

СИСТЕМА ЗА СИГУРНОСТ В ДОМОВЕТЕ НА БЪДЕЩЕТО

Георгиев С.^{1,2}, Колев Х.^{1,3}, Обрешков Н.¹, Лалев Е.¹

E-mails: stilliyan@gmail.com, hgkolev@gmail.com, nikola.obreshkov@gmail.com, lalemilian@gmail.com

1 ИМСТЦХА „Акад. Ангел Балевски“ – БАН, София, България

2 Институт по Невробиология – БАН, София, България

3 Институт по Катализ – БАН, София, България

Абстракт: Съвременните тенденции на развитие на електрониката и необходимостта от постоянно следене на обкръжаващата ни среда дават възможност за създаването на мултисензорни устройства, които са в състояние да следят изменението на околните параметри и правят достъпна тази информация в глобалната мрежа. Нещо повече, всяка система за сигурност в домовете на бъдещето трябва да отговаря на изискванията и на трите направления: сигнализиране при бедствия и аварии, медицински спешни случаи, известяване при влизане с взлом, както и да позволява следене и анализ на параметрите косвено свързани с човешкото здраве, самочувствие и работоспособност. В настоящата работа представяме една гъвкава, многофункционална и ергономична система, базирана на съвременните технологии. За измерване на параметрите на обкръжаващата ни среда са използвани модерни осезателни устройства, съчетани със силата и възможностите на микроконтролери. Получената от сензорите информация се предава в глобалната мрежа посредством междинен модул, който е в директна връзка със стандартен рутер за Internet. Използвайки мощните Internet технологии ние имаме възможност да съхраняваме получената информация и да я правим достъпността, от всяка точка на земното кълбо, в реално врем и в удобен за потребителите вид. Това позволява навременна реакция от тяхна страна и повишава сигурността им. Една такава система позволява своевременно сигнализиране при бедствия и аварии, както и осигуряване на здравословна среда за обитателите на домовете на бъдещето.

Сензорни системи за сигурност в настоящите сгради.

В настоящето умната сграда се представя като решение за подпомагане на ежедневието на хора с увреждания и възрастни хора, както и в областта на телемедицината. Умните сгради дават възможност за наблюдение на поведението на обитателите ѝ и повишават нивото на сигурност [1, 2]. Достъпността на процесори, безжична комуникация и сензори с ниска консумация позволява в съвременните умни сгради да бъдат поставени голям брой сензорни модули работещи паралелно и правещи анализ на постъпващите данни за състоянието на дома и действията на обитателите му. Най-често се употребяват *бинарни сензори* даващи информация за състоянието на обект или движение чрез единично число „1“ или „0“. Такива са сензорите за движение, с чиято помощ може да се установява местоположението на хората в къщата посредством сигнал „има движение“ или „няма движение“ и контактните сензори монтирани обикновено на вратите и даващи информация за състоянието – „отворено“ или „затворено“ [3]. Сензорите за температура, влажност, атмосферно налягане и осветеност дават повече информация за състоянието на средата от бинарните. Освен да предават текущата стойност на

измервания параметър, те лесно могат да класифицират стойностите като нормални, ниски или високи и да дават алармени съобщения, когато съответния параметър излезе от норма. Сензорът даващ най-детайлна картина за промените в средата е видеокамерата, но тя изисква най-голям обем памет и усилия за извличане на информацията.

Перспективи на сензорни системи за сигурност в домовете на бъдещето.

Доброто ниво и скорост на мобилните комуникации дава възможност за развитие на системите за сигурност. Последното позволява предаване на голям обем данни в реално време, и следене на параметрите на средата от произволна точка по света. Така възниква идеята за система за сигурност в домовете на бъдещето изградена на три основни стълба:

