

MODULE FOR CONTACTLESS MEASURING OF SURFACE TEMPERATURE OF DISTRIBUTED OBJECTS IN THERMAL ZONE

МОДУЛ ЗА БЕЗКОНТАКТНО ИЗМЕРВАНЕ НА ПОВЪРХНОСТНАТА ТЕМПЕРАТУРА НА РАЗПРЕДЕЛЕНИ ОБЕКТИ В ТОПЛИННА ЗОНА

Kalin Lachezarov Dimitrov, Stanyo Veselinov Kolev

Department of Radiocommunications and Videotechnologies, Technical University of Sofia,
8, Kl.Ohridski Blvd., 1000, Bulgaria, phone: +359 2 965 3145,
e-mail: kld@tu-sofia.bg, skolev@tu-sofia.bg

Калин Лъчезаров Димитров, Станьо Веселинов Колев

Катедра Радиокомуникации и видеотехнологии, Технически университет - София,
Бул. Кл. Охридски, 8, пк.1000, България, тел.: +359 2 965 3145,
e-mail: kld@tu-sofia.bg, skolev@tu-sofia.bg

Keywords: infrared thermograph contact less temperature measurement

Резюме – В работата се разглежда модул за безконтактно измерване на повърхностна температура на разпределени обекти в топлинна зона в рамките на помещение в сграда. На базата на собственото излъчване на областите от обектите, попадащи в зоната на видимост на сензорите се съди за тяхната температура. Взети са под внимание влиянието на страничните лъчения, излъчването от атмосферата, разстоянието, вида на сензорите и др. Модулът е част от по-голяма система за енергийна ефективност, мониторинг и управление на сгради. Модулът измерва едновременно няколко зони на интерес, като данните се предават за по-нататъшна обработка с цел търсене на връзки, установяване на проблеми, правене на изводи и др.

Abstract – The work is considered a module for contactless measurement of surface temperature of distributed objects in thermal zone in the room in the building. Based on his own radiation areas of the objects within the area of vision of sensors are measured their temperature. It is taken into account the impact of rear radiations, emission by the atmosphere, the distance, the type of sensors, etc. The module is part of a larger system for energy efficiency, monitoring and management of buildings. The module simultaneously measured several areas of interest, such data are transferred for further processing to search links establishment of problems, making inferences and others.

1. УВОД

В много държави все още не се използват големите възможности, базирани на комуникационни технологии за да се вземат сериозни мерки във връзка с енергийната ефективност. Проблемът с въвеждането на подобни технологии за управлението на енергията е, както едно предизвикателство, така и една голяма възможност. В глобален мащаб ако не се намали употребата на енергия, цената ѝ ще продължи да се повишава, а ефектите от климатичните промени ще имат негативно отражение върху живота на хора.

Тази ситуация започва да се променя значително, благодарение на инициативите на научните среди и политическите процеси. Необходимо е да се анализират всички възможности с крайно ползване на енергия. Възможностите за спестяване възлизат на почти половината от сегашната употреба на енергия, въпреки че в някои държави се достигат величини по-високи от средните.

Една от основните пречки за постигане на енергийна ефективност е липсата на знания и конкретни данни както за домовете и предприятията, така и във всички сфери на обществото, поради което е необходима една обща стратегия, чрез която да се предостави на всяка една от тези групи необходимия инструментариум за измерване, контрол и управление.

