

# КОНФИГУРАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОЧАСТОТНЫХ DVB-T2 СЕТЕЙ

**Якоб Михаил Ильич,**

Г.П. “Радиокommunikации”, генеральный директор, аспирант, Кишинев, Республика Молдова,  
[mihail.iacob@radiocom.md](mailto:mihail.iacob@radiocom.md)

**Детчук Юрий Иванович,**

Г.П. “Радиокommunikации”, инженер, магистр, Кишинев, Республика Молдова,  
[iurie.demciuc@radiocom.md](mailto:iurie.demciuc@radiocom.md)

**Аврам Ион Андреевич,**

Технический Университет Молдовы, доцент, кандидат технических наук, Кишинев, Республика Молдова,  
[ion.avram@rc.utm.md](mailto:ion.avram@rc.utm.md)

## Аннотация

Рассмотрены технические аспекты, касающиеся раз-  
вертывания одночастотных сетей цифрового телевизион-  
ного вещания. В качестве примера представлены конфигу-  
рационные параметры первого национального мультиплекса  
DVB-T2 в Республике Молдова а также качественные пока-  
затели сигнала, измеренные в одной из зон обслуживания.

## Ключевые слова

DVB-T2, T2 Gateway, T2-MI, SFN, SISO, „System A”, „System  
B”, „PLP”, „Multi PLP”, „Single PLP”, „Mode A”, „Mode B”,  
T2-Frame, FEF, COFDM, MER, BER, CBER, LBER, C/N.

## Введение

В стандарте наземного цифрового вещания DVB-T2 [1], предназначенного для приема телевизионных сигналов на стационарные и переносные приемные устройства, применяется ряд новых технических решений [2], которые позволили улучшить помехоустойчивость, частотную эффективность и пропускную способность по сравнению с системой первого поколения DVB-T. В то же время стандарт DVB-T2, в большей мере, ориентирован для развертывания одночастотных сетей SFN (Single Frequency Network) в которых вещание определенной группы передатчиков осуществляется в совмещенном частотном канале. При этом все передатчики сети передают один и тот же сигнал, не создавая друг другу значимых помех и формируя единую зону обслуживания. Одночастотная сеть проектируется таким образом, чтобы свести к минимуму собственные помехи каждого из передатчиков и в то же время использовать полезные сигналы, излучаемые другими передатчиками сети [3].

## I. Режимы работы системы DVB-T2

В системе DVB-T2 частотно-временной ресурс кадра можно разделять между несколькими логическими потоками, выделяя для каждого из них определенные группы несущих частот и символов COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Выделенные группы несущих частот образуют в кадре индивидуальные каналы физического уровня PLP (Physical Layer Pipe). Этот механизм множественной модуляции также называется multi-PLP, смотри рисунок I.1.

Система DVB-T2 предусматривает два режима работы [4]. Первый называется „System A” и не использует механизм множественной модуляции. В этом режиме транс-

портный поток с выхода станции кодирования и мультиплексирования подается непосредственно на вход модулятора, в котором также настраиваются конфигурационные параметры зоны обслуживания. Данный режим не предусматривает использование сетей SFN.



Рис. I.1 Множественная модуляция потоков

Второй режим работы - „System B”, известен под названием *multi-PLP* или „Mode B”, предназначен для развертывания одночастотных сетей и предусматривает разделение процесса обработки входных потоков между шлюзом „T2 Gateway” и модуляторами сети, смотри рисунок I.2. В этом случае логические потоки предварительно подаются на входы физических каналов станции “T2 Gateway”, где также проводится настройка конфигурационных параметров кластера.

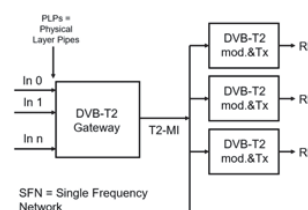


Рис. I.2 Структура кластера SFN DVB-T2

Шлюз „T2 Gateway” выполняет, отдельно для каждого логического потока, их адаптацию и инкапсуляцию в последовательность ВВ-кадров (Base band frame), которые являются структурной базовой единицей логического уровня сигнала DVB-T2 [2]. В поле данных каждого ВВ-кадра инкапсулируется заданная секция логического потока. На выходе станции „T2 Gateway” формируются пакеты последовательного цифрового интерфейса T2-MI (DVB-T2 Modulator Interface), предназначенного для связи с модуляторами сети. В пакеты T2-MI инкапсулируются ВВ-кадры а также сигналы и инструкции необходимые для управления работой модуляторов, как например – сигнал синхронизации момента излучения символов COFDM; сигнализация L1, отвечающая за распределение

частотно-временного ресурса кадров между физическими каналами и др.

