

УДК 654.93

Ж. И. Жейнов, С. И. Иванов, кандидаты техн. наук

УДАЛЁННЫЙ МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPRS

Аннотация. Рассматривается структура многофункциональной аппаратно-программной системы для мониторинга и управления удаленными объектами с использованием GPRS услуг национальной системы сотовой связи. Приведены примеры прикладных систем, подобных предложенной. Описываются характеристики двух реализованных систем удаленного мониторинга и управления.

Ключевые слова: дистанционное управление, дистанционный мониторинг, микроконтроллер, GPRS связь, сервер коммутации, центр управления, удаленная станция, метеорологическая станция, датчики, интерфейс, протокол

Z. I. Zhejnov, Ph.D., S. I. Ivanov, Ph.D.

REMOTE MONITORING AND CONTROL USING GPRS

Abstract. A structure of a multifunctional hardware-software system for sensing and control of remote objects in the household and in the industry are considered. A version of data transferring between control center and controlled object using GPRS service is proposed. The monitoring and control are realized by a set of remote stations which control the objects and receive parameters from them. Every station has a microcontroller and GSM-GPRS modem with SIM card. The stations are linked to the switching server by a telecommunication provider. Data received from remote stations, which control the objects, are kept in the server. The server distributes information and sends control commands. PCs of the control center are connected in a local network. They receive data from WEB sites and send commands to the switching server.

Two examples of application systems such as the one are proposed above. The characteristics of two realized systems for remote monitoring and control, a tester connected to the microcontroller of the remote station and a model of automatic weather station, are described

Keywords: remote control, remote sensing, microcontroller, GPRS communication, switching server, control center, remote station, meteorological station, sensors, interface, protocol

Ж. И. Жейнов, С. И. Иванов, кандидаты техн. наук

ВІДДАЛЕНИЙ МОНІТОРИНГ І УПРАВЛІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ GPRS

Анотація. Розглядається структура багатофункціональної апаратно-програмної системи для моніторингу і управління віддаленими об'єктами з використанням GPRS-послуг від національної системи стільникового зв'язку. Наведено приклади прикладних систем, які подібні до запропонованої. Описуються характеристики двох реалізованих систем для віддаленого моніторингу і управління.

Ключові слова: дистанційне керування, дистанційне зондування, мікроконтролер, GPRS зв'язку, комутації сервера, центр управління, віддаленої станцією, метеостанція, датчики, інтерфейс, протокол

Введение. Управление удаленными объектами в домашних хозяйствах и промышленности требует использования каналов передачи данных для получения параметров объекта и отправки команд на него. В зависимости от объема информации, передаваемой за единицу времени, расстояния до управляемого объекта, требуемой скорости реакции на изменения параметров объекта могут быть реализованы различные схемы управления и способы передачи данных, а среда передачи информации может быть разнообразной.

Если анализируемых параметров мало и они меняются медленно, время реакции не

имеет решающего значения. Объекты находятся на большом расстоянии от центра управления или перемещаются, управление и мониторинг могут быть сделаны по радио. Накладываемые ограничения, связанные с распространением радиоволн в зависимости от местоположения управляемого объекта, спектра частот и обеспечение достаточной выходной мощности передатчика, значительно усложняют задачу. В статье предлагается вариант передачи данных между центром управления и управляемым объектом с использованием сети GSM.

Цель работы – обход ограничения радиокommunikации, повышение надежности и снижение стоимости реализации при удаленном мониторинге и управлении.

© Жейнов Ж.И., Иванов С.И., 2016

Стандарты передачи данных. Первые услуги в GSM сетях были асинхронными и связаны со схемами коммутации цепей – Circuit Switched Data (CSD). Они уже давно использовались в аналоговых телефонных сетях для дальней передачи данных [1]. Для набора номера и передачи данных используются только специальные международные стандартные протоколы. Так как все обычные приёмники обеспечивают поддержку этих международных стандартов, в сотовых телефонных сетях в 2000 году были введены дополнительные услуги для обмена данными с высокой скоростью. Это HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) со скоростью до 38,4 кбит/с и коммутацией пакетов через GPRS передачи данных (General Packed Radio Service) со скоростью до 53,6 кбит/с [7 – 8].