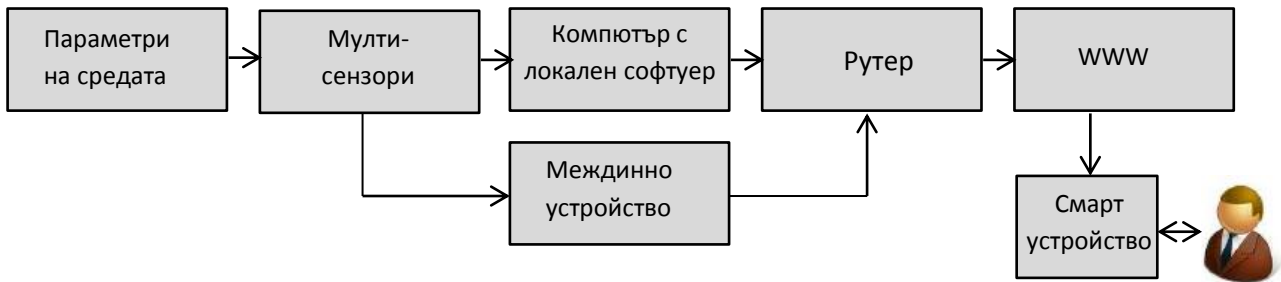
1. **Система за управление при бедствия и аварии.** В домакинството възникват ситуации, които не може да се предвидят. Късо съединение, забравена цигара или ютия може да станат причина за възникване на пожар. Неизправен вентил на газова бутилка може да доведе до изтичане на газ, най-често пропан-бутан и това да рязко да повиши опасността от взрив и пожар и да започне да измества кислорода от помещението. Забравеният воден кран може да доведе до наводнение в къщата.
2. **Система за известяване и реакция в случай на медицински проблем.** Наблюдение на възрастни хора [4]. Наблюдение на малки деца. Телемедицина [5].
3. **Система за известяване при влизане с взлом.** Включва в себе си сензори за движение и видеонаблюдение [6].

Достъпността на електронни компоненти с ниска консумация позволява в умни сгради на бъдещето да бъдат поставени голям брой сензорни модули работещи паралелно и правещи анализ на постъпващите данни за състоянието на дома и действията на обитателите му. Освен преките заплахи, възникнали в следствие на аварии, спешен медицински проблем или неразрешено проникване в дадено помещение, системата предоставя информация за начина по който всеки един от измерваните физически параметри на средата влияе върху здравословното състояние, самочувствие и работоспособност на обитателите.

Един от факторите на средата влияещи върху здравословния статус на човека са промяната в атмосферното налягане, което често се свързва с безсъние, умора, замаяност [7]; концентрацията на прахови частици е свързана с увеличен риск от белодробни заболявания, податливост към белодробни инфекции и намалена функция на белия дроб [8, 9]; ниската относителна влажност на въздуха е причинител на суха и раздразнена лигавицата на очите и дихателните пътища [10]. Температурата е друг важен фактор на стайната среда, който в комбинация с влажността влияе на работоспособността и общото състояние на организма [11] и е редно да бъде отчитан, наред с останалите параметри. Повишената концентрация на CO₂ води до влошена работоспособност и умора [12]. От друга страна, CO се свързва трайно с хемоглобина в кръвта и така пречи на преноса на кислород до тъканите, което води до нарушение на функциите на нервната и сърдечно-съдовата системи [13], т.е., отравяне на организма. В съвременните жилищни и работни помещения нискочестотните вибрациите нарушават усещането за комфорт [14], а шумът в околната среда е рисков фактор за повишеното кръвно налягане и може да има временни и трайни ефекти върху кръвоносната система [15] и да доведе до нарушения в съня [16]. Нивото на осветеност в жилищните и работни помещения също влияе на самочувствието, работоспособността и психологичния статус на човека [17]. С навлизането на мобилните технологии в бита, особено през последните две десетилетия, нивото на електромагнитна натовареност в големите градове се увеличи многократно. Ефектът върху човешкия организъм все още се проучва [18], но множество автори в това число и Европейската комисия [19] предполагат наличие на значим ефект на електромагнитните полета (от 1Hz до 300 GHz) върху човешкото здраве.

Една система за сигурност в домовете на бъдещето трябва да отговаря на изискванията и на трите направления: сигнализиране при бедствия и аварии, медицински спешни случаи, известяване при влизане с взлом, както и да позволява следене и анализ на параметрите косвено свързани с човешкото здраве, самочувствие и работоспособност. Допълнително системата трябва да позволява надграждане с допълнителни сензорни модули без това да снижава нейните качества и ефективност.

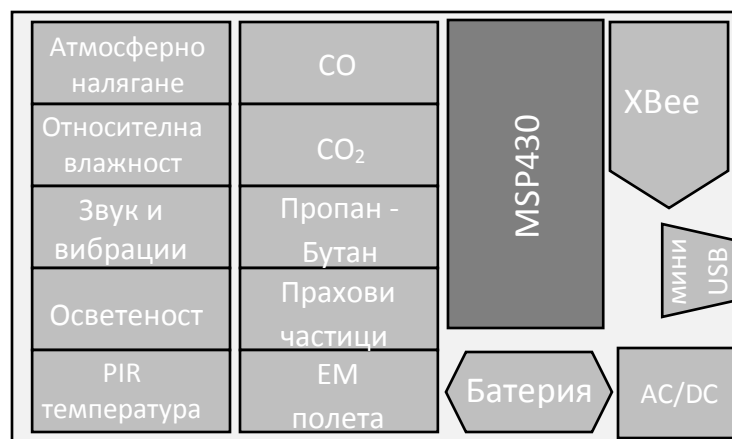
В отговор на тези изисквания ние предлагаме система от радиосвързани мултисензорни модули даващи информация за промените в средата в реално време.