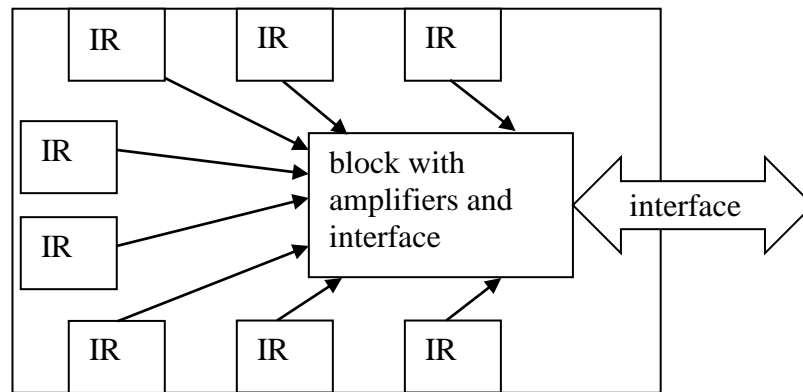
Най-чистата енергия е неизразходваната енергия. Едни от ключовете за енергоспестяване са интелигентното управление и енергийният мениджмънт. Това са едни от най-ефективните стратегии за спестяването на електричество и топлинна енергия. Необходимо е постоянно да се ограничава консумацията и да се повишава енергийната ефективност. Това се постига като се следи потреблението на енергия със системи за енергиен мениджмънт, както и чрез интегрирането на енергоспестяващи продукти и решения в сградите, индустрията и обществения транспорт [1-6]. В комбинация всички тези мерки допринасят за един устойчив енергиен баланс в бъдеще.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ И ТЕОРЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Модулът за безконтактно измерване на температурата е разработен във връзка със създаването на мониторингова система за енергийната ефективност. Системата се състои от диспечерска станция и мониторингови локални станции, разположени в наблюдаваните пространства – стаи, зали, коридори, абонатни станции и др. Модулът се разполага в близост до локалните станции и се свързва към тях с кабел, по който се захранва и към който предава данни от отделните сензори по токов кръг. В локалната станция данните се подлагат на първична обработка, като се филтрират и осредняват за зададен период от време, например 1 минута. Тези данни, заедно с данните от другите сензори се предават към диспечерската станция по радиоканал, който може да бъде и GSM-GPRS. В диспечерската станция за всеки сензор се въвежда индивидуална калибровъчна крива. След това данните от модула се обработват съвместно, както и с отчитане на данни от други сензори за определяне на желаните

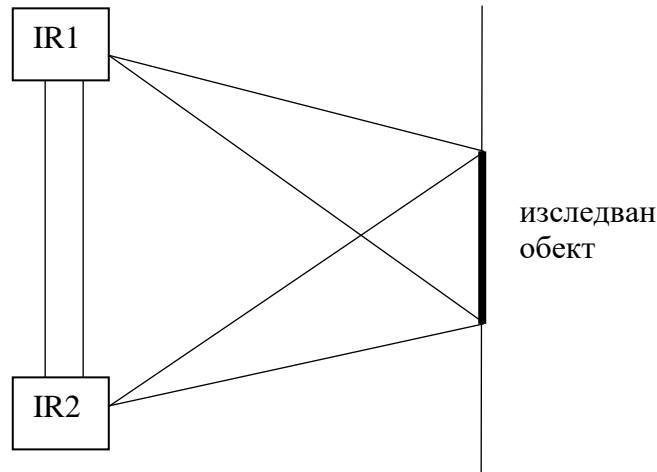
параметри, свързани с енергийната ефективност. При зададени аварийни нива диспечерската станция алармира дежурния оператор и може да изпрати съобщение по GSM канал или по Интернет. Данните от всички измервания се архивират и при необходимост се подлагат на допълнителна обработка.

Използването на множество сензори дава възможност да се измерват различни обекти или области (фиг.1).



Фиг.1. Блокова схема

Използването на множество сензори дава възможност да се намали грешката при измерване на един и същи участък от съответния обект (фиг.2).



Фиг.2. Схема на разнесено приемане на оптичен поток от изследван обект

Обемът атмосфера, който се загражда от ъглите на виждане в значителна част се различава в двата случая (фиг.2). Това е причина за интерес по отношение на това, че при движение на въздуха в помещението се очаква да има нееднакви промени на атмосферната екстинкция и температура в двата обема. Оценката на влиянието на атмосферата се прави, като се използва уравнението на преноса на лъчиста енергия в разсейваща, поглъщаща и излъчваща среда [7] :

$$\frac{dL_\lambda}{dz} = -(\alpha^{(s)} + \alpha^{(a)})L_\lambda + \alpha^{(a)}L_\lambda^{bb} + \frac{\alpha^{(s)}}{4\pi} \int_{4\pi} L'_\lambda P_A d\Omega', \quad (1)$$

