

УДК 621.396.96

Фам Хуан Тиеп

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Результаты моделирования алгоритма обработки сигналов в полуактивной радиолокационной системе при использовании радиоизлучений эфирного цифрового телевидения DVB-T2

*Приведены результаты моделирования полуактивной радиолокационной системы с работой по сигналам цифрового телевидения DVB-T2 и алгоритм для вычисления взаимной функции неопределенности.*

### DVB-T2, полуактивная радиолокационная система, взаимная функция неопределенности

Концепция полуактивных радиолокационных систем (ПАРС) предусматривает отсутствие собственного источника излучения и работу по излучению сторонних источников – передатчиков сетей сотовой связи, FM-радиовещания, телевизионного вещания, сигналов глобальных навигационных систем (ГЛОНАСС, GPS) [1]. Такие ПАРС по сравнению с обычными (активными) радиолокационными станциями характеризуются дешевизной в изготовлении и эксплуатации, сниженным энергопотреблением, а также повышенной скрытностью работы.

В последние годы проведен ряд исследований в области использования сторонних источников излучения в задачах радиолокации [2], [3]. Наибольший интерес представляет работа по сигналам наземного цифрового телевидения DVB-T2 (второе поколение стандарта DVB-T). Сигналы этой системы занимают относительно широкую частотную полосу (до 10 МГц), что позволяет получить лучшее разрешение целей по дальности, чем при использовании сигналов других доступных источников излучения. Цифровая природа кодирующего сигнала, и, как следствие, его достаточно равномерный амплитудный спектр (в отличие от сигнала аналогового телевидения) позволяют добиться постоянства характеристик обнаружения независимо от передаваемого контента.

ПАРС в общем случае представляет собой многопозиционную систему, состоящую из одного или из нескольких источников сигнала подсвета и одной или нескольких приемных станций, разнесенных в пространстве [2]. Частным случаем ПАРС является система с одной приемной и с одной передающей позициями (рис. 1). В этом

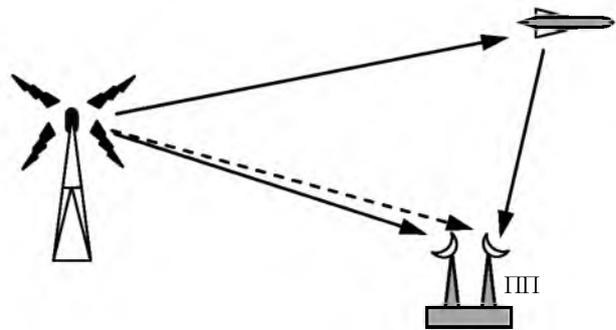


Рис. 1

случае приемная позиция содержит две антенны. Одна антенна используется для приема сигнала стороннего источника (прямой сигнал), вторая – для приема переотраженного целью сигнала. В результате совместной обработки прямого (опорного) и переотраженного сигналов извлекается информация о цели.

При проведении моделирования в качестве стороннего источника сигнала рассматривались станции цифрового телевизионного вещания DVB-T2.

DVB-T2 (digital video broadcasting – second generation terrestrial) – второе поколение стандарта европейского стандарта эфирного наземного цифрового телевизионного вещания. DVB-T2 позволяет увеличить емкость сетей эфирного наземного цифрового телевизионного вещания на 30...50 % по сравнению с DVB-T при той же инфраструктуре сети и тех же частотных ресурсах. В табл. 1 приведено сравнение доступных режимов в DVB-T и DVB-T2 [4].

**Моделирование.** Для вычисления взаимной функции неопределенности (ВФН) прямого и со-

Таблица 1

Параметр	DVB-T	DVB-T2
Скорость кодирования	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Режимы модуляции	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
Защитный интервал	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
Размер FFT (ДПФ)	2К, 8К	1К, 2К, 4К, 8К, 16К, 32К
Полоса пропускания, МГц	5, 6, 7, 8	1.7, 5, 6, 7, 8, 10
Максимальная скорость передачи данных, Мбит/с	31.7	50.3