Фиг. 1. Обща схема на функциониране на системата за сигурност в съвременните сгради

В настоящата работа ще разгледаме система от три типа мултисензорни модули следящи промените в параметрите на средата в закрити жилищни помещения, както и софтуера за обработка, анализ, предаване и визуализация на данните с цел известяване при бедствия и аварии, медицински спешни случаи, както и да позволява следене и анализ на параметрите косвено свързани с човешкото здраве, самочувствие и работоспособност.

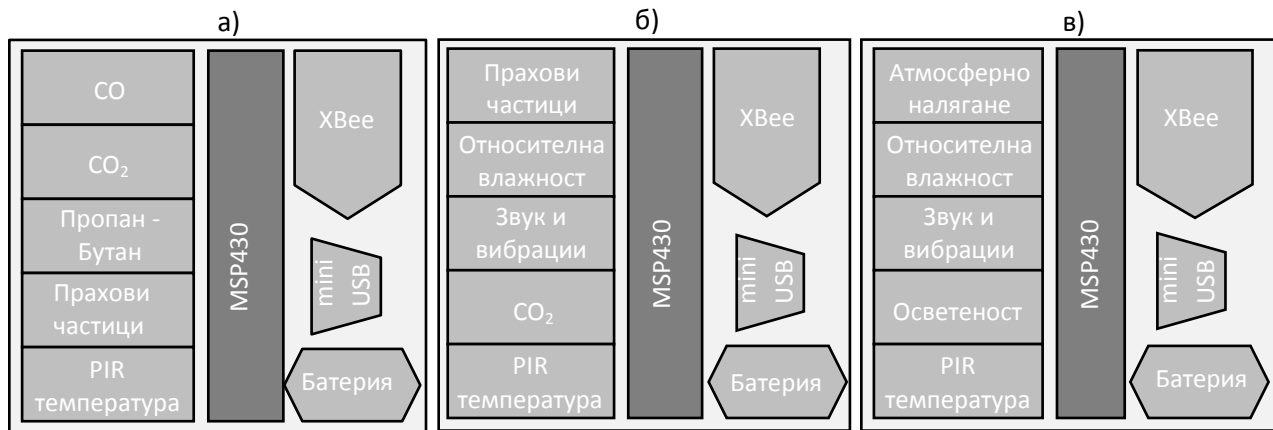
Ние предлагаме система изградена от три типа мултисензори. Мултисензор от 1-ви тип представлява устройство съчетаващо максимален брой сензорни единици в единен модул (Фиг. 2)



Фиг. 2. Мултисензор с адаптирани всички възможни сензорни елементи

Устройството в реално време обработва информацията постъпваща от отделните сензори и я предава по безжична XBee Mesh мрежа до персонален компютър. Мултисензорът от 1-ви тип се нуждае от захранване от електрическата мрежа, въпреки че има възможност за автоматично преминаване в автономен режим чрез захранване от батерия в случай на прекъсване на електрозахранването.

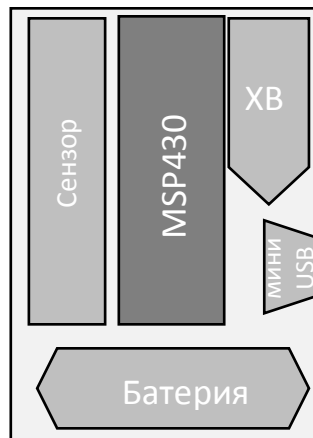
Мултисензорите от 2-ри тип са специализирани за различните помещения и съчетават в себе си по-малък брой сензорни единици. На фигура 3 са представени мултисензори от 2-ри тип за кухненско помещение (Фиг. 3а), спално помещение (Фиг. 3б) и всекидневна (Фиг. 3в).



Фиг.3. Мултисензор с адаптирани различни комбинации сензорни елементи

Мултисензорите от 2-ри тип се нуждаят от захранване през електрическата мрежа, но вградената батерия позволява автоматично преминаване в автономен режим в случай, че електрозахранването бъде прекъснато.