където z е текущото разстояние между обекта и приемника, $\alpha^{(s)}$ и $\alpha^{(a)}$ са характеристики на разсейването и поглъщането на атмосферата, P_A е индикатрисата на разсейване. Най-общо трите събираеми в дясната част могат да се характеризират, както следва: разсейване и поглъщане от атмосферата, собствено излъчване на атмосферата, разсейване на други лъчения в посока на приемника. На базата на (1) като са използвани, оправдани за голяма част от реалните случаи приближения [7] се получава връзката

$$\Phi_r = \Phi_t + \Phi_a = A_r \Omega_r \tau_r \varepsilon_t \exp[-(\alpha^{(s)} + \alpha^{(a)})Z] V(T_t; \lambda_1, \lambda_2) + A_r \Omega_r \tau_r \frac{\alpha^{(a)}}{\alpha^{(s)} + \alpha^{(a)}} \left\{ 1 - \exp[-(\alpha^{(s)} + \alpha^{(a)})Z] \right\} V(T_a; \lambda_1, \lambda_2), \quad (2)$$

където A_r е входната апертура на приемника, Ω_r е ъгълът на виждане на приемника, ε_t е коефициентът на излъчване на изследвания обект, T_t е температурата на обекта, T_a е температурата на атмосферата. Функцията V се дефинира, като

$$V(T; \lambda_1, \lambda_2) = \frac{1}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} M^{bb}(\lambda, T) d\lambda. \quad (3)$$

За пресмятането на интеграла от (3) се използват числени методи [8].

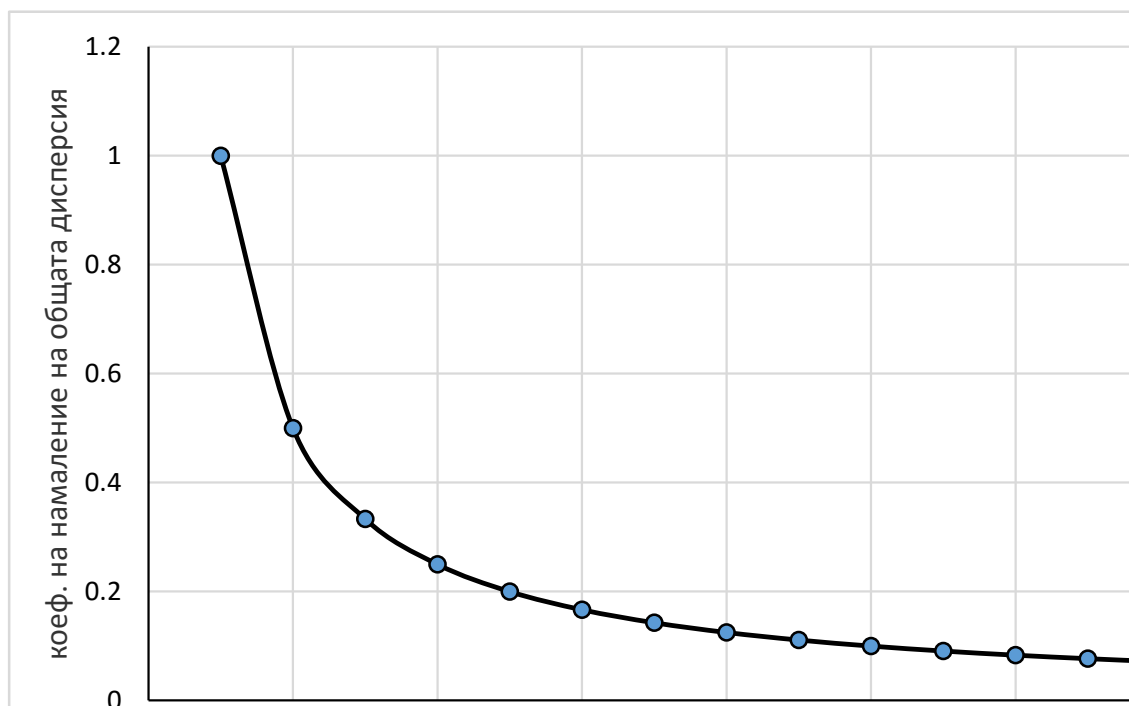
Попадането на потока Φ_a в съответния приемник [9] води до преобразуването му в съответстващо напрежение U . Това напрежение е случайна величина, зависеща от случайните изменения на $\alpha^{(s)}$, $\alpha^{(a)}$ и T_a . Приемаме, че тези изменения са съществено независими в двата обема (фиг.2). Използваме осредняване на двете напрежения от двата сензора и като използваме [10] получаваме съответно резултати за математичните очаквания и дисперсиите