С начала 2004 года некоторые операторы сотовой сети запустили коммерческие UMTS (Universal Mobile Telecommunication Services) услуги, достигая скорости 384 кбит/с. Обычные CSD услуги также доступны в UMTS сетях. Когда пользуется CSD, один или несколько каналов заняты на время передачи.

В GPRS сервисе данные разбиваются на небольшие пакеты и передаются в один или более доступных радиоканалов между мобильного конечного устройства и сети с коммутацией пакетом (например, Интернет). В этом случае радиоканалы занимают только временно и немедленно освобождаются, так что несколько виртуальных устройств получают одновременный доступ к имеющимся каналам радиосвязи. Поэтому CSD (HSCSD) является выгодным для передачи больших объемов данных, когда мобильные устройства находятся он-лайн в течение короткого промежутка времени – например, для передачи больших файлов через интранет внутри компании.

Преимущества GPRS сервиса. GPRS сервис делает мобильную связь быстрее, удобнее и дешевле. Он обеспечивает высокую скорость работы с WAP и мобильного Интернета. Пользователь может непрерывно оставаться на линии в процессе передачи, цена зависит только от объема передаваемых данных. GPRS выгоднее для небольших объ-

емов передаваемых данных, например, текст или команды, и когда пользователь непрерывно находится он-лайн. Сервис GPRS обеспечивает прямое подключение к Интернету без ISP [2]. Это делает GPRS предпочтительным для передачи данных через GSM-сети в системах мониторинга и контроля.

Система удаленного мониторинга и управления. Далее показана блок - схема описываемой системы (рис. 1).

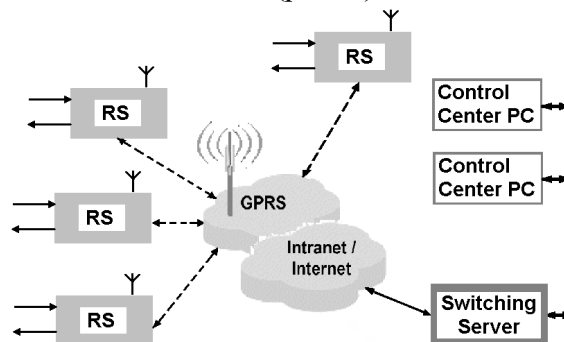


Рис. 1. Блок - схема системы мониторинга и контроля

Система удаленного мониторинга и управления реализуется с помощью множества удаленных станций (RS), которые управляют объектами и принимают от них необходимые параметры. Каждая станция имеет микроконтроллер и модуль GSM-GPRS модем с SIM-картой. Станции подключены к серверу коммутации (Switching Server) через сети сотовой связи некоторого поставщика услуг. Данные, которые получены от удаленных станций, управляющих объектами, хранятся на сервере. Сервер распределяет информацию и посылает команды управления. Персональные компьютеры центра управления (Control Center PC) подключены к локальной сети. Персонал контрольного центра получает от них данные с сайтов и отправляет команды на сервер коммутации.

Примеры систем удаленного мониторинга и управления. На удаленной станции к микроконтроллеру был подключен тестер с 6 цифровыми и 6 аналоговыми входами и 4 цифровыми выходами. Удаленные станции питались от 220 В сети через адаптер 12 В. Имелась возможность питания от аккумулятора. Был использован микро-

контроллер MPS430 компании Texas Instruments с 400 КБ оперативной памяти и 1,7 МБ флэш-памяти [3]. С его помощью были реализованы два последовательных интерфейса (RS-232 и USB), управление SIM-картой и 4-полосный GSM модем, а также 5 цифровых оптических изолированных входов, 5 аналоговых входов, 4 релейных выходов для управления объектом.