Мултисензорите от 3-ти тип (Фиг. 4) представляват устройства изградени само от един вид сензор управляван от процесор и предаващ сигнал в реално време по XBee мрежата. Този тип сензори са с най-ниска консумация и позволяват най-гъвкаво разпределение в помещенията според нуждите на потребителя.



Фиг. 4. Мултисензор с адаптиран единичен сензорен елемент и мрежа настроена в тип MESH

В системата за сигурност могат да се съчетават мултисензори от 1-ви, 2-ри и 3-ти тип без това да пречи или усложнява работата на системата.

Радиовръзката между отделните мултисензори се осъществява чрез вградени в тях XБee модули. Архитектурата на XБee мрежата позволява в нея да се прибавят или отнемат модулни единици без да се пречи на нормалната работа на останалите модулни единици.

Към системата от мултисензорни модули се добавят и сензори за отчитащи консумацията на електроенергия във всеки електрически контакт в дома. Сензорът позволява дистанционна проверка като предава информация за нивото на консумация при поискване посредством XБee радиомодул. По постъпилата информация може да се следи за забравен включен консуматор когато обитателите не са в дома си. Така сензорът за отчитане на електроконсумацията предпазва от възникване на пожари и може да послужи за подобряване на енергийната ефективност в дома.

Технически характеристики за осезателните елементи на сензора

Следене за наличие на пропан-бутан – Сензорът за газ MQ-6 (Henan Hanwei Electronics Co, Ltd) се характеризира с висока чувствителност към изо-пропан, бутан и други запалими газове, използвани в бита, но има ниска чувствителност към алкохоли и цигарен дим. Сензорната част е съставена от полупроводника SnO₂, който има по-малко съпротивление при чист въздух. Съпротивлението на чувствителния елемент се увеличава пропорционално на количеството газ в помещението. Подходящ е за откриване на изпускане на газ в домакинства и индустриални помещения. Захранва се с 5V захранващо напрежение при консумация на нагревателният елемент ≤ 900 mW, и допълнително за измервателната верига е необходимо 24V захранващо напрежение. Изходният сигнал се буферира с операционен усилвател, който позволява предварително усилване и калибриране на сигнала преди неговата цифрова обработка и анализ.

Следене на нивото на задименост – GP2Y1010AU0F е оптичен сензор за прахови частици позволяващ разграничаване между домашен прах и цигарен дим. Едно от предимствата му е възможността за промяна на импулсите на входа, което дава възможност за енерго - икономично управление при използване на сензора. Възможността за работата в икономичен режим, както и многовариантно захранване в интервала от 3 до 5 V, и сравнително ниската консумация от max 20 mA в пълен работен режим дава възможност за дълготрайно и нормално функциониране на сензора при използването на батерия. Наличието на линейна характеристика при работата на сензора в обхвата от 0 до 0.5 mg/m³ при грешка от 1.5% дава възможност за отчитане на коректни данни и при ниско ниво на прахови частици и/или задименост в помещенията.

Сензор за въглероден оксид – Сензорът за CO MQ-7 (Henan Hanwei Electronics Co, Ltd) се използва за определяне на относителната концентрация на въглероден оксид в жилищни и индустриални помещения. Както и при MQ -6 чувствителният материал на MQ -7 е SnO₂, които има по-ниска проводимост за чист въздух. Детекцията на CO се извършва чрез цикличен метода на висока и ниска температура. CO се адсорбира върху чувствителния елемент при ниска температура (нагряването се извършва с 1.5V). Проводимостта на сензора нараства при увеличаване на концентрацията на газа. При висока температура се постига при нагряване с 5.0V напрежение. Този цикъл се използва за почистване на сензора от остатъчни/други газове. Начин на работа на сензора изисква захранване, което се осъществява с две напрежения - 5V със 70 mA консумация на нагревателният елемент и 10V за измервателната верига. Както и при MQ - 6 за обработка на сигнала се използва буферен операционен усилвател. За нормалното

функциониране на сензора за CO MQ-7 е необходимо да се спазват следните условия: Абсолютно е забранено излагане на пара от органичен силиций, силно агресивни и кородиращи газове, основи, соли на алкални метали, халогенни замърсители, намокряне и замразяване. Също така е добре да се избягва кондензиране на вода върху сензора, използването му във високо концентрирана газова среда, изложени за дълго време в неблагоприятна среда, вибрации и сътресения.

