

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТВ СИГНАЛОВ

Олейников А. Н., Кукуш В. Д., Стародубов Р. К.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина
тел.: (057)702-14-30, e-mail: ruslan.stars@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены радиолокационные методы исследования метеорных явлений с использованием сигналов ТВ станций. Проведен анализ сигналов цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2 на предмет их использования для радиометеорных исследований. Установлено, что в цифровом ТВ сигнале содержатся непрерывные пилот-сигналы, параметры которых заранее известны. Этот факт позволяет генерировать опорный сигнал на приемной позиции, сравнивать его с принятым и определять параметры сигналов, отраженных от метеорного следа.

I. Введение

В настоящее время для изучения метеорных явлений широко используется радиолокационный метод. Радиолокация метеорных следов позволяет получать данные о физических параметрах метеорных тел, а также процессах, происходящих в атмосфере Земли на высотах (80...100) км.

Экономически выгодным является использование методов радиолокации с использованием сторонних источников излучения. Такими источниками могут являться сигналы телевизионных и радиовещательных станций, сеть которых хорошо развита.

II. Использование ТВ сигналов для метеорной радиолокации

Первоочередной задачей является обнаружение и идентификация сигнала, отраженного от метеорного следа. Отражение от метеорного следа можно рассматривать как амплитудную модуляцию, при этом отраженный сигнал имеет характерную амплитудно-временную характеристику (ABX) [1].

В своей структуре аналоговый ТВ сигнал содержит случайную составляющую сигнала изображения, а также детерминированные составляющие, такие как несущая частота, строчные и кадровые синхроимпульсы и другие служебные сигналы, определенные в [2].

В [3] разработана методика идентификации отраженных от метеорных следов сигналов с использованием строчных синхроимпульсов. При приеме используется узкополосный АМ приемник и измеряется амплитуда первой гармоники строчных синхроимпульсов. Таких измерений на времени существования метеорного следа (в среднем 0,1 с) происходит несколько сотен, что позволяет получить ABX. Далее идентификация с отражением от метеорного следа производится по степени схожести полученной ABX с расчетной на основании специальных признаков.

Радиолокация метеорных следов позволяет измерить скорость ветра на указанных высотах по величине доплеровского сдвига частоты (ДСЧ), вызванного дрейфом метеорного следа. В [3] описан метод измерения ДСЧ с использованием эталонных сигналов частоты, расположенных в шестой строке

ТВ сигнала. Они имеют стабильность порядка 10^{-11} , что позволяет определять скорость ветра с малой погрешностью. В [4] описан метод определения ДСЧ по смещению частоты несущей ТВ сигнала. Проведены специальные исследования по измерению нестабильности несущей частоты передатчика на длительности существования метеорного следа, так как в нормативах она не определена. Измерения показали, что на малом промежутке времени нестабильность имеет порядок 10^{-8} (около 2 Гц для первого ТВ канала). Эта величина является приемлемой для измерения скорости ветра, так как ожидаемые ДСЧ, вызванные дрейфом метеорного следа порядка нескольких десятков Гц.

III. Анализ ТВ сигнала стандарта DVB-T2 на предмет использования для радиометеорных исследований

В данное время происходит переход ряда стран на цифровое ТВ вещание. В частности, в Украине принят стандарт DVB-T2. В связи с этим возникает необходимость анализа сигнала указанного стандарта с целью определения возможности его использования для радиометеорных исследований.

Параметры цифрового сигнала приведены в [5]. В DVB-T2 применяется мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM — *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), что представляет собой случай одновременной передачи потока цифровых данных по многим частотным каналам (со многими несущими колебаниями).

В [5] указано, что в цифровом сигнале присутствуют детерминированные составляющие, называемые непрерывными пилот-сигналами. Для них зарезервированы определенные поднесущие. Индексы поднесущих известны, а также известны амплитуды и фазы передаваемого сигнала. Излучаемый сигнал описывается формулой [5]:

$$s(t) = \text{Re} \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{n=0}^{\infty} \left[p_n(t - mT_F) + \frac{5}{\sqrt{27 \times K_{\text{total}}}} \sum_{l=0}^{L_F-1} \sum_{k=K_{\text{min}}}^{K_{\text{max}}} c_{m,l,k} \times \psi_{m,l,k}(t) \right] \right\}$$
$$\psi_{m,l,k}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi \frac{K}{T_U} (t - \Delta - T_{P1} - lT_S - mT_F)} & mT_F + T_{P1} + lT_S \leq t \leq mT_F + T_{P1} + (l+1)T_S \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Символ OFDM формируется из суммы поднесущих, количество которых K_{max} определяется режимом передачи (размером БПФ). Далее формируются кадры (блоки) по L_F символов (рис.1). Центральная несущая f_c , соответствующая середине выделенного частотного канала, модулируется последовательностью кадров.



Рис. 1. Пример последовательности символов OFDM.

Fig. 1. An example of OFDM symbols sequence

Выделение непрерывного пилот-сигнала методами, описанными в [6], дает возможность определения амплитудных и частотных параметров радиометеорного канала. Определение этих параметров может осуществляться методами, описанными в [3] и [4].

IV. Заключение

Проведен анализ сигнала цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2. Установлено, что помимо информационных составляющих в сигнале имеются детерминированные пилот-сигналы. Показана потенциальная возможность их использования в качестве зондирующих при пассивной радиолокации метеоров. Также показана возможность идентификации сигналов, отраженных от метеорных следов. При последующей обработке сигналов, отраженных от метеорного следа, возможно определение параметров процессов на высотах 80-100 км.

V. Список литературы

- [1] Кащеев Б. Л., Лебединец В. Н., Лагутин М. Ф. Метеорные явления в атмосфере Земли. М.: Наука, 1967. 57 с.
- [2] ГОСТ 7845—1979. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерения.
- [3] Олейников А. Н., Сосновчик Д. М., Шкарлет А. И. Использование сигналов телевизионного вещания для исследования вариаций коэффициента заполнения метеорного канала связи // Вестник Государственного университета информационно-коммуникационных технологий. 2006. Т. 4. № 3. С. 143—149.
- [4] Кукуш В. Д., Олейников А. Н., Jacobi Ch. Измерение скорости ветра на высотах 80-105 км по сигналам телевизионного вещания, отраженным от метеорных следов // 21-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2011) : материалы конф. (Севастополь, 12—16 сент. 2011 г.). Севастополь : Вебер, 2011. С. 1051—1052.
- [5] ETSI EN 302 755 V1.1.1 — 2009. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).
- [6] Christian B. Signal processing for passive radar using OFDM waveforms // IEEE Journal on selected topics in signal processing. 2009. P. 500—514.

EVOLUTION OF METHODS FOR METEOR PHENOMENA INVESTIGATIONS USING DIGITAL TV BROADCASTING SIGNALS

Oleynikov A. M., Kukush V. D., Starodubov R. K.
Kharkiv National University of Radioelectronics

14, Lenina Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine

Ph.: (057) 702-14-30, e-mail: ruslan.stars@gmail.com

Abstract — Aspects of the digital TV broadcasting signals using (standard DVB-T2) for meteor phenomena investigations are considered. Found that the digital TV signal contains continuous pilot signals predefined parameters. This fact allows generating a reference signal, and determining the reflected from meteor trail signal properties by comparison with the reference one.

I. Introduction

Now the radiolocation methods are widely used for investigations of meteor phenomena. Such investigations provide data concerning physical parameters of meteoroids and the processes in the Earth's atmosphere at 80-105 km altitudes.

II, III. Main Part

The structure of the analog TV signal has a random component of the image signal and the deterministic components, such as a signal of carrier frequency, horizontal and vertical sync signals and other service signals.

Meteor radars can measure wind speed at these altitudes by the Doppler frequency shift (DFS), caused by the drift of the meteor trail. A method for measuring the random-number generator with the frequency reference signals, located in the sixth line of TV signal is described in [3]. In [4] a method for determining the DFS drift speed from the shift of the carrier frequency of TV signal is developed. The stability of the TV signal carrier frequency is not regulated in for time intervals limited by the average duration of a meteor (0.1s). Special measurements have shown that this value had order 8^{-10} (about 2 Hz for the first-third TV channel). This value is acceptable for measuring of the meteor drift and wind speed, as the expected DFS caused by the drift of meteor trail have values of a few tens of Hz.

At the present time digital TV broadcasting standard is implemented (in particular DVB-T2 standard in Ukraine. In this context it is necessary to analyze the signal of digital standard to determine the feasibility of its use for meteor investigations. OFDM symbol is formed from the sum of subcarriers, the number of which (K_{max}) is determined by Transfer Mode (or by the size of FFT). Further the frames (or blocks) with LF character per each one are formed (Fig. 1). The central carrier f_c , corresponding to the middle of the selected frequency channel, is modulated by a sequence of frames.

IV. Conclusion

It was established that the digital TV signal has the deterministic pilot signals in addition to the information signal components. Using these one by processing of the signals reflected from meteor trails allows determining the parameters of natural phenomena at 80-100 km altitude.