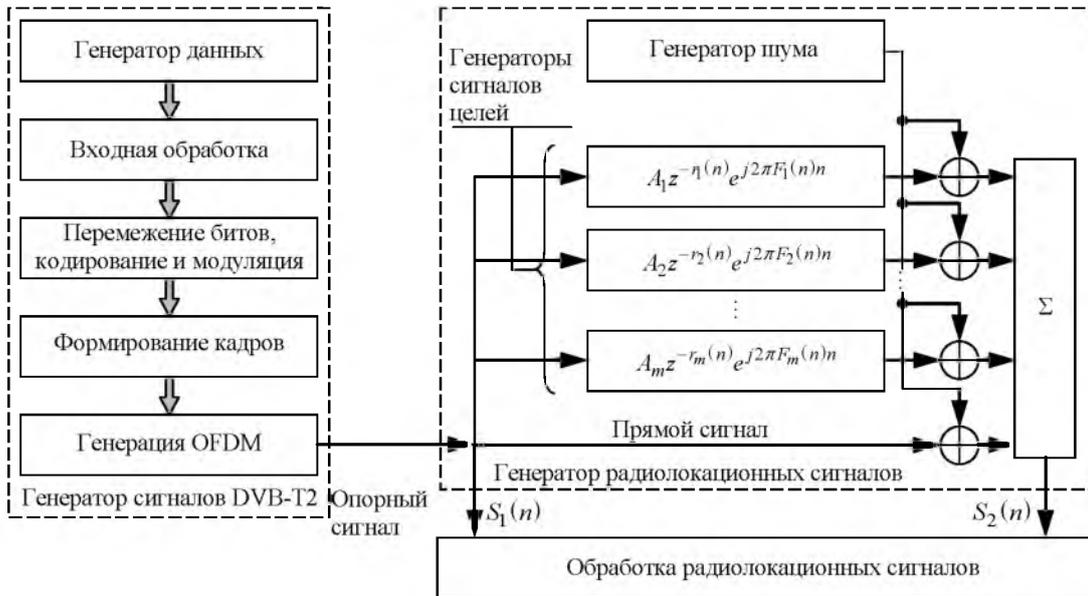


Рис. 2

вокупности переотраженных сигналов выполнены моделирование генератора сигналов DVB-T2, генератора радиолокационных сигналов и обработка радиолокационных сигналов в среде MATLAB с целью определения задержки  $\tau$  и доплеровского смещения  $F$ , характеризующих расстояние до цели и ее скорость (рис. 2, где OFDM – orthogonal frequency division multiplexing (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов);  $A_m$ ,  $r_m(n)$  и  $F_m(n)$  – амплитуда, би-статическая дальность, пропорциональная задержке, и доплеровский сдвиг частоты  $m$ -го отраженного сигнала соответственно;  $n$  – номер отсчета моделирования). Шум полагался аддитивным "белым" гауссовским.

Поток данных, используемый в генераторе сигналов DVB-T2, генерировался случайным процессом [5].

**Обработка радиолокационных сигналов.** При обработке использовался алгоритм, основанный на вычислении ВФН, из которой определялись время задержки  $\tau$  и доплеровский сдвиг  $F$  отраженного сигнала. ВФН определялась выражением [6]:

$$A(\tau, F) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} S_1(n) S_2^*(n - \tau) e^{-j2\pi F(n/N)} \right|$$

( $S_1(n)$  – прямой (опорный) сигнал;  $S_2(n)$  – сигнал, отраженный от цели;  $N$  – количество отсчетов) и вычислялась в дискретной форме.

Вычисление ВФН можно реализовать различными методами. В настоящей статье использован метод вычисления ВФН, реализуемой схемой на рис. 3, где ЦФ – цифровой фильтр; ВКФ – взаимная корреляционная функция; ВФ – взвешивающая функция (окно Хэмминга); ДПФ – дискретное преобразование Фурье.

**Результаты моделирования.** Параметры сигнала DVB-T2, использованного в процессе моделирования, приведены в табл. 2.

На рис. 4 приведен пример ВФН, полученной при наличии одной цели. Опорный (отклик 1) и отраженный (отклик 2) сигналы сформированы генератором сигналов DVB-T2 и генератором радиолокационных сигналов целей соответственно. Цель характеризуется доплеровским сдвигом 300 Гц и

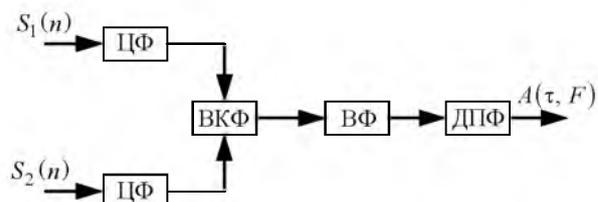


Рис. 3

Таблица 2

Параметры	Значения
Режим	8К
Защитный интервал	1/8
Полоса частот, МГц	8
Центральная частота сигнала, МГц	7.29833333
Частота дискретизации, МГц	64/7
Длительность пакета	896 мкс
Отношение "сигнал/шум", дБ	100