Сензор за въглероден оксид – Сензорът за CO₂ MG811 (Henan Hanwei Electronics Co, Ltd) се характеризира с добра селективност за въглероден диоксид и може да се използва за контрол на качеството на въздуха и определяне на концентрацията на CO₂ в закрити помещения. За коректната работа на сензора е необходимо стабилизирано електрозахранване от 6V, както и нагряващо напрежение. Сравнително високата консумация от 200 mA изисква използване по-скоро на мрежово захранване, отколкото на батерия. Усилването на сигнала с операционен усилвател позволява по-лесната обработка на данните и техният анализ.

Сензор отчитащ нивото на електромагнитни вълни – Сензорът за измерване на електромагнитни излъчвания е изграден на базата на LMH2120 (Texas Instruments), който представлява детектор за мощност, особено подходящ за измерване на мощността на модулирани радиочестотни сигнали. Дава стабилно изходно напрежение, което линейно зависи от мощността на входната радио честота. Устройството работи със захранващо напрежение от 2.7V до 5V. Посредством този сензор могат да се регистрират електромагнитните излъчвания от различните типове безжични телефонни мрежи. Честотният диапазон на сензора е от 50 до 6000 MHz. Динамичният обхват е 40dB.

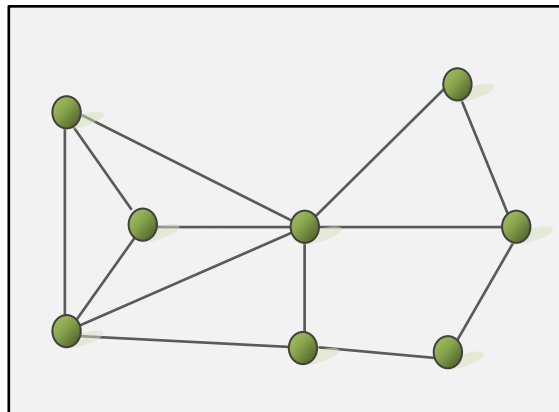
Следене на нивото на осветеност, шуми и вибрации – За определяне на осветеност, шум и вибрации се използват сравнително прости схеми с усилване и калибриране чрез операционни усилватели. Те също са енерго-икономични и ползват захранването на процесора – батерия от 3.3V. Осветеността се измерва с помощта на фоторезистор свързан като делител на напрежение. За сензор на шум се използва електретен микрофон, чийто сигнал се усилва с операционен усилвател в честотния диапазон между 40 и 16000Hz. За определяне нивото на нискочестотните механични вибрациите се използва пиезопластина, чийто сигнал е усилен и филтриран в честотния диапазон от 0.5 до 35Hz.

Камери разпознаващи образи – Стандартните камери за видеонаблюдение изискват постоянно присъствие на оператор и евентуално голям обем памет. Чрез употребата на софтуер използващ библиотека за компютърно зрение „Open CV“ видеоизображенията могат да се обработват в реално време и от тях да се извличат различни признаци на движещите се обекти, като тип на обекта, посока на движение, да се определя мястото в което даден обект прекарва най-много време, мястото, което даден обект избягва.

Сензори за движение – движението в дадено помещение може да се отчита, както със стандартните *бинарни* PIR сензори за движение основани на промяната на нивото в топлинната част от спектъра (между 5 и 15 μm), така и с термоелементи от типа на MLX90614, които могат да служат както за дистанционни термометри така и за детектори на движение.

Описаните сензорни елементи могат успешно да бъдат заменени с еквивалентни и от друг производител.

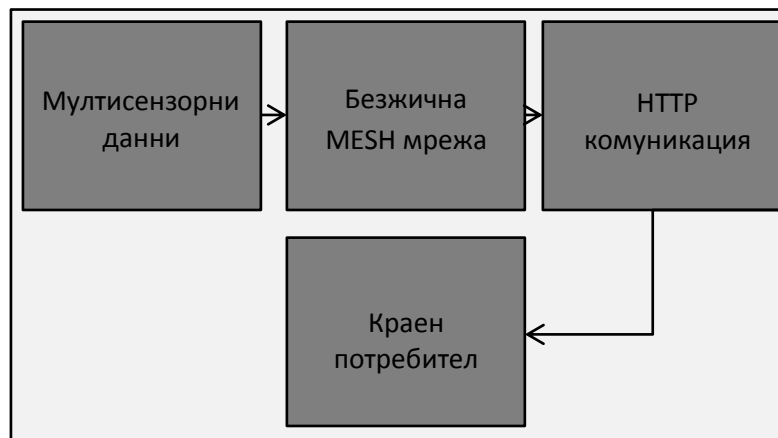
XBee мрежа: Безжичната комуникация е изградена от XBee [20] радио модули, базирани на стандарта IEEE 802 и изграждащи така наречената безжична MESH мрежа (фиг. 5). Това означава, че всеки радио модул в мрежата е отговорен не само за предаването на собствените си данни, но и за препредаване на данните, получени от други радио модули. Използването на MESH топология при изграждане на домашни безжични мрежи се ползва с все по-голяма популярност, заради високото покритие при минимален брой радио устройства [21].