$$U = \frac{U_1 + U_2}{2}, \quad m_U = \frac{m_{U_1} + m_{U_2}}{2}, \quad \sigma_U^2 = \frac{\sigma_{U_1}^2 + \sigma_{U_2}^2}{4} \quad (4)$$

За разглеждания случай, ако приемем, че дисперсиите $\sigma_{U_1}^2$ и $\sigma_{U_2}^2$ са равни имаме двойно намаление на σ_U^2 .

Ако обаче измененията в двата обема на фиг.2 не са съществено независими, то в третото уравнение на (4) се появява допълнително събираемо, отразяващо връзката между случайните величини.

Идеализирания случай на намаление на дисперсията на резултатния сигнал при увеличаване на броя на независимо измерващите сензори е показан на фиг.3.



Фиг.3. Намаление на общата дисперсия при увеличаване на броя на сензорите, даващи независими резултати

За да представляват не само теоретичен а и практически интерес тези отклонения, е необходим значителен обем въздух и значителна екстинкция.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният модул дава възможност за безконтактно измерване на повърхностна температура на разпределени обекти в топлинна зона в рамките на помещение в сграда. Модулът е по-евтин от алтернативно използване на няколко термокамери и е със задоволителни възможности за широк кръг от приложения. Модулът е създаден и е интегриран като част от по-голяма система за енергийна ефективност, мониторинг и управление на сгради. Реализирано е измерване едновременно на няколко зони на интерес с цел търсене на връзки и установяване на проблеми свързани с охлаждане или загряване.

Модулът е предназначен за използване в договор № ДУНК-01/3 от 2009 г., "Създаване на Университетски научно-изследователски комплекс (УНИК) за иновации и трансфер на знания в областта на микро/нано технологии и материали, енергийната ефективност и виртуалното инженерство".

4.ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Ghahramania, G. Castroa, B. Becerik-Gerberb, X. Yu, "Infrared thermography of human face for monitoring thermoregulation performance and estimating personal thermal comfort", *Building and Environment*, Elsevier, Vol. 109, pp.1–11, 2016.
- [2] T. Taylor, J. Counsell, S. Gill, "Energy efficiency is more than skin deep: Improving construction quality control in new-build housing using thermography", *Energy and Buildings*, Elsevier, Vol. 66, pp.222-231, 2013.
- [3] H. Zou, F. Huang, "A novel intelligent fault diagnosis method for electrical equipment using infrared thermography", *Infrared Physics & Technology*, Vol. 73, pp.29-35, 2015.
- [4] A. Watase, R. Birgul, S. Hiasa, M. Matsumoto, K. Mitani, F. N. Catbas, "Practical identification of favorable time windows for infrared thermography for concrete bridge evaluation", *Construction and Building Materials*, Vol.101, Part 1, pp.1016-1030, 2015.
- [5] K.J. Brown, R. Farrelly, S.M. O'Shaughnessy, A.J. Robinson "Energy efficiency of electrical infrared heating elements", *Applied Energy*, Vol. 162, pp. 581-588, 2016.
- [6] Б. Станков, , Н. Калоянов, "Модели на топлопреносните процеси в невентилируема стена на Тромб", *XVI Scientific Conference with International Participation – FPEMP*, , *Bulgaria, Sozopol* , vol. 1, pp.187-197, 2011.
- [7] Е. Фердинандов, *Основи на оптоелектрониката*, София, Техника, 1993.
- [8] J. V. Iribarne, H.R. Cho, *Atmospheric Physics*, Springer Science & Business Media, 2012.
- [9] К. Димитров, Количествен сравнителен анализ на методи за радиометрично измерване на температура Електротехника и електроника, *E+E*, pp. 43-47, 2009.
- [10] G. Fiche, G. Hebuterne, *Mathematics for Engineers*, John Wiley & Sons, 2013.