При развертывании сетей DVB-T2 может иметь место частный случай режима „System B” — „Single PLP” (или „Mode A”), когда на вход „T2 Gateway” подается один логический поток.

Таким образом, передающая часть сети SFN DVB-T2 состоит из 3 базовых элементов: станция кодирования и мультиплексирования аудиовизуального контента; шлюз „T2 Gateway”; передатчики DVB-T2. Первые два элемента формируют, так называемую, центральную станцию „Head End”.

Вместе с тем, для функционирования одночастотного кластера DVB-T2 необходимо проводить частотную и временную синхронизацию каждого передатчика сети от одного источника. Это достигается подачей высокоточных сигналов 10 МГц и 1 pps на вход каждого модулятора сети а также на вход шлюза „T2 Gateway” [2].

## II. SFN DVB-T2 в Республике Молдова

В соответствии с положениями Регионального соглашения о планировании служб наземного цифрового вещания (конференция МСЭ, г. Женева 2006 год), начиная с 17 июня 2015 года, Республика Молдова приняла на себя обязательство внедрения систем цифрового наземного телевидения. В соответствии с финальными решениями Женевской конференции [5] территория Республики Молдова разбита на 6 зон обслуживания, смотри рисунок II.1.

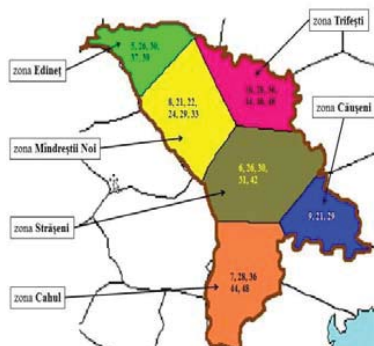


Рис. II.1. Зоны обслуживания сигналом цифрового наземного телевидения в Республике Молдова

В качестве стандарта для развертывания национальных цифровых мультиплексов в Республике Молдова была принята технология DVB-T2. В целях оптимизации ресурсов (рациональное использование радио спектра, использование существующей инфраструктуры, уменьшение площадей теневого зон) было принято решение о строительстве, в пределах зон обслуживания, одночастотных кластеров. Для реализации поставленной задачи, на станции кодирования и мультиплексирования был установлен шлюз „T2 Gateway”, с выхода которого пакеты интерфейса T2-MI через наземную распределительную сеть подаются на входы 17 передатчиков, смонтированных на технологических площадях существующей инфраструктуры. Зоны обслуживания были сформированы установкой несущих частот в модуляторах передатчиков. Все остальные конфигурационные параметры кластеров были настроены в устройстве „T2 Gateway”. Таким образом, используя один шлюз и 17 передатчиков, были соз-

даны 6 одночастотных зон обслуживания.

В процессе проектирования и внедрения первого цифрового национального мультиплекса ставилась задача использовать существующую инфраструктуру сетей наземного вещания, при этом учитывая, что расстояние между соседними станциями не превышает 80 км. Вместе с тем было принято решение использовать для транспортировки потока T2-MI на вход модуляторов (в том числе и в теневого зонах) инфраструктуру волоконно-оптических сетей, доступ к которой в Республике Молдова имеется практически в каждом населенном пункте. Принятые режимы работы системы – Single PLP, SISO (Single Input Single Output). Расчетное значение минимальной медианной напряженности поля в зоне обслуживания составляет  $E_{med} = 54 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$  на высоте 10м от поверхности земли.

## III. Конфигурация шлюза „T2 Gateway”

Настройка конфигурационных параметров кластеров SFN была выполнена посредством использования опций меню шлюза „T2 Gateway”. В общих чертах, конфигурация сети SFN DVB-T2 выделяется в следующие 4 группы: *настройка режимов работы системы; настройка режимов работы сети; настройка ресурсов кадра DVB-T2; настройка параметров PLP.*

На рисунке III.1 представлена *настройка режима работы системы – Single-PLP.*

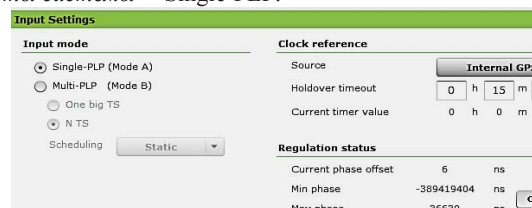


Рис. III.1. Меню „T2 Gateway”: Input Settings

На рисунке III.2 представлена *настройка режимов сети.* Выбран базовый профиль стандарта DVB-T2. Сеть функционирует в режиме SISO. Пакеты T2-MIP (DVB-T2 Modulator Information Packet), предназначенные для эфирной синхронизации ретрансляторов, не активированы. В потоке T2-MI активирована относительная временная метка, синхронизация момента излучения информационных символов - через 900 ms после прихода сигнала 1 pps.[6].

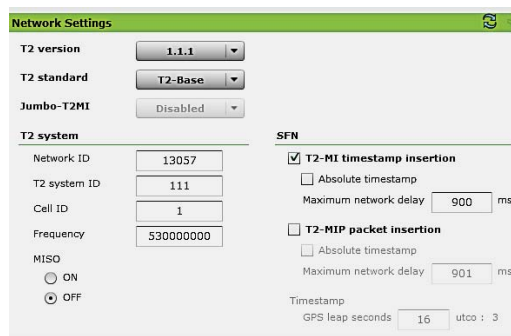


Рис. III.2. Меню „T2 Gateway”: Network Settings

На рисунке III.3 представлены *настройки частотно-временного ресурса кадра DVB-T2*, которые разделены в 3 структурные подгруппы: *Frame structure; Signaling modulation; Data modulation.*

Frame структура сигнала DVB-T2 формируется в автоматическом режиме: в состав одного Супер-кадра включаются 2 кадра; в состав кадра включаются 63 символа COFDM (в том числе преамбулы P1 и P2).

Посредством опции *Signaling modulation* был выбран тип сигнального созвездия преамбулы P2 – 16 QAM. На несущих частотах этого символа COFDM передаются данные сигнализации L1.

Посредством опции *Data modulation* были настроены параметры передачи системы: ширина полосы канала – 8 МГц; методы снижения крест фактора сигнала DVB-T2 – не активированы; размерность FFT (Fast Fourier transform) – 32k extended; длина защитного интервала GI – 19/256; шаблон служебных несущих частот PP4. Для настроек FFT – 32k extended и GI – 19/256, расстояние между соседними передатчиками кластера должно находиться в пределах 80 км [7].

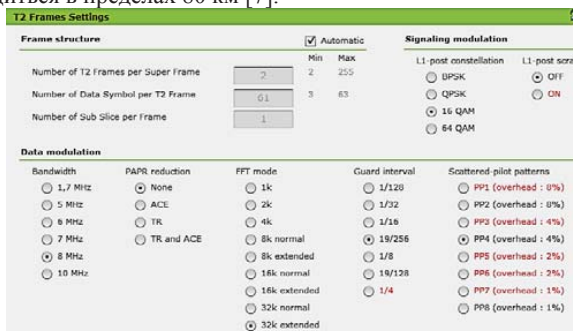


Рис. III.3. Меню „T2 Gateway”: T2 Frames Settings

Вместе с тем, поля FEF (Future Extension Frames) в структуре Супер-кадра не были активированы, смотри рисунок III.4.



Рис. III.4. Меню „T2 Gateway”: FEF Settings

Посредством опции меню *Physical Layer Pipe Description/Transmission parameters* (смотри рисунок III.5) были настроены параметры передачи физического канала системы PLP0: поток данных *type 1* [2]; модуляция несущих частот - QAM-256; включена ротация сигнального созвездия; скорость защитного кода 2/3; длина кодированного ВВ-кадра составляет 64800 bit.

На рисунке III.6 представлена структура последовательного интерфейса T2-MI, генерируемого на выходе шлюза „T2 Gateway.” В данной конфигурации, в поле данных пакетов T2-MI инкапсулируются 3 типа элементов потока: ВВ-кадры; сигнализация L1, отвечающая за планирование частотно-временных ресурсов кадра; сигналы синхронизации момента излучения символов COFDM с выхода модуляторов сети.

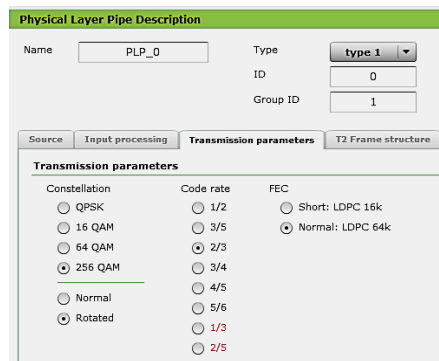


Рис. III.5. Меню „T2 Gateway”: Physical Layer Pipe Description/Transmission parameters

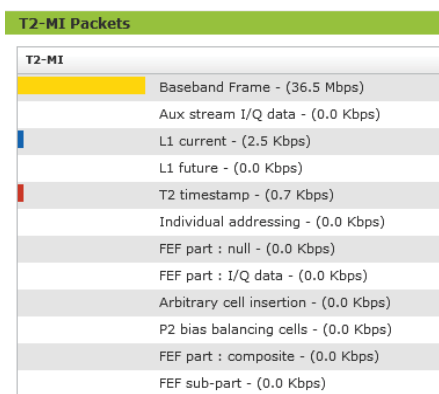


Рис. III.6 Меню „T2 Gateway”: Monitoring/Output/T2-MI Packets

#### IV. Прием сигнала в зоне обслуживания

В данной главе представлены качественные показатели сигнала DVB-T2 принятого в нескольких контрольных точках Стрешенской зоны обслуживания (31 канал). В составе данного кластера вещают 3 передатчика DVB-T2. Технические параметры передающих и приемных точек (т.п.) представлены в таблицах IV.1 и IV.2, где  $H$  – высота основания мачты над уровнем моря, а  $H_a$  – высота подвеса антенны. В таблице IV.3 показаны расстояния между передающими станциями и приемными точками а также азимут из точек приема в направлении передатчиков.

ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДАЮЩИХ СТАНЦИЙ

ТАБЛИЦА IV.1

Параметры	Станция-1	Станция-2	Станция-3
Географические координаты	E 28.33'57.7" N 47.07'17.5"	E 28.34'02.1" N 46.49'26.9"	E 28.48'51.2" N 47.17'45.6"
$H$ , m	329	273	202
$H_a$ , m	283	70	110
Поляризация антенны	H	H	H
Тип антенны	Omni	Omni	Omni
PAR (W)	2536	1325	392

ПАРАМЕТРЫ ТОЧЕК ПРИЕМА

ТАБЛИЦА IV.2

№ т.п.	Географические координаты	$H$ m	$H_a$ , m
1	28E42'37.24" 46N56'41.44"	216	10
2	28E41'16.79" 46N54'40.18"	93	10
3	28E40'13.9" 46N52'53.22"	245	10

ТАБЛИЦА IV.3  
РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПРИЕМНЫМИ ТОЧКАМИ И ПЕРЕДАТЧИКАМИ. АЗИМУТ  
В НАПРАВЛЕНИИ ПЕРЕДАТЧИКОВ

№ т.п.-Станция	Азимут, grad	Расстояние, km
1-Станция 1	330	22,6
2-Станция 1	337	25,2
3-Станция 1	342	27,9
1-Станция 2	218	17,3
2-Станция 2	222	13,4
3-Станция 2	230	10,2
1-Станция 3	10	39,8
2-Станция 3	11	43,9
3-Станция 3	12	47,4

При проведении измерений использовалась направленная приемная антенна R&S HL 040, диаграмма которой представлена на рисунке IV.1. Во время измерений антенна поднималась на высоту 10 метров от поверхности земли. В исследуемых контрольных точках кластера были измерены следующие технические параметры сигнала: напряженность электромагнитного поля на входе антенны - E; среднеквадратичный коэффициент ошибок модуляции - MER ( Modulation Error Ratio ); коэффициент битовых ошибок после демодуляции - CBER (Channel Bit Error Ratio ); коэффициент битовых ошибок после внутреннего кодера - LBER; отношение уровней несущая/шум - C/N [8].

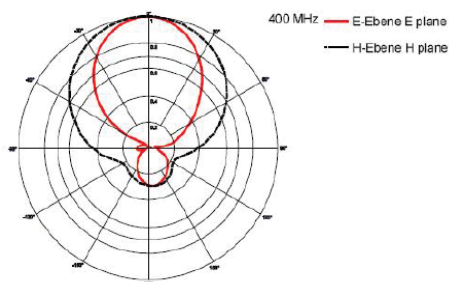


Рис. IV.1 Диаграмма антенны R&S HL 040

Измерения качественных показателей сигнала были проведены (поочередно для каждого из 3 передатчиков) в двух режимах: 1.  $T_x$  - включен в работу только один из передатчиков сети, приемная антенна ориентирована на данный передатчик; 2. SFN - все три передатчика включены, ориентация приемной антенны сохраняется в соответствии с первым с пунктом. Результаты измерений представлены в таблице IV.4. Декодирование оказалось невозможным при уровне сигнала ниже 49 dB( $\mu$ V/m).

ТАБЛИЦА IV.4  
ПАРАМЕТРЫ ПРИНЯТОГО DVB-T2 СИГНАЛА (ОРИЕНТАЦИЯ АНТЕННЫ В  
НАПРАВЛЕНИИ СТАНЦИИ-1)

№ т.п.	Измеряемые параметры	$T_x$	SFN
1	E, dB( $\mu$ V/m)	60.3	60.7
	MER, dB	27.3	25
	C/N, dB	19.3	20.3
	CBER	3.10E-03	5.00E-03
	LBER	1.00E-08	1.00E-08
2	E, dB( $\mu$ V/m)	52	52.3
	MER, dB	20.9	20.7
	C/N, dB	11.1	11.9
	CBER	5.80E-02	5.80E-02
	LBER	1.00E-07	1.00E-07
3	E, dB( $\mu$ V/m)	48.1	53.6
	MER, dB		17.6
	C/N, dB	6.4	12.5
	CBER		6.80E-02
	LBER		1.00E-08

ТАБЛИЦА IV.5  
ПАРАМЕТРЫ ПРИНЯТОГО DVB-T2 СИГНАЛА (ОРИЕНТАЦИЯ АНТЕННЫ В  
НАПРАВЛЕНИИ СТАНЦИИ-2)

№ т.п.	Измеряемые параметры	$T_x$	SFN
1	E, dB( $\mu$ V/m)	63.4	63.4
	MER, dB	30.1	29.4
	C/N, dB	22.2	22.3
	CBER	8.9E-04	8.6E-04
	LBER	1.00E-09	1.00E-08
2	E, dB( $\mu$ V/m)		49.2
	MER, dB		
	C/N, dB	7.8	8.2
	CBER		
	LBER		
3	E, dB( $\mu$ V/m)	71.4	71.4
	MER, dB	34.9	34.6
	C/N, dB	30.3	30.3
	CBER	6.50E-05	4.30E-05
	LBER	1.00E-08	1.00E-09

ТАБЛИЦА IV.6  
ПАРАМЕТРЫ ПРИНЯТОГО DVB-T2 СИГНАЛА (ОРИЕНТАЦИЯ АНТЕННЫ В  
НАПРАВЛЕНИИ СТАНЦИИ-3)

№ т.п.	Измеряемые параметры	$T_x$	SFN
1	E, dB( $\mu$ V/m)	49.0	51.8
	MER, dB	18.9	13.3
	C/N, dB	7.9	10.9
	CBER	8.8E-02	9.6E-02
	LBER	1.00E-07	5.9E-07
2	E, dB( $\mu$ V/m)	41.1	48.9
	MER, dB		
	C/N, dB	0.3	7.9
	CBER		
	LBER		
3	E, dB( $\mu$ V/m)	43.7	52.7
	MER, dB		16.5
	C/N, dB	2.6	11.8
	CBER		7.5E-02
	LBER		1.0E-07

## V. Заключение

В результате изложения технических и практических аспектов связанных с внедрением первого национального мультиплекса цифрового наземного телевидения в Республике Молдова можем сделать следующие выводы:

1. Результаты измерений демонстрируют высокую эффективность использования одночастотных сетей для устранения теневых зон и повышения вероятности приема сигнала в зоне обслуживания;
2. Конфигурационные параметры стандарта DVB-T2 являются достаточно гибкими и легко позволяют разворачивать одночастотные сети на объектах инфраструктуры традиционных сетей наземного радиовещания;
3. Выбранные конфигурационные параметры сети обеспечивают стабильную и надежную работу одночастотных кластеров.

## Литература

1. ETSI TS 102 831. Technical Specification Digital Video Broadcasting; Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).
2. Быховский М.А., Дотолев В.Г., Лашкевич А.В., Носов В.И., Рихтер С.Г., Сорокин Г.И., Тарасов С.С. Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания М.: Горячая линия – Телеком, 2015. С. 129-138, 145-146.
3. "Справочник по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания," Издание 2016 года, МСЭ-Р, с. 52.
4. Яцкий Д.В. DVB-T2 SFN. Особенности и отличия от DVB-T // Теле-Спутник," ноябрь, 2011.

5. Final acts of the regional radiocommunication conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 and 470-862 MHz (RRC-06).

6. *Карякин В.Л.* Фазовая синхронизация информационного сигнала в передатчиках одночастотных сетей цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2 // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, №8. 2014. С. 52.

7. *Мамчев Г.В.* Особенности функционирования синхронной региональной сети эфирного цифрового телерадиовещания.

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, УДК 621.397.6, Новосибирск, 2012. С. 64.

8. *Iacob M.I., Demciuc Yu.I., Avram I.A.* Comparativ evaluation of received signal parametrs in SFN DVB-T2 service area // IEEE Catalog Number CFP18P67-ART, ISBN 978-1-5386-6474-2, IEEE Xplore Digital Library 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunicating (SYNCHROINFO), pp. 131-142