Фиг. 5. MESH топология за безжични мрежи

Възможността да предава информацията на потребителски ориентиран Уеб портал в Internet и да се приемат команди от него създава прави изключително удобство за работа от всяка точка на земното кълбо.

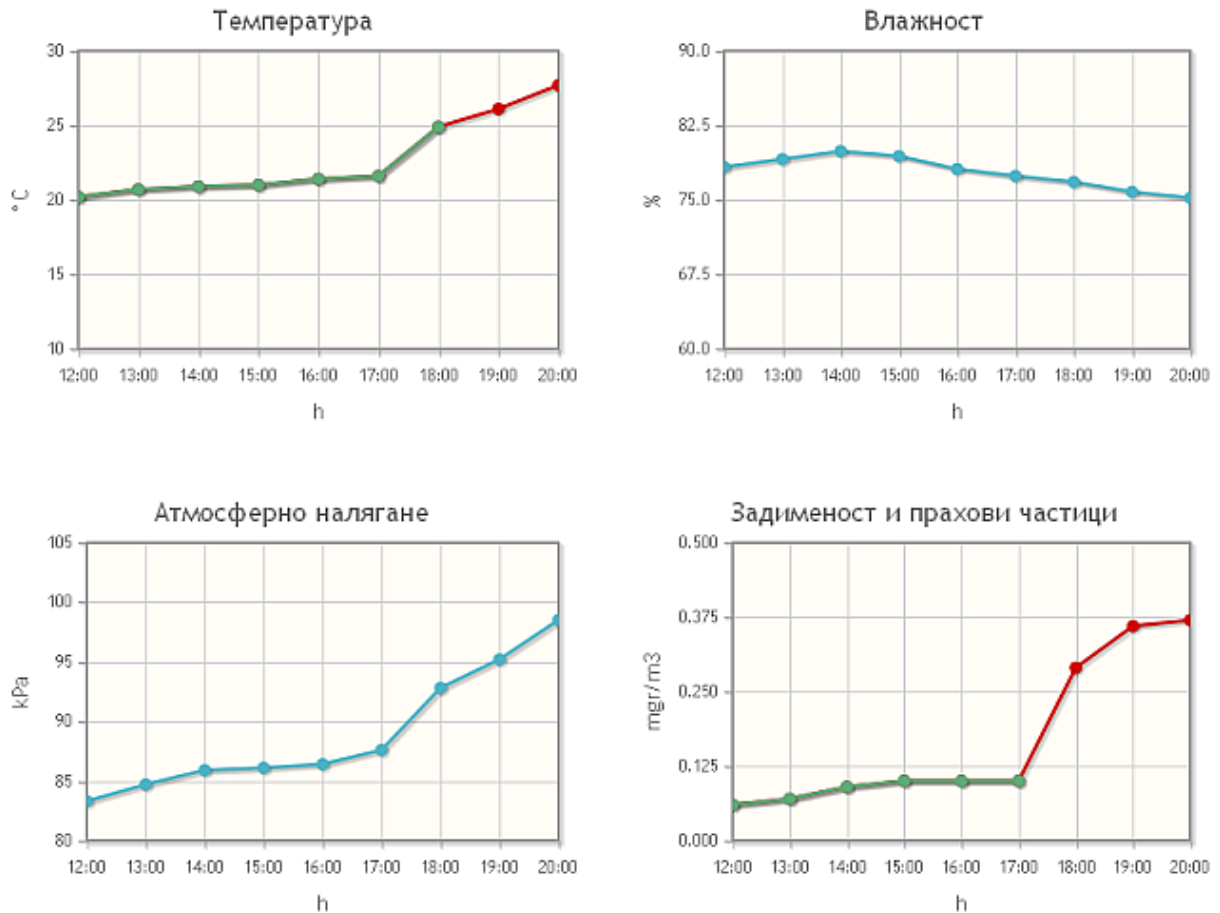
Пренос на данните: Данните, получени от мултисензора, трябва да бъдат пренесени по начин, позволяващ както свобода при неговата инсталация, така и голяма достъпност от крайния потребител. За тази цел комуникационната архитектура (фиг. 6) е изградена на две нива, безжична комуникация между мултисензора и *Internet* възел в къщата, и *HTTP* базирана комуникация за осигуряване на достъп до данните в *Internet*.