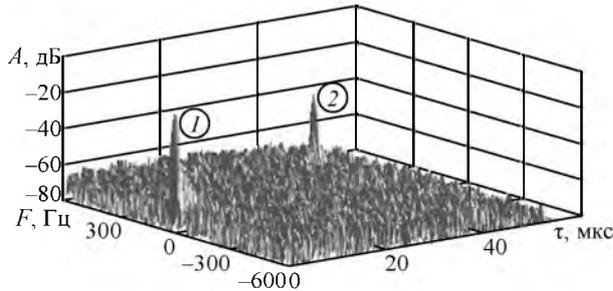


Рис. 4

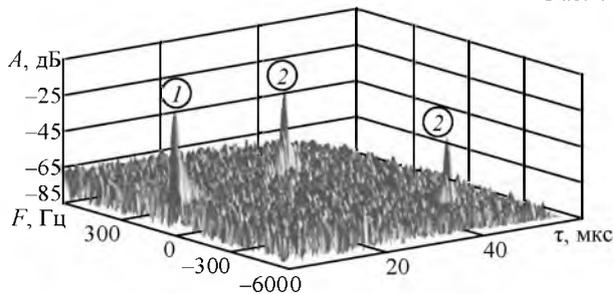
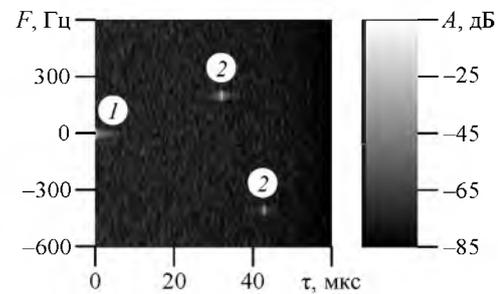
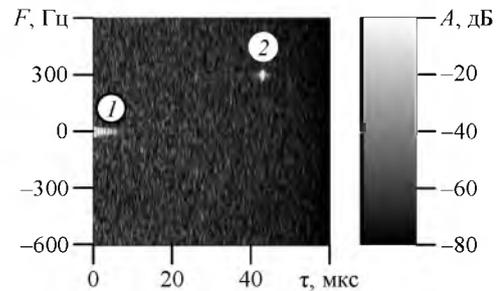


Рис. 5

задержкой 40 мкс. Прямому сигналу соответствуют нулевой доплеровский сдвиг частоты и нулевая задержка.

На рис. 5 приведен пример ВФН при наличии двух моделируемых целей. Первая цель имеет доплеровский сдвиг 200 Гц и задержку 30 мкс, вторая цель – доплеровский сдвиг –400 Гц и задержку 40 мкс.

Таким образом, в результате моделирования показано, что представленный алгоритм обработ-



ки может быть использован при разработке и практической реализации ПАРЛС, использующей в качестве сигнала подсветки радиоионизирующее излучение эфирного цифрового телевидения DVB-T2.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышкин Е. А. Пассивная радиолокация. М.: Воениздат, 1961. 156 с.
2. Семашко П. Г., Пархоменко Н. Г., Охрименко А. Е. Потенциальные характеристики радиолокаторов с цифровым телевизионным подсветом // Усп. совр. радиоэлектроники. 2011. № 10. С. 47–51.
3. Poullin D., Flecheux M. Recent progress in passive coherent location (PCL) concepts and technique in France using DAB or FM broadcasters // Proc. of IEEE radar conf. RADAR'08. Rome, Italy, 26–30 May 2008. P. 1–5.
4. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2) / ETSITS. 102 831. October 2010 // URL: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102800\\_102899/102831/01.01.01\\_60/ts\\_102831v010101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102800_102899/102831/01.01.01_60/ts_102831v010101p.pdf)
5. The DVB-T2 reference streams. September 2010 / URL: [http://www.dvb.org/resources/public/documents\\_site/dvb-t2\\_referencestream-documentation.pdf](http://www.dvb.org/resources/public/documents_site/dvb-t2_referencestream-documentation.pdf)
6. Skolnik M. Radar Handbook. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 2008. 1328 p.

Pham Xuan Tiep

Saint-Petersburg state electrotechnical university "LETI"

## The simulation results of the signal processing algorithm for passive radar using DVB-T2 signal

The results of simulation for passive radar using DVB-T2 signal and the algorithm for cross ambiguity function calculation are described.

DVB-T2, passive radar, cross ambiguity function

Статья поступила в редакцию 9 сентября 2014 г.