Для осуществления M2M связи между удалёнными станциями и сервером переключения на микроконтроллере установлена виртуальная машина Java Virtual Machine и программное обеспечение IMP-NG. Доступ к стеку TCP/IP выполняется с помощью небольшого числа команд AT [10].

Например, команда для чтения данных из АЦП содержит следующие поля: один байт – число отправленных байтов, 4-байтовый номер радио, байт команды и число байтов ввода чтения. Команда для включения / выключения ввода содержит байт – число отправленных байтов, 4-байтовый номер радио, активацию команды один байт (01) / отключить (00) и число байтов ввода. После отправки команды на радио, сервер возвращает байт 00, если нет подключения и байта 01, если команда успешно отправлена.

Для поддержки GPRS связи на ПК управления запускается ALOP (Advanced Light OSCAR Protocol) клиент, работающий на TCP / IP в режиме реального времени.

Встроенная поддержка Advanced Encryption Standard (AES) обеспечивает безопасность информации, передаваемой через систему.

Чтобы проверить работу системы на удаленной станции к микроконтроллеру был подключен тестер с 6 цифровыми и 6 аналоговыми входами и 4 цифровыми выходами [9]. Напряжение на аналоговых входах менялось с помощью потенциометров. Уровни цифровых выходов переключались кнопками. Уровни цифровых входов и релейных выходов индцировались светодиодами. Правильный ввод данных и функционирование релейных выходов проверялись небольшим тестовым приложением. Оно написано на C++ и работало на ПК из центра управления под управлением операционной системы Windows. На рис. 2 показана распечатка рабочего экрана в тестовом режиме для удаленной станции.

Автоматическая мобильная метеорологическая станция является примером использования GPRS систем мониторинга и управления удаленными объектами. В классических наземных станциях информация считывается с приборов и посылается вручную. Автоматическая метеорологическая станция экономит человеческий труд и персонал и делает измерения в труднодоступных местах. Данные о погоде передаются по кабелю или по радио для хранения и обработки [4].

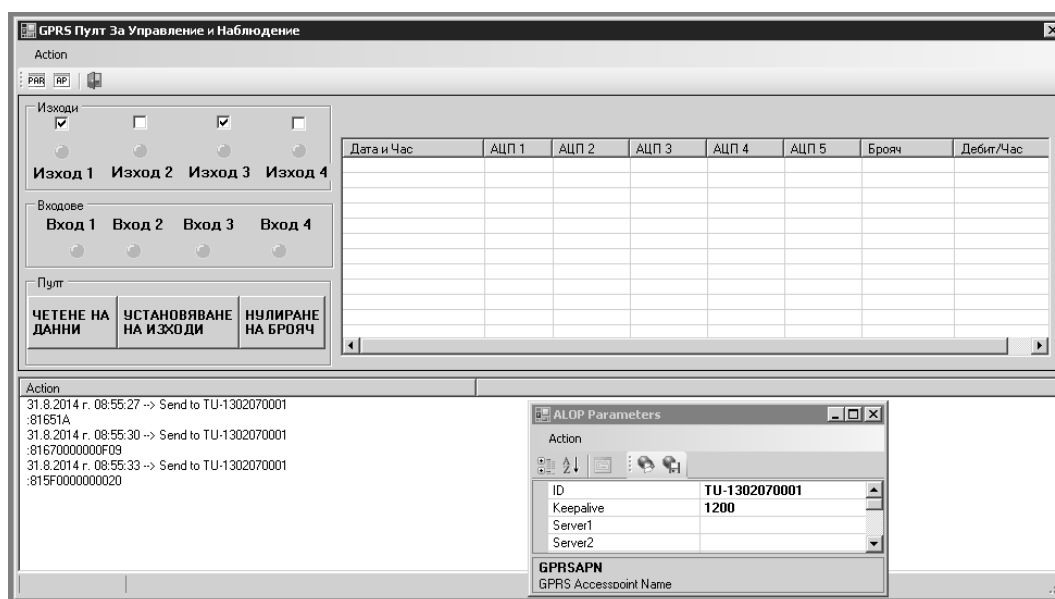


Рис. 2. Рабочий экран системы в тестовом режиме

Автоматическая мобильная метеорологическая станция измеряет температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра, а также яркость света в том месте, где она установлена. Она имеет блок сбора данных, который автоматически производит эти измерения. Является экономически целесообразным использование национальной сети сотовой связи для подключения устройства сбора данных к серверу.

Устройство для сбора данных периодически считывает данные с различных датчиков, через которые поступает информация о параметрах погоды. Потом преобразует их формат в подходящий для обработки. Далее записывает собранную метеорологическую информацию в энергонезависимую память, чтобы затем отправить ее на WEB сервер через GPRS связь для хранения и обработки. Оно взаимодействует с датчиками через свой специализированный интерфейс и поддерживает необходимые протоколы для передачи информации к датчикам [2]. Внизу дана примерная блок-схема устройства для сбора метеорологических данных (рис. 3).

Блок визуализации и управления метеорологическими данными является средством, с помощью которого пользователь может выполнять наблюдение обработанных метеорологических параметров и управлять блоком для сбора метеорологических данных. Этот блок может быть мобильным устройством или настольным компьютером с доступом к

Интернет. Он имеет экран, подходящий для отображения полученных результатов, необходимую память для установки программного обеспечения и хранения результатов, а также имеет модуль, который осуществляет связь с другими узлами системы.

Управляющий микроконтроллер CC430F5137 является членом семейства микроконтроллеров компании “Texas Instruments”. Эта серия микроконтроллеров широко используются в цифровых устройствах преобразователей, тепловых систем измерения, беспроводных сетях связи и системах для удаленного доступа [3]. Микроконтроллер имеет низкое энергопотребление и встроенный 1 ГГц приемопередатчик, который может использоваться для подключения микроконтроллера к другим удаленным периферийным устройством. Этот контроллер имеет пять режимов сниженного потребления мощности, которые позволяют питание от батареи в течение длительного периода времени. Он включает в себя 16-ти разрядный высокопроизводительный MSP430 микропроцессор, энергонезависимую память 32KB, 4KB RAM, два 16-ти разрядный таймера, быстрый 12-ти разрядный аналого-цифровой преобразователь, компаратор, универсальный последовательный интерфейс связи, часы реального времени и 44 входов / выходов. Программа управления хранится во флэш-памяти микроконтроллера и пересылается через стандартный интерфейс JTAG.

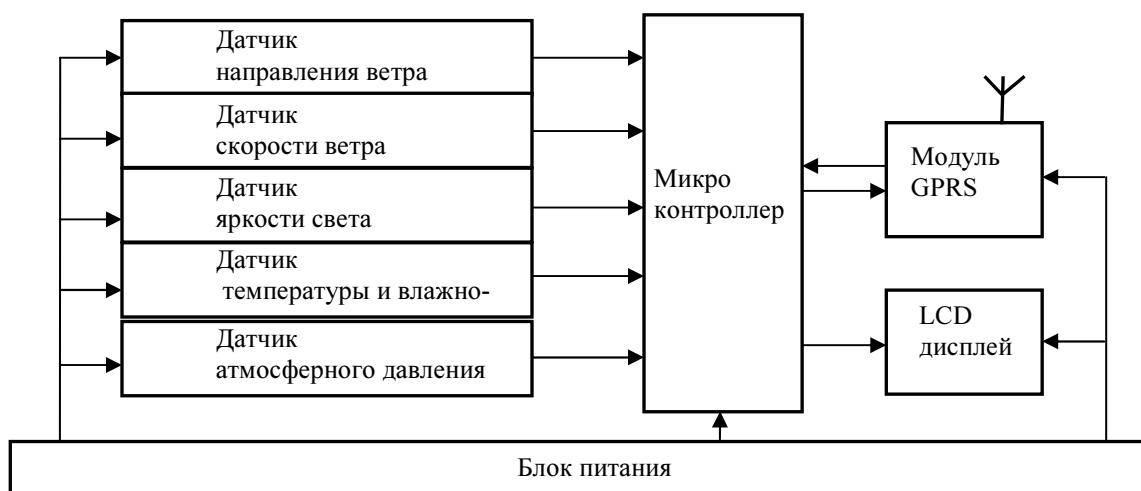


Рис. 3. Блок-схема устройства для сбора метеорологических данных

Используется цифровой датчик температуры, и влажности типа DHT22. Датчик управляется микроконтроллером в сигнальной линии, такая связь осуществляется через специальный протокол.

Датчик для измерения атмосферного давления является цифровым, типа BMP085. Датчик подключается к микроконтроллеру через последовательный интерфейс I²C. Данные об атмосферном давлении, получаемыми через него, пересчитаны с использованием калибровочных коэффициентов, хранящихся в энергонезависимой памяти датчика.

Датчик направления ветра типа NRG 1904 компактен и устойчив к колебаниям температуры, к влаге и коррозии. Это аналоговый датчик, он преобразует угол 0-360° в напряжение.

Датчик скорости ветра типа 40C представляет собой стандартный аналоговый сенсор, который широко распространён в промышленности. Он генерирует синусоидальное напряжение с частотой 0-125 Hz, пропорционально измеренной скорости. Для измерения частоты сигнал пропускается через компаратор и измеряется частота прямоугольного напряжения на выходе компаратора. Датчик освещённости – аналоговый и реализуется с помощью фоторезистора.

Для того, чтобы реализовать связь между сервером WEB и другими узлами в системе для сбора метеорологических данных выбран GPRS модуль типа SIM800L компании SIMCom. Он небольшой, имеет низкое энергопотребление и легко управляется микроконтроллером. Он может обмениваться

данными через сетевые и вспомогательные функции GSM/GPRS. Может также звонить и отправлять SMS. Этот модуль поддерживает коммуникационные протоколы HTTP, FTP, TCP/IP. Управление модулем GPRS осуществляется путём отправки AT команд на асинхронный последовательный интерфейс UART микроконтроллера.

Жидкокристаллический дисплей используется для локальной визуализации показаний измерительных приборов, а также показывает состояние микроконтроллера. Для него выбран алфавитно-цифровой дисплей с изображением символов в две строки по шестнадцать символов. Использует параллельный интерфейс с семью сигнальными линиями.

Датчики и микроконтроллер питаются различными напряжениями. Для их получения используется стабилизатор напряжением 12 В, а к его выходу подключены несколько других регуляторов понижения напряжения.

Концептуальная блок-схема программного обеспечения системы для сбора и передачи данных о погоде показана внизу (рис. 4).

Связь между функциональными блоками реализована различно для каждой от пары. Между блоком сбора и передачи метеорологических данных и блоком их обработки это делается по беспроводной сети с помощью GPRS – устройства, которое поддерживает стек протоколов TCP/IP. Связь между блоком обработки метеорологических данных и блоком визуализации связи происходит с помощью HTTP – протокол, как GET и POST вызовов.

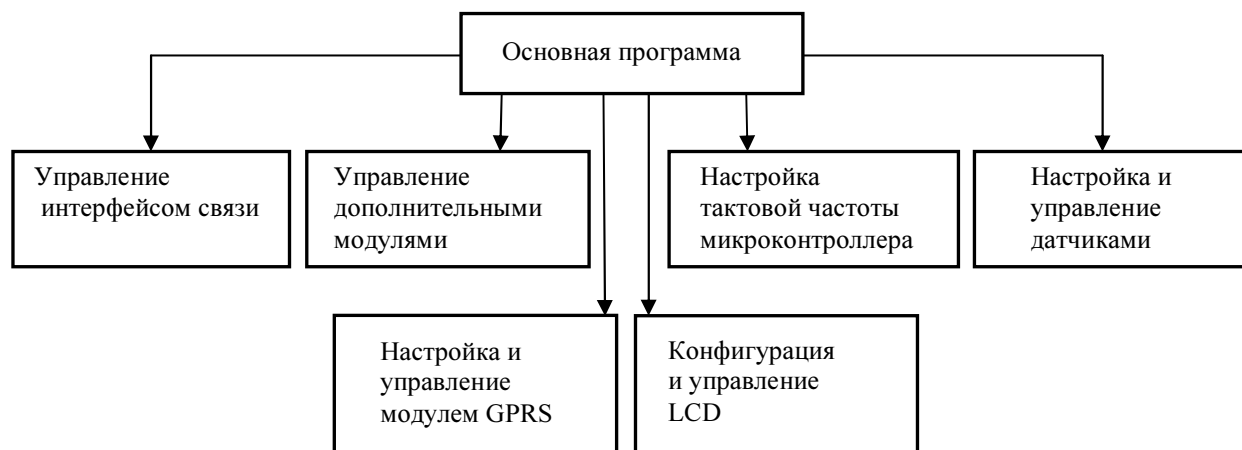


Рис. 4. Блок-схема программного обеспечения устройства для сбора данных

Для реализации системы WEB используются два сервера, которые работают параллельно.

Первый сервер принимает HTTP - запросы от устройства управления метеостанцией и устройства отображения, а также и некоторые запросы устройства для сбора данных. HTTP-сервер сделан с помощью бесплатного сервера Apache HTTP.

Второй сервер является сервером TCP. Он реализует связь с устройством для сбора данных и передаёт команды, поступающие от блока управления.

Сервер TCP реализован с помощью библиотеки языка программирования nodeJS - NET. Для хранения обработанных данных, а также и данных различных типов, которые связаны с системой, пользуется система управления базами данных MySQL. Для создания шаблонов, которые отображаются на устройство управления и визуализации метеорологических данных, был использован язык программирования AngularJS.

Предлагаемая метеорологическая станция была реализована в виде модели с использованием готовых модулей. Цель создания этой модели является её использование для научных исследований и подготовки студентов для изучения возможностей включённых в неё подсистем и их совершенствование.

Заключение. Практическое применение предлагаемой системы для мониторинга и контроля удаленными объектами очень широко. Оно включает в себя сбор данных измерений от автоматов, датчиков уровня [7] или другого автономного оборудования. Другими применениями могут быть дистанционное обслуживание устройств, передача сообщений системы сигнализации, высокоскоростная передача данных для электронных платежей, мониторинг производительности машин. Эта система подходит для M2M связи [5] с программируемыми логическими контроллерами.

Дальность передачи данных ограничивается зоной охвата сети GSM, а цена зависит только от объема передаваемых данных. Поэтому сервис GPRS предпочтительнее в случаях небольших объемов передаваемых данных и когда пользователь непрерывно находится он-лайн.

Список использованной литературы

1. Knežlik J., (2004), Data Transmission from Seismic Station via Network Agnes using GSM-GPRS Technology, *Acta Geodyn. Geomater.*, Vol. 1, pp. 73 – 76.
2. Калачев А. В. Аппаратные и программные решения для беспроводных сенсорных сетей. /А. В. Калачев. – М. : НОУ «Интуит», 2016. – 241 с.
3. Непомнящий О. В. Проектирование сенсорных микропроцессорных систем управления /О. В. Непомнящий, Е. А. Вейсов; СФУ Красноярск, 2010 – 149 с. Библиогр.: С. 134 – 136. ISBN 978-5-7638-1985-4.
4. Stephen Burt, (2012), The Weather Observer's Handbook, *Cambridge University Press*, NY 10013-2473, USA.
5. Walter Kl., (2009), Implementing. M2M Applications via GPRS, EDGE and UMTS, *M2M Alliance*, pp. 2 – 9.
6. SMA Solar Technology AG., (2008), GSM – Backgrounds Regarding data Transmission in GSM and UMTS Mobile Networks for Sunny WebBox/ Sunny Boy Control, *Technical Information. SMA Solar Technology AG*, 9 p.
7. Тренков Й. Х.. Энциклопедия на електрониката Т.IV: Комуникации – принципи, системи и мрежи /Й. Х. Тренков. Изд. Техника, София, 2014 – 848 с. ISBN 978-954-03-0706-0.
8. Гольдштейн Б. С.. Сети связи пост – NGN/ Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый, – 2014. – Санкт-Петербург : «БХВ-Петербург», – 162 с. Библиогр.: С. 149 – 153. ISBN 978-5-9775-0900-8.
9. Билтроникс. Микропроцессорное управление с дистанционным контролем через GSM/GPRS. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Билтроникс, 2013. Url: <http://www.biltronic.com/Docs/KB-GSM-07.pdf>
10. ETSI TC-SMG. GSM 07.07 - Version 5.0.0 - Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); AT command set for GSM Mobile Equipment (ME), (1996), *GSM Technical Specifications*.
Url:http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/07/0707/05.00.00_60/gsmts_0707v050000p.pdf