Фиг. 6. Комуникационна архитектура на преноса на данни

Визуализация и обработка на данните

Както беше отбелязано по-горе, мултисензорните данни, съхранявани в база данни, могат да бъдат достъпни от всяко свързано към *Internet* устройство. Тяхното визуализиране трябва да бъде по нагледен и интуитивен за разбиране и интерпретация начин. За тази цел е разработено уеб-базирано приложение (фиг. 8), чрез използване на добавката *jqPlot* [22] към популярната *javascript* библиотека *jQuery* [23].



Фиг. 7. Резултати, визуализирани в Уеб-базирано приложение на мултисензорните данни при статистика по час.

jQuery е свободна библиотека с отворен код за *javascript*, предназначена да подпомогне разработването на уеб приложения от клиентска страна (*client-side scripting*). Тя значително улеснява достъпа до елементите на така наречения обектен модел на уеб документа (*Document Object Model – DOM* [24]), както и предоставя възможност за изпращане на асинхронни *HTTP* заявки към уеб сървър в мрежата, наричани *AJAX* заявки. Основното предимство на *AJAX* технологията пред стандартните *POST* и *GET* заявки е, че отпада необходимостта от презареждане на цялото уеб приложение при актуализация на данните, с който работи. С други думи след като приложението се е заредило, то повече не се презарежда, а допълнителни *AJAX* заявки му подават най-новите данни за визуализация, което предполага по-малък трансфер на данни в *Internet*.

Както беше споменато, за самото визуализиране на мултисензорните данни се използва добавката *jqPlot* към библиотеката *jQuery*. Те предоставя необходимата функционалност за изчертаване на графики, диаграми, хистограми и др., което от своя страна дава удобство на потребителя да избира начина за визуализация на получената информация.

Актуализацията на данните се извършва на равномерни интервали настроени за тестовата система от по 10 секунди чрез изпращане на *AJAX* заявки към базата данни. Минималният интервал за предаване на нови данни е 1 сек. а максималният е ограничен на 6 часа. Новопостъпилите данни се визуализират спрямо текущия момент с осем часова история, даваща база за сравнение. За всеки от наблюдаваните параметри на обкръжаващата среда са зададени допустими интервали като при стойности извън тях, приложението ги маркира в червено (фиг. 7).

Освен за настоящия момент приложението предоставя възможност за преглед на данни с задна дата по задаване на различни времеви ограничения, в това число за минал период, статистики по час, ден, месец и др.

Заклучение:

Създадената от колектива система за известяване при бедствия и аварии, медицински спешни случаи, както и следене и анализ на параметрите, косвено свързани с човешкото здраве, самочувствие и работоспособност има следните предимства:

- **Гъвкавост:** Системата позволява комбинация от сензорни, мултисензорни и координиращи устройства без това да пречи на нормалния обмен на данни. Последното дава свободата на потребителя да не се придържа към някоя от гореописаните тактики за разполагане на сензорите. Разработените три типа сензорни модули и два вида координиращи устройства позволяват удобно и гъвкаво да се изгради сензорна мрежа в закрити помещения по желание и според потребностите на потребителя.

- **Функционалност:** Потребителят на системата има възможност онлайн или директно през домашния си компютър да настройва режима на работа на всеки отделен сензорен модул и на системата като цяло. Промените в режима на работа, както и настройките на всеки отделен сензор се осъществяват посредством софтуер инсталиран на *PC*, както и посредством Уеб базирана платформа.

- **Непрекъснатост:** Сензорите автоматично подават данни към координиращото устройство през определен период то време. Периодът може да се определя строго индивидуално за всеки сензор включен в сензорния модул. Минималният интервал за предаване на нови данни е 1 сек. а максималният е ограничен на 6 часа.

- **Енергоикономичност:** сензорите могат да работят в режим на ниска консумация и се „събуждат“ от потребителя при подаване на команда „отчети и върни стойност“. След изпълнение на командата, сензорните модули отново преминават в режим на ниска консумация.

Авторите благодарят за оказаната финансовата подкрепа на ФНИ, осъществена чрез договор ДФНИ Т-01/4.

