

PIR senzor i sferno Fresnelovo sočivo kao sistem

Miloš S. Janković

Mentori: Saša A. Vukosavljev, Boris A. Radin

Sadržaj — U radu je opisan PIR (Pyroelectric Infra-red Radial) senzor i sferno Fresnelovo sočivo kao sistem koji se obično koristi u aplikacijama odnosno uređajima za otkrivanje pokreta. Analizirani su problemi koji se javljaju pri uparivanju ove dve komponente, kao i način ispitivanja u cilju dobijanja objektivne ocene performanse ovog sistema.

I. UVOD

Sistemi za otkrivanje pokreta su jedan od osnovnih modula u aplikacijama, odnosno uređajima koji za cilj imaju uštedu energije, produženje radnog veka upravljanim delovima određenih uređaja, sigurnosnim sistemima, itd. [1]. Otkrivanje pokreta podrazumeva korišćenje senzora koji na osnovu promene fizičke veličine vezane za pokret u okolini (ambijentu), menja električne veličine (napona, struje) na izlazu.

PIR senzor detektuje promene u spektru IR (Infra-Red) zračenja, odnosno, detektuje promene u temperaturi. Ovde je iskorišćena činjenica da je čovek ili neka druga živa bića, izvor IR zračenja. Senzor u sebi ima piroelektrični element koji menja svoju količinu naelektrisanja sa promenom temperature, odnosno promene IR zračenja koje pada na njega. Veličina IR izvora, odnosno pokreta, ima značajan uticaj na osetljivost senzora. Veći izvor zrači većom energijom i senzor ga lakše detektuje. Takođe, senzor je osetljiviji ako je razlika temperature između izvora i ambijenta veća. [2], [3]. Tipičan PIR senzor je predstavljen na Sl. 1.



Sl. 1. PIR senzor



Sl. 2. Sferno Fresnelovo sočivo

Ovu komponentu karakteriše piroelektrični element koji se nalazi ispod prozora na kućištu. Taj senzorski element može biti sastavljen od jedne ili više IR prijemne elektrode. Broj IR elektroda direktno je proporcionalan osetljivosti samog senzora. Takođe, jedna od važnih karakteristika ove komponente je i opseg napona napajanja, jer on ima uticaja na izlazni signal. Izlazni signal je stabilan na polovini napona napajanja kada nema

pokreta. Kada PIR senzor oseti promenu u IR zračenju, izlazni signal zaosciluje oko te stabilne vrednosti. Za veći napon napajanja, signal ima veće amplitude oscilacija, odnosno osetljiviji je. Opseg napona napajanja je obično 3 do 15V.

Drugi deo sistema je Fresnelovo sočivo, koje služi da se usmere zraci IR zračenja na PIR senzor čime se poboljšava osetljivost sistema, domet otkrivanja, kao i vidni (ugaoni) opseg. Za istu žižnu daljinu, Fresnelovo sočivo je manje, odnosno tanje, a samim tim i jeftinije od običnog sfernog sočiva. To je postignuto time što je površina sočiva sačinjena od više manjih sočiva, odnosno segmenata. Međutim, mana Fresnelovog sočiva je što se zbog nehomogene strukture pojavljuju slepe zone u vidnom polju sočiva, koje dolaze do izražaja na većim udaljenostima. Primer jednog sfernog Fresnelovog sočiva dat je na Sl. 2.

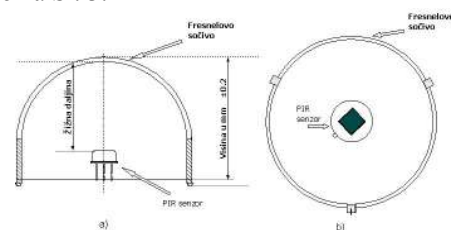
Bitne karakteristike ove komponente, koje daje proizvođač, su žižna daljina, broj segmenata, ugaoni opseg. [1], [4].

Mogući problemi koji utiču na rad ovog sistema su: tolerancije pri proizvodnji komponenti, montaža na štampanu ploču (PCB) jedne komponente u odnosu na drugu, uticaj temperature, itd.

Rad se sastoji od pet poglavlja. Drugo poglavlje opisuje izgled sistema i njegovo očekivano ponašanje. U trećem poglavlju su opisani i analizirani pomenuti problemi koji imaju značajnog uticaja na rad sistema. Četvrto poglavlje razmatra moguće načine ispitivanja i verifikacije performansi ovog sistema. U petom poglavlju su opisani načini ispitivanja i i rezultati ispitivanja ovog sistema.

