

УДК 621.396, 004.032, 004.031

А. Е. МИРОШНИКОВ**ФОРМАТ ДАННЫХ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЕ РАДАРА НР**

Розглядається формат запису іоносферних параметрів, отриманих за допомогою радіолокатора некогерентного розсіяння Інституту іоносфери на проміжній частоті.

Ключові слова: параметри іоносфери, база даних, процедури форматування масивів.

Рассматривается формат записи ионосферных данных, полученных с помощью радиолокатора некогерентного рассеяния Института ионосферы на промежуточной частоте.

Ключевые слова: параметры ионосферы, база данных, процедуры форматирования массивов.

Recording format of ionospheric data, obtained with the incoherent scatter radar the Institute of ionosphere at an intermediate frequency is considered.

Keywords: ionospheric parameters, database, array format procedures.

Введение. На радаре НР Института ионосферы в настоящее время используется корреляционная обработка сигнала, который был получен после блока синхронного детектирования с использованием квадратурных каналов. Решая обратную задачу некогерентного рассеяния по измеренным корреляционным функциям НР сигнала, определяют высотное-временное распределение электронной концентрации, температур ионов и электронов, ионный состав, а также вертикальную составляющую скорости движения ионосферной плазмы [1].

Данная схема работы обладает рядом недостатков, присущих для аналоговых систем с фиксированным алгоритмом обработки.

Система обработки сигналов на промежуточной частоте (ПЧ) [2] использует предварительную запись оцифрованных значений непосредственно на выходе оконечного усилителя ПЧ.

Применение такой схемы работы радара НР позволяет:

- перейти от аналоговой к цифровой фильтрации
- применить более гибкие методы записи и обработки сигнала, с помощью дополнительной модернизации программного обеспечения
- учитывать особенности ионосферной плазмы на разных высотах

Импульсы опроса формируются с использованием сигнала синхронного гетеродина.

Запись дискретных отсчетов сигнала осуществляется под управлением системы синхронизации радара. Аналого-цифровое преобразование осуществляется с помощью быстродействующего модуля АЦП L-card E20-10[3].

В таблице 1 представлена структура формата данных, записанных на промежуточной частоте. Данные записаны в бинарном виде и содержат следующую информацию: в первой строке таблицы представлено общее описание секции файла, во второй и третьей строке указаны размер, размерность и общее назначение.

Данные файлы предлагается импортировать в базу данных Института ионосферы.

База данных (БД) Института ионосферы представляет собой программную платформу, которая работает на удаленном сервере с использованием системы управления базами данных (СУБД) PostgreSQL и комплекса прикладных программ написанных на языке C++ (фреймворк Qt) и работает совместно с системой экспресс-обработки Института ионосферы [4,5]. Данный комплекс программ:

- позволяет хранить “сырые” данные получаемые с радара НР [6] и ионосферной станции Института ионосферы;
- работает с импортом и экспортом “сырых” данных;
- система экспресс-обработки, используя упрощенные алгоритмы, позволяет получать основные параметры космической погоды (оценку электронной концентрации, температуру ионов и электронов, радиальную составляющую скорости движения ионосферной плазмы), а также дополнительные параметры состояния работы режима радара НР, состояние геомагнитной обстановки (уровень шума, доверительный интервал и др.);
- выводит данные критических частот слоя F1, F2, спорадического слоя ES;

- предоставляет пользователю данные космической погоды в режиме реального времени[7] (уровень рентгеновского излучения Солнца, поток элементарных частиц, составляющие магнитного поля Земля, 3-х часовой планетарный индекс K и данные станций наклонного зондирования в Прухонице и Москве). Данные берутся из сторонних открытых источников, таких как сайты National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), международной сети дигизондов и др. источников.)

Для хранения данных, полученных на частоте ПЧ, предлагается создать таблицу в СУБД

PostgreSQL, которая повторяла бы структуру таких файлов. В таблице 1 в последнем столбце представлены названия полей такой таблицы, а на

рисунке 1 (левая панель) показана реализованная таблица *inter_file*. В правой панели показан пример запроса для формирования таблицы.

Таблица 1 – Структура данных, записанных на промежуточной частоте

Заголовок	word	день	date, id, session	
	word	месяц		
	word	год		
	word	часы		
	word	минуты		
	word	секунды		
Метаданные	word	количество разверток	nr	
	word	количество высот	nh	
	word	количество каналов АЦП	nc	
	single	задержки межвысотных интервалов	dt	
	single	запись частоты	rt	
Служебная информация	1..5	word	метки	-
Данные	1.. количество разверток/1..количество высот/1..количество каналов	word	данные АЦП	adc_arr

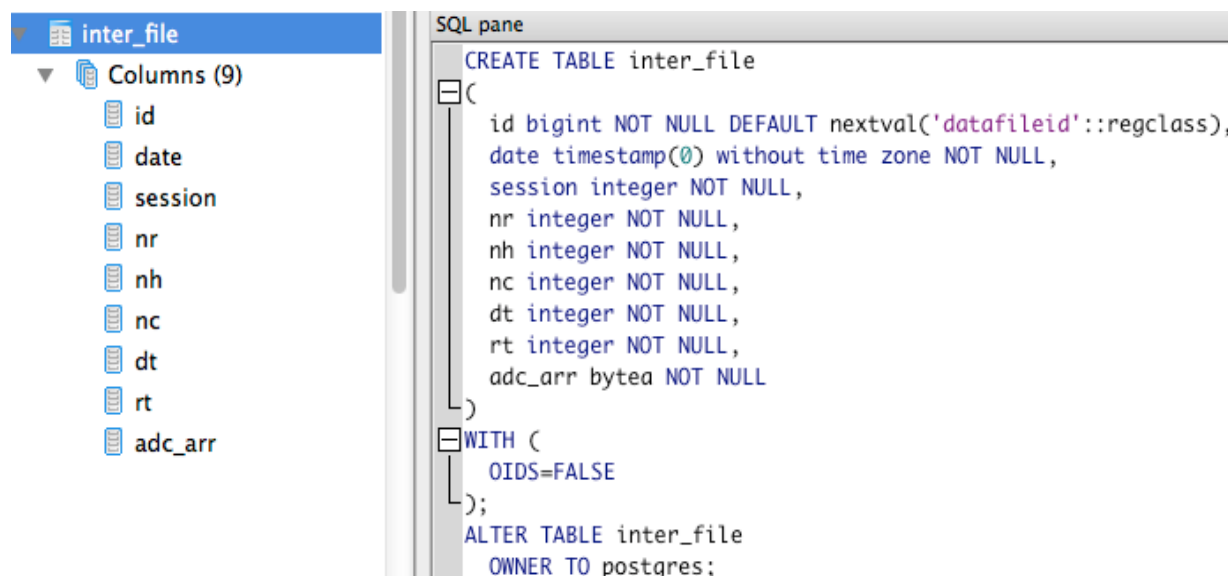


Рис. 1 – Структура таблицы в СУБД для хранения данных, записанных на ПЧ

Система экспресс-обработки Института ионосферы представляет собой CGI-приложение, которое работает совместно с веб-сервером Apache. Для обработки данных на промежуточной частоте системой предлагается реализовать следующие этапы работы:

- получение данных пользователя и формирование запроса (на языке SQL) к БД;
- запрос к БД и получение данных;
- автоматическая фильтрация когерентных помех;

- реализация алгоритмов цифровой фильтрации, децимации данных, цифровая обработка квадратурных составляющих;
 - расчет автокорреляционных функций (АКФ) шума и получение АКФ НР сигнала;

- решение обратной радиофизической задачи;
 - визуализация полученных расчетов и предоставления их пользователю.



The main task of the ISR data express processing program is to give to the user an information (text and graphics) about the data presented in the database: size, quality (noise situation and operating modes of receiving and transmitting equipment for the radar), geophysical conditions during measurement of ionospheric parameters, etc.

The system is based on the original software that works together with PostgreSQL database management system, Gnuplot data visualization program, Apache web-server and 7-Zip file archiver.

You can use express processing system from NTU "KhPI" LAN (<http://172.17.24.79/>) or obtain previously calculated parameters via Internet (<http://database.iion.org.ua/>).

Data obtained by Kharkiv ISR:
Four-channel correlator data (2006 – 2017) (s_new) Dual-channel correlator data (1996 – 2017) (s_old) Dual-channel correlator data (1996 – 2017) (v_old)
Data obtained from other sources:
Automatic ionospheric station "Basis" Space weather (NOAA / NWS Space Weather Prediction Center)
Ionosphere and atmosphere models:
CERIM IION IRI-2012 (VITMO) IRI-2016 (VITMO) MSIS-E-90 (VITMO)

Рис 2 – Главная страница доступа к БД Института ионосферы

Выводы. В статье приведено описание формата данных системы обработки сигналов на ПЧ. Приведено краткое описание системы обработки и БД Института ионосферы. Для хранения данных в БД и работы системы экспресс-обработки с данным форматом была создана таблица *inter_file*, которая повторяет структуру формата данных

Список литературы

1. Богомаз А. В. Этапы обработки данных радара некогерентного рассеяния. // Конференция молодых учёных "Дистанционное радиозондирование ионосферы (ИОН-2012)" (Харьков, Украина, 18 – 20 апреля 2012 г.). – Сборник тезисов. – 2012. – С. 7.
2. Емельянов Л. Я. О системах обработки сигналов некогерентного рассеяния на видео- и промежуточной частотах / Емельянов Л. Я., Лялюк А. И., Рогожкин Е. В., Храмов Е. А. // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Радиофизика и ионосфера. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2013. – № 28 (1001). – С. 38-45.
3. Быстродействующий модуль АЦП / ЦАП E20-10 на шину USB [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lcard.ru/products/external/e20-10> (дата обращения: 31.10.17)
4. Богомаз А. В. Экспресс-обработка данных радара некогерентного рассеяния на удалённом сервере / Богомаз А. В., Мирошников А. Е. // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Радиофизика и ионосфера. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2013. – №28 (2001). – С. 63-68

