

УПРАВЛЕНИЕ И НАБЛЮДЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОДОМАКИНСКИ УРЕДИ ЧРЕЗ МОБИЛНИ ТЕРМИНАЛИ

Р. Иванов

1. Увод

Съвременните тенденции в областта на дистанционното управление и наблюдение на електродомакински уреди се обуславя от възможностите, които мрежовите и мобилни технологии предоставят [1].

Основните начини за реализация на обмен на данни, които мобилните терминали от 2-ро и 2,5-то поколение предоставят, са:

- Използване на кратки съобщения (SMS) – SMS услугите се характеризират с много висока степен на достъпност и вероятност за доставяне на съобщението. Управлението чрез SMS-команди може да се използва като алтернативно, ако в даден момент не може да се осъществи друг начин за обмен на данни между мобилния клиент и управляващия сървър;

- Използване на протоколи, специализирани за реализацията на мобилен обмен на данни. Основният стандартизиран от W3C протокол в тази област е Wireless Application Protocol (WAP). Той предоставя възможност за създаване на приложения, които функционират под управлението на вградения в мобилния терминал микро-браузър. Скоростта на обмен зависи от използвания носител. Едно от основните предимства на WAP е, че може да бъде използван при различни носители – CSD, GPRS, EDGE, UMTS и др.;

- Използване на мрежови протоколи, като UDP, TCP и HTTP. Над 80% от продаваните в момента мобилни терминали позволяват реализацията на обмен на данни с WEB сървъри, посредством протокол HTTP v.1.1. Част от тях поддържат и TCP/UDP обмен.

Не трябва да се пренебрегва и възможността за реализацията на безжичен обмен на данни между мобилните клиенти и системите за управление и наблюдение. Засега той може да се реализира чрез един от следните интерфейси:

- Infrared Data Association (IrDa) – необходимостта от пряка видимост между устройствата и малкото разстояние между тях (до 1m) прави интерфейсът неподходящ за реализацията на системи за мобилно управление и наблюдение;

- IEEE 802.15 (Bluetooth™) – предоставя възможност за изграждане на point-to-point и point-to-multipoint безжични мрежи [3]. Едно водещо устройство (master) и до 7 подчинени (slave) формират пикомрежа. Максималното разстояние между устройствата зависи от класа на предавателя и чувствителността на приемника. На настоящия етап разработването на мобилни приложения, използващи Bluetooth интерфейса, е възможно по два начина: чрез програмиране на Java или C++. В първия случай мобилният терминал трябва да има вградена Java виртуална машина, а във втория – операционна система като: Microsoft Mobile, Microsoft Smartphone, Symbian, или Linux.

- IEEE 802.11b (Wi-Fi) - използва се нелицензираният ISM честотен диапазон (2.4-2.4835GHz). Максималната скорост на обмен е 11Mbps. Wi-Fi се очаква в бъдеще да замести Bluetooth, но засега твърде малко мобилни терминали го поддържат;

- Wireless Universal Serial Bus (USB) - бъдеща алтернатива на Bluetooth. Очаква се да получи реално приложение след година.

2. Архитектура на системата

След анализът на възможните начини за обмен на данни, които съвременните мобилни терминали предоставят, могат да се направят следните изводи:

1. За реализацията на локално управление и наблюдение (в рамките на един апартамент или къща) е най-подходящо да се избере интерфейс Bluetooth. Поради по-високата цена на мобилните терминали от тип смартфон и платформената независимост, която Java технологиите гарантират, по-добрият вариант е да се работи с Bluetooth API (JSR-82) от Java 2 Micro Edition (J2ME) [4].

2. За реализацията на дистанционно управление и наблюдение (от коя да е точка на света) засега е най-подходящо да се използва протокол HTTP.

Съществуват две основни решения за архитектура на системата, в зависимост от начина на реализацията на управлението и наблюдението [2]:

- нецентрализирано - всеки уред е с вграден HTTP сървър и/или Bluetooth приемо-предавател;
- централизирано - свързване на всички уреди в мрежа.

По-добрият вариант е разработването на мрежова топология, позволяваща централизирано управление и наблюдение на електродомакински уреди и следене на състоянието на сензори. Това решение се характеризира с много добра функционалност, по-висока надеждност и не на последно място - много по-ниска цена.

2.1. Избор на начин за комуникация на физическо ниво

Като физически канал може да се използва:

1. Съществуващото окабеляване в рамките на дома:

- телефонна мрежа - това решение (HomePNA, EIB) не е подходящо за нашата страна, тъй като телефонният кабел не е достъпен от всички стаи;

- захранваща мрежа - това решение (LonWorks, X10, CEBus, HomePlug, EHS) е приемливо от гледна точка на достъпност от всяка точка на дома. Основният проблем е наличието на множество смущаващи сигнали.

2. Ново структурно окабеляване. Решението се характеризира с висока функционалност и надеждност, но и с много по-висока цена.

3. Използване на радио-канал (Bluetooth, Wi-Fi, HiperLAN, HomeRF, UWB). Характеризира се с висока надеждност, но и с висока цена.

Изборът на комуникационен канал се обуславя от изисквания към мрежата, свързваща управляваните и наблюдавани обекти:

- лесна инсталация - да не се изискват задълбочени познания в областта на мрежовите технологии;

- приемлива цена - електронното оборудване, реализиращо възможността за мобилно управление и наблюдение, трябва да има атрактивна за клиента цена. Тя може да се постигне чрез използването на едночи-

пови системи, които се характеризират с много добро съотношение цена/функционалност;

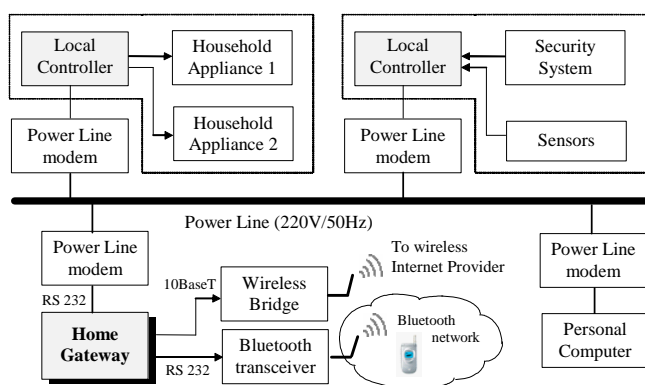
- лесно разширяване на конфигурацията и обновяване на програмното осигуряване;
- висока надеждност и сигурност.

2.2. Избор на структура на системата

Като се вземат предвид така изложените изисквания се предлага:

- управляваните и наблюдавани обекти да са свързани в мрежа, а като физическа среда да се използва съществуващото захранващо окабеляване;
- системата да бъде с централизирано управление;
- достъпът до системата да е възможен по два начина: локално - чрез Bluetooth и отдалечено - чрез WAP или HTTP заявки.

Структурата на системата е показана на фиг. 1.



Фиг. 1. Структурата на системата

Като основен недостатък на избрания канал за връзка може да се отбележи високото ниво на шумовете, което определя и сравнително ниските скорости на обмен, които могат да се постигнат. Този недостатък не е проблем за системите, реализиращи управление и наблюдение на електродомашински уреди, тъй като при тях обменът е под формата на заявки и отговори, а данните които се обменят при всяка транзакция са по-малко от 100 байта.

Следва описание на основните апаратно-програмни модули, които изграждат системата:

1. Модем за връзка към захранващата мрежа (Power Line Modem)

Предоставя възможност за комуникация в сериен формат при канал за връзка захранващата мрежа. Реализиран е чрез модул TR-3A [5]. Той е изграден е на базата на интегрална схема TDA 5051A на фирма Philips Semiconductor. Скоростта на обмен е от 50bps до 1200 bps. Благодарение на възможността за автоматично управление на усилването чувствителността на модула е 12mV. Това позволява безпроблемна комуникация на разстояние до 100m. Модулът е галванично изолиран от мрежата.

2. Локални контролери (Local Controller)

Задачата на локалните контролери е локално управление и наблюдение на един или няколко обекта. Реализирани са на базата на микроконтролери от серията PIC на фирма Microchip Technology. В зависимост от типа на обектите, които могат да се свързват към контролера, се определя и неговия тип, например:

- Rx - x на брой релейни изхода (250V/10A);
- IDx - x на брой цифрови входа;
- ODx - x на брой цифрови изхода;

- IA1 - един аналогов вход;
- OA1 - един аналогов изход.

Възможни са комбинации между основните типове, например: R3ID4, ID4OD4, IA1ID8.

3. Bluetooth приемо-предавател (Bluetooth transceiver)

Използван е модул BL-730 на фирма BrainBoxes [6], който поддържа Bluetooth v.1.1b Class 1 (до 30m в сгради). Модулът е с вграден RS 232-C интерфейс. Това дава възможност за директното му включване към централния управляващ модул (HomeGateway).

4. Модул за отдалечен достъп до системата (HomeGateway)

Шлюзът осигурява оторизиран достъп до системата, конвертира заявките на клиентите до заявки за избрания локален контролер и обратно – отговорите на локалните контролери до отговори, разбираеми за всеки конкретен клиент. HomeGateway синхронизира обмена с локалните контролери. Реализиран е на базата на едночиповата система SC13 на фирма Beck GmbH [7].

Достъпът до шлюза е възможен в два режима:

- Indoor – използва се Bluetooth интерфейса с цел комуникация между шлюза и мобилните клиенти;
- Outdoor – достъпът се реализира от коя да е точка на света. Заявките се обработват от вградения в SC13 WEB сървър. За целта шлюзът трябва да има връзка с глобалната мрежа посредством Hub/Switch или Wireless Ethernet Bridge. В първият случай максималната скорост на обмен е до 100Mbps, а във втория – 11Mbps (IEEE 802.11b) или 54Mbps (IEEE 802.11g).

В режим Outdoor клиентът заплаща на своя мобилен оператор за трафика, който реализира с шлюза. Цената на услугата зависи от използвания носител. Желателно е да се използва GPRS носител при който се заплаща само за реално реализирания трафик, докато при CSD се заплаща по време.

3. Мрежов модел

За да се гарантира съвместимост на хардуера на функционално ниво, разширяемост на мрежата и надеждна комуникация между устройствата, свързани към нея, се предлага използването на 5-слоен мрежов модел. Всеки слой е напълно независим на функционално ниво. Това гарантира, че при евентуални бъдещи промени в даден слой няма да се налагат промени и в останалите. Наименованията и предназначението на всеки един от слоевете е описано в Табл. 1.

Табл. 1. Описание на мрежовия модел

No	Наименование на слоя	Предназначение (формат на данните)
5	Приложен	Достъп до HomeGateway (съобщения)
4	Транспортен	Комуникация между две устройства в мрежата (команди и отговори)
3	Мрежов	Адресиране, доставяне на пакети, откриване на грешки. протокол SNAP (пакети)
2	Канален	Формиране на кадри: интерфейс RS232-C (кадри)
1	Физически	Физическа връзка между устройствата (последователност от битове)

3.1. Физически слой

Устройствата, които функционират в този слой, са модемите. Те изпълняват следните задачи:

- модулиране при предаване и демодулиране при приемане на сигналите с цел обмен на данни в средата на захранващата мрежа;
- автоматично усилване на нивото на приемания сигнал;
- разпознаване на момента на преминаване на мрежовото напрежение през нулата - използва се при синхронизиране на обмена;
- галванична изолация.

3.2. Канален слой

В този слой функционират RS232-C приемо-предавателите, които са вградени в шлюза и всеки локален контролер. Комуникацията е на ниво кадри (стартов бит, 8 бита данни, 1 стоп бит).

3.3. Мрежов слой

Комуникацията в мрежова среда изисква наличието на протокол, който да дава възможност за адресиране на устройствата, за откриване и евентуално отстраняване на грешки. При предлаганата система се използва модификация на протокол Scaleable Node Address Protocol (SNAP) на High Tech Horizon [8]. Комуникацията се реализира на ниво пакети с формат, описан в Табл. 2.

Табл. 2. Формат на пакет

SYNC	Байт за синхронизация (0x54)
HDB2	Байт 2 от заглавния блок
HDB1	Байт 1 от заглавния блок
DAB	Адрес на получателя (PIN код)
SAB	Адрес на източника (PIN код)
DB	Блок с данни (от 0 до 512 байта)
FDB	CRC код

След байта за синхронизация следва информацията от заглавния блок на пакета. Предназначението на битовите от този блок е описано в Табл.3.

Табл. 3. Описание на структурата на заглавния блок

		HDB2
Бит	Предназначение	
7,6	брой байтове за адрес на получателя	
5,4	брой байтове за адрес на източника	
3,2	брой байтове с флагове (не се използват)	
1,0	АСК/NAСK битове	
		HDB1
7	команда/данни (1/0)	
6,5,4	метод за откриване на грешки: 011 = 8bit CRC	
3-0	размер на блока с данни в байтове	

Всеки пакет завършва с FDB поле, информацията от което се използва с цел откриване на грешки. Работи се с 8-битов CRC код. С цел ускоряване на асемблирането и деасемблирането на пакетите, CRC кодът се получава таблично.

3.4. Транспортен слой

Информацията за команда, която шлюза изпраща, или отговор който получава, се съдържа в поле DB от пакета. Форматът на командите е описан в Табл. 4.

Табл. 4. Формат на командите

CID	Идентификатор на командата
CHB	Заглавен блок
CDB	Блок с данни (0 - 64 байта)

Command Identification - CID	
Бит	Предназначение
b7-b4	Идентификатор на командата: 0000 - Изключи всички уреди; 0001 - Синхронизация на контролерите 0010 - Диагностика 0011 - Промяна на състояние 0100 - Получаване на състояние ... 1111 - Следващият бай е CID2: (до 256 команди)
b3-b0	брой байтове след CID

Command Header Byte - CHB	
Бит	Предназначение
b7-b5	Тип на обекта, например: 0=NB съдържа данни, 1=реле, 2=цифров изход, 3=цифров вход, ...
b4, DSF	0=избор на едно устройство 1=избор на множество устройства
b3-b0	идентификатор на обекта: - номер на обекта (DSF=0); - избран е обект x, ако bx=1 (DSF=1).

Command Data Block - CDB	
Бит	Предназначение
b7-b0	Данни към командата, например: - байт данни за ADC (DSF=0); - timeout интервал (DSF=0); - маска: всеки бит е новото състояние на избран обект (DSF=1); - състояние: 0 или 1 (DSF=0).

Пример 1: Включване на реле 2, изключване на реле 0:
CID = 0011 0010 (0x32)
CHB = 0011 0101 (0x35)
CDB = 0000 0100 (0x04)

Пример 2: Получаване на състоянието на цифрови входове 0, 1 и 3:
CID = 0100 0001 (0x41)
CHB = 0111 1011 (0x7B)

4. Синхронизация на обмена

HomeGateway комуникира с локалните контролери в два режима:

- Unicast – адресира се конкретен контролер;
- Broadcast – адресират се всички контролери.

Предвидена е възможност локалните контролери да могат да изпращат съобщения към шлюза, без последният да е генерирал заявка за това (push messages). Така се намалява броят на заявките към локалните контролери – ако има промяна в тяхното състояние те сами уведомяват за това шлюза. Push съобщенията могат да бъдат изпращани само във времеви слот, отделен за всеки контролер. Използват се до 32 слота, всеки с продължителност от 20ms. Слотове с номера 0, 8, 16 и 24 са резервирани за шлюза. Броят на работните слотове се предава на локалните контролери чрез команда за синхронизация.

Използването на времеви слотове позволява:

- Възможност за генериране на push съобщения;
- Подобряване на сигурността на обмена – генератора на заявката се разпознава не само по неговия PIN код, но и използвания времеви слот. Това миними-

зира вероятността за атаки в рамките на един блок или кооперация;

Максималното закъснение, поради използването на времеви слотове, е 140ms за шлюза и 640ms за локален контролер, ако техният брой е максималният допустим – 28.

5. Експериментални резултати

Настройката на HomeGateway се реализира посредством вградения в SC13 WEB сървър. За целта шлюзът се свързва към LAN порта на персонален компютър посредством UTP кабел. По подразбиране IP адресът на шлюза е 192.168.1.222. За да се реализира връзка с конфигурационния модул от страна на персоналния компютър трябва да се създаде нова връзка или да се промени конфигурацията на съществуваща, например: IP = 192.168.1.111, Default Gateway = 192.168.1.1, Network Mask = 255.255.255.0. Активирането на конфигуриращия модул се реализира чрез следната HTTP заявка: <http://192.168.1.222/config>. Конфигурирането на шлюза се свежда до задаване на име, IP конфигурация (динамична чрез DHCP сървър или статична) и парола на администратора. Информацията се записва в XML файл на флаш диска на шлюза.

След конфигуриране на шлюза се преминава към конфигуриране на локалните контролери. За целта към електрическата мрежа, посредством модеми, се включват шлюза и контролера, подлежащ на конфигуриране. HomeGateway изпраща команда за идентифициране на контролера. Последният връща като отговор следната информация: PIN код и идентификатор за неговия тип. Въз основа на тази информация на потребителя се връща HTML форма, позволяваща конфигурирането на разпознатия контролер (фиг.2).

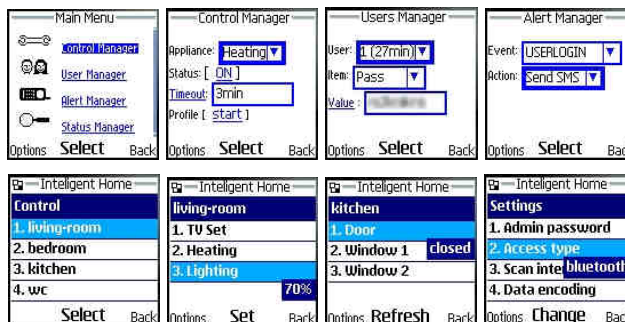
Local Controller Setup	This form allows changes to Local Controller settings. Click the <Save> button to save settings or any changes.
Controller Name:	living-room <small>You may specify a name of up to 16 characters.</small>
Time slot:	2 <small>Slot numbers 0, 8, 16, and 24 are reserved.</small>
Serial Port Config:	Baud rate: 600 Stop bits: 1 Parity: none
Appliance names:	1: TV Set 2: Heating 3: Lighting
<input type="button" value="Save"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Help"/>	

Фиг. 2. Конфигуриране на локален контролер

В конкретният случай локалният контролер е от тип R3. Потребителят трябва да въведе следната информация: име на контролера (може да се използва наименованието на стаята в която ще функционира контролера), времеви слот (генерира се автоматично от шлюза), протокол за сериен обмен (желателно е да е еднакъв за всички контролери) и в конкретния случай имената на уредите, свързани към всеки един релеен изход. Тази информация за записва в XML файл и се изпраща към локалния контролер, който я буферира в своята флаш памет.

На фиг. 3 е показано използването на системата чрез WAP заявки, генерирани от микро-браузъра на мобилния терминал (ред 1), и чрез Java приложение за

мобилни терминали (ред 2). Експериментите са реализирани чрез GSM Nokia 6230.



Фиг. 3. Резултати от тестване на системата

6. Изводи

В статията е направен анализ на възможностите на съвременните мобилни терминали за реализация на системи за мобилно управление и наблюдение на електродомакински уреди. Избран е вариант за централизирано управление и наблюдение чрез специализиран контролер, изпълняващ ролята на шлюз. Той реализира връзката между мобилните клиенти и всички управлявани и наблюдавани обекти, които са свързани в мрежа, използваща като физическа среда съществуващото захранващо окабеляване.

Основните характеристики на предлаганата система са следните:

- Лесно конфигуриране;
- Ниска цена, обусловена от използването на схеми с много висока степен на интеграция и отпадането на необходимостта от структурно окабеляване;
- Лесна мащабируемост и възможност автоматично отдалечено обновяване на програмното осигуряване;
- Висока степен на сигурност, обусловено от: използване синхронизация на обмена в мрежата, кодиране на данните във всеки пакет, възможност за шифриране на трафика между мобилните клиенти и шлюза посредством протокол SSL.

Литература

1. B. Rose, Home networks: A standard Perspective, (IN-Home Networking survey), IEEE Communication Magazine, Vol. 39, No.12, pp.78-85, Dec. 2001.
2. D. Valtchev, I. Frankov, Service Gateway Architecture for a Smart Home (IN-Home Networking survey), IEEE Communication Magazine, Vol. 40, No.4, pp.126-132, Apr. 2002.
3. C. Bisdikian, An overview of the Bluetooth Wireless technology (IN-Home Networking survey), IEEE Communication Magazine, Vol. 39, No.12, pp.86-94, Dec. 2001.
4. P. Иванов, Мобилно управление и наблюдение чрез J2ME приложения, сп. "Автоматика и Информатика", стр. 21-24, No.1, 2004.
5. <http://www.iriave.it/inglese/home.htm>
6. <http://www.brainboxes.com/products/bluetooth/index.asp>
7. <http://www.beck-ipc.com/ipc/product/>
8. <http://www.hth.com/snap/>

За контакти:

Доц. д-р инж. **Росен Иванов**
Катедра "Компютърни Системи и Технологии"
ТУ – Габрово
e-mail: rs-soft@ieee.org