II. OPIS SISTEMA I OČEKIVANO PONAŠANJE

U cilju dobijanja najbolje performanse sistema (vidne površine, osetljivosti, rastojanja, ugaonog opsega, itd), PIR senzor se postavlja u centru i na žižnoj daljini sočiva, prikazano na Sl. 3.



Sl. 3. Izgled sistema: a) Pogled sa strane
b) Ortogonalni pogled

Performansa sistema zavisi od veličine, oblika, broja segmenata sočiva, kao i od same osetljivosti PIR senzora.

- Veličina i oblik sočiva direktno imaju uticaj na ugaoni opseg, a zajedno sa visinom postavljanja sistema, na

Miloš Janković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-63-8468343, e-mail: milos.jankovic@rt-rk.com)

Saša A. Vukosavljev, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801201, e-mail: sasa.vukosavljev@rt-rk.com)

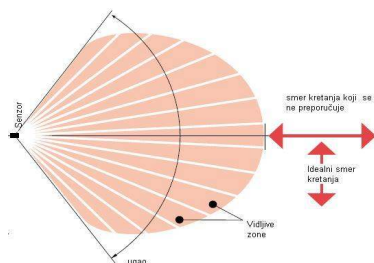
Boris A. Radin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801201, e-mail: boris.radin@rt-rk.com)

veličinu vidne površine. Kod malih sfernih sočiva, ugaoni opseg je obično oko 120°.

- Od broja segmenata sočiva zavisi broj i veličina vidljivih/slepih zona u ugaonom opsegu. Za manji broj segmenata sočiva dobija se manji broj slepih zona ali time, sa rastojanjem od sočiva, raste i njihova veličina. Otkrivanje unutar slepe zone nije moguće, pa se sa rastojanjem smanjuje osetljivost sistema na manje pokrete pod određenim uglom, tj. vidna površina nije više homogena. Kod malih sfernih sočiva, domet otkrivanja je oko 6m za veće pokrete, dok je za manje pokrete domet oko 3m.

Na osnovu predhodnih konstatacija, sistem će bolje otkrivati pokrete čiji pravac seče vidljive/slepe zone, nego pokrete čiji je pravac duž zona odnosno vidnog polja sistema.

Izgled ugaonog opsega i zona, kao i pravac kretanja, predstavljen je na Sl. 4. [3]



Sl. 4. Vidno polje sistema

III. ANALIZA PROBLEMA

Osetljivost sistema zavisi od brojnih parametara na koje projektant sistema ne može značajno da utiče, kao što su npr. veličina IR izvora, njegova brzina kao i smer kretanja, itd. Međutim, postoje problemi (parametri) koji mogu značajno da utiču na performanse sistema, kao što su tolerancije komponenti, montaža jedne komponente u odnosu na drugu, temperatura ambijenta, i na njih se mora obratiti posebna pažnja pri projektovanju sistema.

A. Uticaj tolerancija komponenti i njihova montaža jedna u odnosu na drugu

Tolerancije pri proizvodnji komponenti su navedene u tehničkoj dokumentaciji za svaku komponentu pojedinačno. Najgori slučaj je ukupna suma svih tolerancija. Za plastična sferna Fresnelova sočiva, tolerancija na visinu iznosi oko $\pm 0.2\text{mm}$ (zavisno od proizvođača) dok je tolerancija visine PIR senzora $\pm 0.1\text{mm}$. Odavde sledi da će senzorski element biti u najgorem slučaju odmaknut oko 0.3mm od žiže. Kako su žižne daljine ovakvih sočiva reda 10mm, to iznosi 3% greške od tačnog položaja, ne računajući grešku pri montaži.

Montaža sočiva je unapred definisana tako da ono bude pričvršćeno što bolje uz PCB, pa samim tim ne utiče na rad sistema osim tolerancijom, dok je PIR senzor TH (through-hole) komponenta, i pri montaži može znatno da utiče na rad sistema zajedno u zbiru sa predhodno pomenutim tolerancijama. Montaži PIR senzora treba posvetiti više pažnje za razliku od ostalih TH komponenti, jer on mora

da bude postavljen na tačnoj visini od PCB-a, odnosno u žiži sočiva. Odavde sledi da se na predhodno razmatrano odstupanje od 0.3mm od žižne daljine, dodaje još i greška pri montaži PIR senzora. Potrebno je ispitati kako ove greške utiču na rad sistema. Treba očekivati uticaj na ugaoni opseg i da će se uglovi na kojima su slepe zone, pomeriti.

B. Uticaj temperature

Pošto PIR senzor otkriva promenu u IR zračenju, odatle sledi da na ovaj sistem ima uticaj temperatura ambijenta kao i temperatura samog objekta kojeg otkriva. Što je veća temp. razlika između objekta i ambijenta, osetljivost je veća, a samim tim i domet otkrivanja.