Получено 03.06.2016

References

1. Knejzlik J., (2004), Data Transmission from Seismic Station via Network Agnes using GSM-GPRS Technology, *Acta Geodyn. Geomater*, Vol. 1, pp.73 – 76 (In English).
2. Kalachev A.V. Apparaty i programnye resheniya dlja besprovodnyh sensornyh setej. [Hardware and Software Decisions for Sensor Wireless Networks], (2016), Moscow, Russian Federation, *NOU "Intuit" Publ.* (In Russian).
3. Nepomnjashnij O.V. Proektirovanie sensornyh mikroprocessornyh sistem upravlenija. [Design of Sensor Microprocessor Systems], (2010), Krasnojarsk, Russian Federation, *SFU Publ.*, ISBN 978-5-7638-1985-4 (In Russian).
4. Stephen Burt, (2012), The Weather Observer's Handbook. *Cambridge University Press*, NY 10013-2473, USA (In English).
5. Walter Kl, (2009), Implementing. M2M Applications via GPRS, EDGE and UMTS, *M2M Alliance*, pp. 2 – 9 (In English).
6. SMA Solar Technology AG. GSM – Backgrounds Regarding data Transmission in GSM and UMTS Mobile networks for Sunny WebBox/Sunny Boy Control, *Technical Information. SMA Solar Technology AG*, 2008, pp. 1 – 9 (In English).
7. Trenkov J.H. Enciklopedija na elektronikata T.IV: Komunikacii - principii, sistemi i mrezi. [Encyclopedia of Electronics Communications, Principles and Networks], (2014), Sofia, Bulgaria, *Technika Publ.*, Vol.4. ISBN 978-954-03-0706-0 (In Bulgarian).
8. Gol'dshtejn B.S. Seti svjazi post – NGN. [Communication Networks after NGN]. (2014), St. Petersburg, Russian Federation, *St. Petersburg Publ.*, ISBN 978-5-9775-0900-8 (In Russian).
9. Biltroniks. Mikroprocesorno upravlenie s distancionen kontrol chrez GSM/GPRS. Tehnichesko opisanie i instrukcija za eksploatacija. [Microprocessor Remote Control by GSM/GPRS. Datasheet and Technical Manual], (2015), Biltroniks (In Bulgarian). Available at: <http://www.biltronic.com/Docs/KB-GSM-07.pdf> (Accessed May, 2015).
10. ETSI TC-SMG. GSM 07.07 – Version 5.0.0 – Digital cellular telecommunications sys-

tem (Phase 2+); AT command set for GSM Mobile Equipment (ME), *GSM Technical Specifications*, 1996. Available at: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/07/0707/05.00.00_60/gsmmts_0707v050000p.pdf (accessed May, 2015).



Жейнов

Жейно Иванов,
канд. техн. наук,
асистент кафедры
Компьютерных наук и
технологий Болгарского
технического ун-та
гор. Варны,
тел. +35952383260.
E-mail: zh_viv@abv.bg



Иванов

Сава Иванов,
канд. техн. наук, доцент
кафедры Компьютерных
наук и технологий
Болгарского
технического ун-та го-
рода Варны,
тел. +35952383260.
E-mail: ivanovsi@abv.bg