,8	257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264
3	065	902,8 – 903	947,8 – 948	513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520
4	104	910,6 – 910,8	955,6 – 955,8	825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832

Для стандарта DCS -1800 применяются формулы $F1(n)=1710+0,2n$ МГц, а $F2(n)=F1(n)+95$ МГц или $F2(n)=1805+0,2n$ МГц. Временные каналы определяются аналогичным образом.

Список литературы

Основная

Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов.
Спб.:БХВ-Петербург, 2010, 400с.

1. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи / пер. с польск. И.Д. Рудинского, под. ред. Ледовского А.И. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 536 с.
2. Закиров З.Г., Надеев А.Ф., Файзулин Р.Р. Сотовая связь стандарта GSM. –М.: Эко-Трендз, 2004.-264с.

3. Ратынский М.В. Основы сотовой связи / Под ред. Зимина Д.Б. – М.: Радио и связь, 1998. – 248 с.
4. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.: Эко-Трендз, 1998. 242 с.

Дополнительная

5. Берлин А.Н. Сотовые системы связи: Учебное пособие / А.Н. Берлин – М.: Интернет – Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 360 с.
6. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
7. Чекалин А.А., Заряев А.В., Скрыль С.В. и др. Защита информации в системах мобильной связи: Учебное пособие для вузов / под. Ред. Заряева А.В., М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 171 с.

Приложение 1.

Семиэлементный международный код ASC II

комб.	Значение	16-ричный код	Двоичный код	№ комб.	Значение	16-ричный код	Двоичный код	№ комб.	Значение	16-ричный код	Двоичный код
0	NUL	00	0000000	38	&	26	0100110	76	L	4C	1001100
1	SOH	01	0000001	39	'	27	0100111	77	M	4D	1001101
2	STX	02	0000010	40	(	28	0101000	78	N	4E	1001110
3	ETX	03	0000011	41	)	29	0101001	79	O	4F	1001111

4	EOT	04	0000100	42	*	2A	0101010	80	P	50	1010000
5	ENQ	05	0000101	43	+	2B	0101011	81	Q	51	1010001
6	ACK	06	0000110	44	,	2C	0101100	82	R	52	1010010
7	BEL	07	0000111	45	-	2D	0101101	83	S	53	1010011
8	BS	08	0001000	46	.	2E	0101110	84	T	54	1010100
9	HT	09	0001001	47	/	2F	0101111	85	U	55	1010101
10	LF	0A	0001010	48	0	30	0110000	86	V	56	1010110
11	VT	0B	0001011	49	1	31	0110001	87	W	57	1010111
12	FF	0C	0001100	50	2	32	0110010	88	X	58	1011000
13	CR	0D	0001101	51	3	33	0110011	89	Y	59	1011001
14	SO	0E	0001110	52	4	34	0110100	90	Z	5A	1011010
15	SI	0F	0001111	53	5	35	0110101	91	[	5B	1011011
16	DLE	10	0010000	54	6	36	0110110	92	\	5C	1011100
17	DC1	11	0010001	55	7	37	0110111	93	]	5D	1011101
18	DC2	12	0010010	56	8	38	0111000	94	^	5E	1011110
19	DC3	13	0010011	57	9	39	0111001	95	-	5F	1011111
20	DC4	14	0010100	58	:	3A	0111010	96	`	60	1100000
21	NAK	15	0010101	59	;	3B	0111011	97	a	61	1100001
22	SYN	16	0010110	60	<	3C	0111100	98	b	62	1100010
23	ETB	17	0010111	61	=	3D	0111101	99	c	63	1100011
24	CAN	18	0011000	62	>	3E	0111110	100	d	64	1100100
25	EN	19	0011001	63	?	3F	0111111	101	e	65	1100101
26	SUB	1A	0011010	64	@	40	1000000	102	f	66	1100110
27	ESC	1B	0011011	65	A	41	1000001	103	g	67	1100111
28	FS	1C	0011100	66	B	42	1000010	104	h	68	1101000
29	GS	1D	0011101	67	C	43	1000011	105	i	69	1101001
30	RS	1E	0011110	68	D	44	1000100	106	j	6A	1101010
31	US	1F	0011111	69	E	45	1000101	107	k	6B	1101011
32	SP	20	0100000	70	F	46	1000110	108	l	6C	1101100
33	!	21	0100001	71	G	47	1000111	109	m	6D	1101101
34	“	22	0100010	72	H	48	1001000	110	n	6E	1101110