Kako se ovaj sistem najčešće primenjuje u aplikacijama gde se otkriva ljudsko telo kao izvor kretanja, to znači da će otkrivanje biti bolje kada je hladnije nego kada je toplije, jer se ljudsko telo uzima kao konstantan izvor IR zračenja.

Međutim, promena temperature direktno utiče na ponovljivost merenja i potrebno je ili držati konstantnu temperaturu ambijenta i izvora IR zračenja, ili uspostaviti konstantnu razliku između ove dve temperature, kako bi se dobila precizna slika o performansama sistema pri merenju.

IV. NAČIN ISPITIVANJA SISTEMA

Mogući načini ispitivanja su: ispitivanja na laboratorijskom nivou i ispitivanja na aplikativnom nivou. Ako se želi dobiti precizna slika o performansama sistema ili da se potvrdi očekivano ponašanje, ispitivanja se moraju izvoditi pod kontrolisanim uslovima sa predhodno podešenim parametrima koji utiču na merenje. Ovim se ujedno i obezbeđuje ponovljivost merenja. Ovakav način se odnosi na ispitivanje na laboratorijskom nivou. Kada se želi videti kako se sistem ponaša u realnim uslovima, podrazumeva se ispitivanje na aplikativnom nivou. U ovom slučaju, ponovljivost merenja nije 100% moguća.

A. Laboratorijski nivo

Cilj ispitivanja ovog sistema na laboratorijskom nivou je da se dobije precizna slika o njegovim performansama (ugaoni opseg, osetljivost na daljinu, slepe zone, kako utiču pomenuti problemi na rad, itd.).

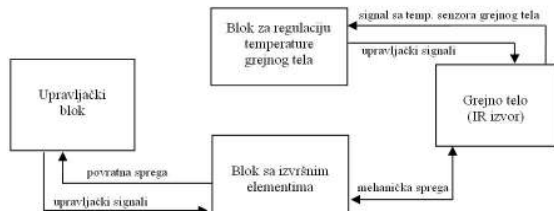
Uređaj za ispitivanje performansi sistema na laboratorijskom nivou, treba da poseduje sledeće mogućnosti:

1. Kontrolu temperature izvora IR zračenja (grejnog tela)
2. Preciznu kontrolu kretanja (dužina i brzina) grejnog tela.

Najadekvatnije merenje je u prostoriji koja ima mogućnost kontrole temperature ambijenta, i u tom slučaju je potrebno samo održavati konstantnu temperaturu IR izvora na određenoj vrednosti iznad ambijentalne temp. Međutim, to obično nije na raspolaganju, pa se onda može iskoristiti činjenica, da je PIR senzor osetljiv na temperaturnu razliku između ambijenta i izvora, tako što se napravi IR izvor sa kontrolisanom temperaturom, sa ciljem da se dobije uvek konstantna razlika u odnosu na ambijentalnu temperaturu.

Ovim je eliminisan uticaj manjih promena ambijentalne temperature koje su inače sporo promenljive. Ovde treba napomenuti da IR izvor treba da bude crne boje, jer je njen koeficijent IR zračenja 0.96, što je najbliže koeficijentu IR zračenja ljudskog tela koje iznosi 0.98. [5].

Za potrebe ispitivanja, čiji su rezultati prikazani u poglavlju V, razvijen je jedan takav uređaj čija je blok šema prikazana na Sl. 5. Ovim uređajem izvedena je simulacija malih pokreta ljudske šake (mahanje šakom).

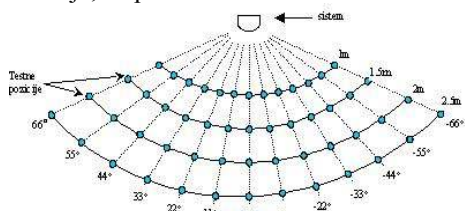


Sl. 5. Uređaj za simulaciju malih pokreta

- Grejno telo (IR izvor) je aluminijumska pločica debljine 2.5mm radi što uniformnije raspodele temperature, odnosno IR zračenja, i površine 120cm², što predstavlja prosečnu veličinu ljudske šake.
- Blok za regulaciju temp. grejnog tela ima ulogu održavanja konstantne razlike između temperatura ambijenta i grejnog tela. Na osnovu signala temperaturnih senzora na grejnom telu i u ambijentu, upravlja se grejačima.
- Blok sa izvršnim elementima je sačinjen od elektro mehaničkih modula koji na osnovu upravljačkih signala izvode kretanje. