Лабораторная работа.

«Исследование спутникового модема»

Цель работы: получение основных навыков работы с модемами спутниковой связи, расчет и определение влияния отношения сигнал/шум (помеха) на вероятность ошибки для различных видов модуляции.

Описание оборудования: Структурная схема лабораторной установки представлена на рисунок 1. В установке используется спутниковый модем DMD20 LBST, произведенные компанией Comtech EF Data Corporation (США).

Технические характеристики модема:

- Мощность выходного сигнала от 0 до 25 дБм.
- Частота на выходе модема от 950 до 2050 МГц.
- Возможные виды модуляций: BPSK, QPSK, OQPSK.
- Максимальная мощность входного сигнала равна 30 дБм. Максимальная мощность выходного сигнала равна 0 дБм.

Модемы обеспечивают скорость передачи данных до 20 Мбит/с и могут использоваться операторами мобильной сети для спутниковой IP телефонии, передаче видео изображения и предоставления доступа в сеть Интернет.

Конструкционно модем состоит из двух печатных плат (минимальная конфигурация), с возможностью подключения плат, предназначенных для дополнительных функций. Минимальная конфигурация состоит из платы

L-Band / IF и платы Baseband Digital. Дополнительные платы включают в себя Turbo Codec плату и одину из нескольких типов интерфейсных печатных плат. В данном случае это плата с Ethernet интерфейсом.

Для внесения помехи используется генератор помех: «глушитель сотового сигнала».

«Глушители сотового сигнала» подразделяются на 3 типа, по способу подавления сигнала:

• Спуфинг - на мобильное устройство подается ложный сигнал и его работа нарушается;

• ДДоС атака - отказ в обслуживании, когда сигнал перекрывается радиопомехами и не может нормально быть принят или отправлен;

•Электромагнитная экранировка - объект заключается в защитный экран, который не пропускает ни входящие, ни исходящие сигналы;

В данной лабораторной работе применяется устройство с ДДоС-атакой, генерирующее радиопомехи в диапазонах частот GSM 800/900/1800/1900 МГц и на частоте 3G 2100Мгц.

Ниже на представлены основные характеристики данного устройства Выход CDMA\GSM:

- от 930 до 970 МГц, мощностью сигнала 0 dbm.
- от 1670 до 1960 МГц, мощностью сигнала -10 dbm.
 Выход 3G:
- от 1800 до 2000 МГц, мощность сигнала -7 dbm

• от 2000 до 2170 МГц, мощность сигнала – 10 dbm Выход DCS\PHS:

• от 3580 до 4000 МГц, мощность сигнала -20 dbm

Принципиальная схема лабораторной установки:



Рисунок 1. Схема лабораторной установки

«Модем» – модем спутниковой связи DMD20 LBST, «ПК упр» - персональные компьютеры, предназначенные для управления модемом и подключенные к ним коммутационным кабелем, «Аттенюатор» - устройства выполняющие ослабление сигнала с целью предотвращения подачи на приемник сигнала чрезмерно большой мощности и вывода его из строя, а также для измерения характеристик при изменении мощности входного сигнала. Используются аттенюаторы NAT-10-DC1, произведенные фирмой Mini Circuits, вносящие сопротивление 10 дБ и имеющие сопротивление 50 Ом. Они подключаются к генератору помех, приемнику, передатчику модемов спутниковой связи с помощью коаксиального кабеля последовательно в каждую линию.

Порядок выполнения работы

Для работы на лабораторном макете соединяем его элементы, согласно выбранной структурной схеме, следует учесть, что разъем с подписью RX является высокочастотным входом приемника, а разъем с подписью TX является высокочастотным выходом передатчика модема.

Затем подключаем питание модемов и включаем персональный компьютер. Открываем браузер Google Chrome и в адресной строке вводим IP адрес модема, затем нажимаем клавишу Enter. Затем переходим по ссылке Monitor and control. рисунок 2



Рисунок 2. Introduction.

Вводим логин guest и пароль guest (рисунок 3).

Connect to 172.1	8.100.178 🔹 💽 🔀
IMT Site	
User name:	🖸 guest 💌
Password:	•••••
	Remember my password
	OK Cancel

Рисунок 3. Окно авторизации.

Для выбора модуляции на управляющем компьютере, переходим к настройкам передатчика во вкладку TRANSMIT, раздел GENERAL / IF и в параметре Modulation выбираем необходимую модуляцию : BPSK, QPSK (рисунок 4), Ту же модуляцию и частоту выставляем и на приёмнике модема во вкладке RECEIVE, разделе GENERAL / IF (рисунок 4).

Monitor Block ×			
← ⇒ 🗙 🗋 172.168.0.252/imt/monitor.h	tm#		.a. ☆] =
Hello "guest"			Introduction Password Setup IP Administration Sign Out
RADINE DMD20// BST Modem	MOD IT ON MAJOR ALARM SIGNAL LOCK MAJOR ALA DDE MINOR ALARM TEST MODE MINOR ALA	ARM FAULT REMOTE	
TRANSMIT RECEIVE INTERFA	CE MONITOR ALARMS SYSTEM REED-SOLOMON CNC ODU-LNB	TEST	
TRANSMIT GENERAL / IF			
Network Spec: Frequency (MH2): Power (dBm): Spectrum: Spectral Mask:	CLOSED NET V 956.000000 -25.0 INVERTED V INTELSAT.35 V	Strap Code: Uplink Frequency (MHz): Carrier Control: Modulation: Compensation (dBm):	0 44000.00000 AUTO V QPSK V 0.0
Technical Specifications Product Options Tro	ubleshooting About Us Contact Us ©2006 Radyne Corpo	vration	
📀 🖉 📜 🖸 📀	A)		RU 🔺 🌒 🍢 📆 15:43 26.05.2015

Рисунок 4. Вкладка TRANSMIT, раздел GENERAL / IF.

Monitor Block ×		
← → 🗙 🗋 172.168.0.252/imt/monitor.htm#		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Hello "guest"		Introduction Password Setup IP Administration Sign Out
RADINE DMD20/LBST Modem	SIGNAL LOCK MAJORALARM FUENT POWER	
TRANSMIT RECEIVE INTERFACE MONITOR	ALARMS SYSTEM TEST	
RECEIVE GENERAL / IF Network Spec: CLO Image: Ima	SED NET SED NET SED N	0 19950.00000 0QPSK 25 2500 DISABLED 0.1
Technical Specifications Product Options Troubleshooting About Us C	ontact Us ©2006 Radyne Corporation	
T C C C T		RU ~ (4) Par 12 15:50 26:05:20

Рисунок 5. Вкладка RECEIVE, разделе GENERAL / IF.

Для наблюдения за сигнальными созвездиями на управляющем компьютере,

необходимо перейти во вкладку TEST, раздел I/Q PLOT, а затем нажать кнопку START.



Рисунок 6. Вкладка TEST, раздел I/Q PLOT.

Для наблюдения за спектром на управляющем компьютере, необходимо перейти во вкладку TEST, раздел SPECTRUM PLOT, а затем нажать кнопку START.



Рисунок 7. Раздел SPECTRUM PLOT вкладки TEST.

Изменяя значения мощности выходного сигнала от -5 дБм до – 10 дБм во вкладке TRANSMIT, раздел GENERAL / IF рисунок 8

Monitor Block ×			
→ 🗙 🗋 172.168.0.252/imt/monitor.ht	tm#		臣 公
Hello "guest"			Introduction Password Setup IP Administration Sign Out
RADINE DMD20/LBST Modem	IT ON MAJOR ALARM DE MINOR ALARM TEST MODE MINO	OR ALARM FAULT FRUNTE	
GENERAL II) DATA	CE MONITOR ALARMS SYSTEM	MTEST	
TRANSMIT GENERAL / IF			
Network Spec: Frequency (MHz): Power (dBm): Spectrum: Spectral Mask:	CLOSED NET S60.000000 -25.0 INVERTED INTELSAT.35	Strap Code: Uplink Frequency (MHz): Carrier Control: Modulation: Compensation (dBm):	0 14000.00000 AUTO T 0PSK 0.0
Technical Specifications Product Options Trou	ibleshooting About Us Contact Us ©2006 Radyne	Corporation	I
	đ		RU 🔺 🌒 🍡 15:43

Рисунок 8. Вкладка TRANSMIT, раздел GENERAL / IF.

Приступаем к снятию значений, в разделе VOLTAGES вкладки MONITOR (рисунок 9),

) Monitor Block ×				0 🗾
· → 🗙 🗋 172.168.0.252/imt/monitor.h	itm#			5 🖒
Hello "guest"			Introduction Password Setup IP Administration Si	gn Out
RADYNE	MOD DEMOD	RALARM - EVENT - POWER		
DMD20/LBST Modem	DE MINOR ALARM TEST MODE MIN	RALARM FAUL REMOTE		
TRANSMIT RECEIVE INTERF	CE MONITOR ALARMS SYSTEM	4 TEST		
	GENERAL VOLTAGES ETH LINK STATUS	EVENT BUFFER CNC		
MONITOR / VOLTAGES				
Rx Freq Offset (Hz): EbiNo (dB): Corrected BER: Rx Bit Errors:	-7 15.1 0.00E-00 0	Rx Input Level (dBm): Raw BER: Rx Buffer Level (Fill %): AGC Voltage (Volts):	65 0.00E-00 50 0 RX BUFFER RESET	
+1.5V Tx Supply: +1.5V Tx Supply: +3.3V Supply: +5V Supply: +12V Supply: +20V Supply:	4.5 5.5 3.3 5.0 13.0 22.5	LNB Current (Amps): LNB Voltage (Volts): BUC Current (Amps): BUC Voltage (Volts): BUC Cutput Power (dBm): BUC Temperature (*C):	0.00 0.0 0.00 0.0 0.0 0.0	
-12V Supply:	-12.9	BUC Summary Value:	0x/0000j	
168.0.252/imt/monitor.htm#				
) 🖉 😭 🛛 🕥	el-		RU 🔺 🕪 🎼 📆 .	15:56

Рисунок 9. Вкладка MONITOR, раздел GENERAL / VOLTAGES.

В данной вкладке можем измерить Raw BER -коэффициент битовых ошибок до

исправления, Corrected BER коэффициент битовых ошибок после исправления, отношение сигнал/шум.

Eb/No- отношение сигнал шум.

Варианты задания:

Вариант	1	2	3	4
Частота	930-970 МГц	1930-1950 МГц	930-970 МГц	1930-1950 МГц
Модуляция	BPSK	BPSK	QPSK	QPSK
FEC	Без исп.FEC 1/2	¹⁄₂ и 7/8	³ ⁄4 и 7/8	7/8 и без исп FEC

Обработка полученных данных:

Обработка полученных данных про изводится в математическом пакете MathCad.

Для простоты расчетов в отношении сигнал/шум примем значение спектральной плотности мощности шума (N₀) равным 1, а значение энергии бита (E_b) будем считать значением отношения сигнал/шум (E_b/ N₀).

Значение спектральной плотности мощности шума.

$$N_0 = 1$$

Количество дискретных значений, которые может принимать модулирующий сигнал для BPSK модуляции:

$$M_{BPSK} \coloneqq 2$$

для QPSK модуляции:

$$M_{QPSK} \coloneqq 4$$

Влияние корректирующего коэффициента FEC на отношение сигнал/шум.

$$E_b - 10 \cdot \log \left(\frac{1}{FEC} \right)$$
 (1)

Расчет вероятности ошибки общая формула:

$$P_{b} \coloneqq 2 \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt[2]{M}}\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\sqrt[2]{\frac{3 \cdot \log(M, 2)}{2 \cdot (M - 1)}} \cdot \frac{E_{b}}{N_{0}}\right)$$

$$BER \coloneqq P_{b}$$
(5)

Данные занести в таблицу

Вариант	Fec =	; частота=	МГц; модуляция			
Рпер						
Eb/No						
Ber эксп						
Ber расч						

Построить графики при различных FEC/

Зарисовать сигнальные созвездия для своего варианта при различных отношениях

сигнал/шум. Пояснить графики.

Содержание отчёта:

- 1. Схема лабораторной установки
- 2. Данные измерений
- 3. Расчетные данные.
- 4. Графики зависимости BER от отношения сигнал/шум при заданных значениях модуляции и FEC.
- 5. Эпюры сигнальных созвездий.
- 6. Выводы