Библиография

- [1] Marie Chan, Daniel Est`eve, Christophe Escriba, Eric Campo. A review of smart homes—Present state and future challenges. *computer methods and programs in biomedicine* 91 (2008) 55–81.
- [2] Liyanage C. DeSilva, Chamin Morikawa, Iskandar M. Petra. State of the art of smart homes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 25 (2012) 1313–1321.
- [3] Dan Ding, Rory A. Cooper, Paul F. Pasquina, Lavinia Fici-Pasquina. Sensor technology for smart homes. *Maturitas* 69 (2011) 131–136.
- [4] Marie Chan, Eric Campo, Daniel Esteve, Jean-Yves Fourniols. Smart homes — Current features and future perspectives. *Maturitas* 64 (2009) 90–97.
- [5] Blaine Reeder, Ellen Meyera, Amanda Lazar, Shomir Chaudhuri, Hilaire J. Thompson, George Demiris. Framing the evidence for health smart homes and home-based consumer health technologies as a public health intervention for independent aging: A systematic review. *International journal of medical informatics* (2013).
- [6] M.H. Husin, E.B. Tening, M.F.M. Sabri. Design & Implementation of Home Security System using Verilog-HDL. *Procedia Engineering* 50 (2012) 800 – 807.
- [7] Chris Imraya, Alex Wright Andrew Subudhi, Robert Roache. (2010). Acute Mountain Sickness: Pathophysiology, Prevention, and Treatment. *Progress in Cardiovascular Diseases* **52**, 467–484.
- [8] J.Karr, Carole B. Rudra, Kristin A. Miller, Timothy R. Gould, Timothy Larson, Sheela Sathyanarayana, Jane Q. Koenig. (2009). Infant exposure to fine particulate matter and traffic and risk of hospitalization for RSV bronchiolitis in a region with lower ambient air pollution. *Catherine Environmental Research* **109**, 321–327.
- [9] L.S. Nakayama Wong, H.H. Aung, M.W. Lamé, T.C. Wegesser, D.W. Wilson. (2011). Fine particulate matter from urban ambient and wildfire sources from California’s San Joaquin Valley initiate differential inflammatory, oxidative stress, and xenobiotic responses in human bronchial epithelial cells. *Toxicology in Vitro* **25**, 1895–1905.
- [10] Peder Wolkoff, Soren K. Kjaergaard (2007). The dichotomy of relative humidity on indoor air quality. *Environment International* **33**, 850–857.
- [11] Marco Morabito, Alfonso Crisci, Marco Moriondo, Francesco Profili, Paolo Francesconi. (2012). Air temperature-related human health outcomes: Current impact and estimations of future risks in Central Italy. *Science of the Total Environment* **441**, 28–40.
- [12] Susan A. Rice (2004). Human health risk assessment of CO₂: Survivors of acute high-level exposure and Populations sensitive to prolonged low-level exposure. Third annual conference on carbon sequestration. May 3-6.
- [13] Yona Amitai, Zoli Zlotogorski, Vered Golan-Katzav, Anya Wexler, Ditz Gross. (1998). Neuropsychological Impairment From Acute Low-Level Exposure to Carbon Monoxide. *Arch Neurol* **55** (6), 845-848.
- [14] S. P. Nhleko, M.S. Williams, A. (2009). Blakeborough. Vibration Perception and Comfort Levels for an Audience Occupying a Grandstand with Perceivable Motion. *Proceedings of the IMAC-XXVII* February 9-12.
- [15] Ta-Yuan Chang, Chiu-Shong Liu, Hsiu-Hui Hsieh, Bo-Ying Ba, Jim-Shoung Lai. (2012). Effects of environmental noise exposure on 24-h ambulatory vascular properties in adults. *Environmental Research* **118**, 112–117.
- [16] Alain Muzet. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*. **11**, 135–142.
- [17] Veitch, J. A. (2001). Psychological processes influencing lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society* **30** (1), 124-140.
- [18] Stephen J. Genuis (2008). Fielding a current idea: exploring the public health impact of electromagnetic radiation. *Public Health*. **122** (2), 113-24.
- [19] http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihp/docs/scenihp_o_006.pdf
- [20] <http://www.zigbee.org/>

- [21] B.E. Bilgin, V.C. Gungor. Performance evaluations of ZigBee in different smart grid environments. *Computer Networks* 56 (2012) 2196–2205.
- [22] <http://www.jqplot.com/>
- [23] <http://jquery.com/>
- [24] <http://www.w3.org/DOM/>