35	#	23	0100011	73	I	49	1001001	111	o	6F	1101111
36	\$	24	0100100	74	J	4A	1001010	112	p	70	1110000
37	%	25	0100101	75	K	4B	1001011	113	q	71	1110001
114	r	72	1110010	119	w	77	1110111	124	|	7C	1111100
115	s	73	1110011	120	x	78	1111000	125	}	7D	1111101
116	t	74	1110100	121	y	79	1111001	126	~	7E	1111110
117	u	75	1110101	122	z	7A	1111010	127	DEL	7F	1111111
118	v	76	1110110	123	{	7B	1111011				

Приложение 2.

Фрагмент Unicode Standard 4.1 для передачи русских букв

№ Ко мб	Р У с.	Шест надца ти- рич- ный код	Двоичный код				№ ко мб	Р У с.	Шест надца ти- рич- ный код	Двоичный код			
			0000	0100	0001	0000				0000	0100	0011	0000
1	А	0410	0000	0100	0001	0000	33	а	0430	0000	0100	0011	0000
2	Б	0411	0000	0100	0001	0001	34	б	0431	0000	0100	0011	0001
3	В	0412	0000	0100	0001	0010	35	в	0432	0000	0100	0011	0010
4	Г	0413	0000	0100	0001	0011	36	г	0433	0000	0100	0011	0011
5	Д	0414	0000	0100	0001	0100	37	д	0434	0000	0100	0011	0100
6	Е	0415	0000	0100	0001	0101	38	е	0435	0000	0100	0011	0101
7	Ж	0416	0000	0100	0001	0110	39	ж	0436	0000	0100	0011	0110
8	З	0417	0000	0100	0001	0111	40	з	0437	0000	0100	0011	0111
9	И	0418	0000	0100	0001	1000	41	и	0438	0000	0100	0011	1000

10	Й	0419	0000	0100	0001	1001	42	й	0439	0000	0100	0011	1001
11	К	041A	0000	0100	0001	1010	43	к	043A	0000	0100	0011	1010
12	Л	041B	0000	0100	0001	1011	44	л	043B	0000	0100	0011	1011
13	М	041C	0000	0100	0001	1100	45	м	043C	0000	0100	0011	1100
14	Н	041D	0000	0100	0001	1101	46	н	043D	0000	0100	0011	1101
15	О	041E	0000	0100	0001	1110	47	о	043E	0000	0100	0011	1110
16	П	041F	0000	0100	0001	1111	48	п	043F	0000	0100	0011	1111
17	Р	0420	0000	0100	0010	0000	49	р	0440	0000	0100	0100	0000
18	С	0421	0000	0100	0010	0001	50	с	0441	0000	0100	0100	0001
19	Т	0422	0000	0100	0010	0010	51	т	0442	0000	0100	0100	0010
20	У	0423	0000	0100	0010	0011	52	у	0443	0000	0100	0100	0011
21	Ф	0424	0000	0100	0010	0100	53	ф	0444	0000	0100	0100	0100
22	Х	0425	0000	0100	0010	0101	54	х	0445	0000	0100	0100	0101
23	Ц	0426	0000	0100	0010	0110	55	ц	0446	0000	0100	0100	0110
24	Ч	0427	0000	0100	0010	0111	56	ч	0447	0000	0100	0100	0111
25	Ш	0428	0000	0100	0010	1000	57	ш	0448	0000	0100	0100	1000
26	Щ	0429	0000	0100	0010	1001	58	щ	0449	0000	0100	0100	1001
27	Ъ	042A	0000	0100	0010	1010	59	ъ	044A	0000	0100	0100	1010
28	Ы	042B	0000	0100	0010	1011	60	ы	044B	0000	0100	0100	1011
29	Ь	042C	0000	0100	0010	1100	61	ь	044C	0000	0100	0100	1100
30	Э	042D	0000	0100	0010	1101	62	э	044D	0000	0100	0100	1101
31	Ю	042E	0000	0100	0010	1110	63	ю	044E	0000	0100	0100	1110
32	Я	042F	0000	0100	0010	1111	64	я	044F	0000	0100	0100	1111