5. *Мирошников А. Е.* Кросс-платформенное программное обеспечение для работы с базой данных Института ионосферы / *Мирошников А. Е. Богомаз А.В.* // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Радиофизика и ионосфера. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2013. – № 33 (1066). – С. 46-50.
6. *Лысенко В.Н.* Программируемый коррелятор для измерения параметров ионосферы методом некогерентного рассеяния // Вестник ХГПУ. – №31. – 1999. – С. 96–99.
7. *Мирошников А. Е.* Разработка базы данных автоматической ионосферной станции «Базис» Института ионосферы и системы мониторинга космической погоды, работающей в режиме реального времени. // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Радиофизика и ионосфера. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2015. – № 37 (1146). – С. 87-93.
3. Byistrodeystvuyuschiy modul ATsP / TsAP E20-10 na shinu USB [Elektronnyiy resurs]. – URL: <http://www.lcard.ru/products/external/e20-10> (data obrascheniya: 31.10.17)
4. *Bogomaz A.V.* Ekspres-obrabotka dannykh radara nekogerentnogo rasseyaniya na udalYonnom servere / *Bogomaz A.V., Miroshnikov A.E.* // Vestnik Nats. tehn. un-ta "HPI" : sb. nauch. tr. Temat. vyip. : Radiofizika i ionosfera. – Harkov : NTU "HPI". – 2013. – № 28 (2001). – S. 63-68
5. *Miroshnikov A. E.* Kross-platfornmennoe programmnoe obespechenie dlya raboty s bazoy dannykh Instituta ionosfery / *Miroshnikov A. E. Bogomaz A.V.* // Vestnik Nats. tehn. un-ta "HPI" : sb. nauch. tr. Temat. vyip. : Radiofizika i ionosfera. – Harkov : NTU "HPI". – 2013. – № 33 (1066). – S. 46-50.
6. *Lyisenko V.N.* Programmiruemyiy korrelyator dlya izmereniya parametrov ionosferyi metodom nekogerentnogo rasseyaniya // Vestnik HGPU. – № 31. – 1999. – S. 96–99.
7. *Miroshnikov A. E.* Razrabotka bazy dannykh avtomaticheskoy ionosfernoy stantsii «Bazis» Instituta ionosferyi i sistemyi monitoringa kosmicheskoy pogodyi, rabotayuschey v rezhime realnogo vremeni. // Vestnik Nats. tehn. un-ta "HPI" : sb. nauch. tr. Temat. vyip. : Radiofizika i ionosfera. – Harkov : NTU "HPI". – 2015. – № 37 (1146). – S. 87-93.

References (transliterated)

1. *Bogomaz A.V.* Etapy obrabotki dannykh radara nekogerentnogo rasseyaniya. // Konferentsiya molodykh uchYonyih "Distsionnoe radiozondirovanie ionosferyi (ION-2012)" (Harkov, Ukraina, 18 – 20 aprelya 2012 g.). – Sbornik tezisov.–2012.–S. 7.
2. *Emelyanov L. Ya.* O sistemah obrabotki signalov nekogerentnogo rasseyaniya na video- i promezhutochnoy chastotah / *Emelyanov L. Ya., Lyalyuk A. I., Rogozhkin E. V., Hramov E. A.* // Vestnik Nats. tehn. un-ta "HPI" : sb. nauch. tr. Temat. vyip. : Radiofizika i ionosfera. – Harkov: NTU "HPI". – 2013. – № 28 (1001). – S. 38-45.

Поступила (received) 02.11.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Формат данных системы обработки сигналов на промежуточной частоте радара НР / А. Е. Мирошников // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Радіофізика та іоносфера. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 47 (1268). – С. 57 – 60. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2078-9998.

Формат даних системи обробки сигналів на проміжній частоті радара НР / А. Є. Мірошников // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Радіофізика та іоносфера. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 47 (1268). – С. 57 – 60. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2078-9998.

Data format of the Signal Processing System of the ISR Radar at the Intermediate Frequency / A.E. Miroshnikov// Bulletin of NTU "KhPI". Series: Radiophysics and ionosphere. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. – No 47 (1268). – P. 57 – 60. – Bibliogr. 7. – ISSN 2078-9998.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мірошников Артем Євгенович – м.н.с. Інститут іоносфери НАН та МОН України, м. Харків; тел.: (057) 706-22-87; email: iion@kpi.kharkov.ua.

Мірошников Артем Євгеньевич - м.н.с. Институт ионосферы НАН и МОН Украины, г. Харьков; тел.: (057) 706-22-87; email: iion@kpi.kharkov.ua.

Miroshnikov Artem Yevgenyovych - junior researcher Institute of ionosphere of NAS and MES of Ukraine, Kharkiv; tel.: (057) 706-22-87; email: iion@kpi.kharkov.ua.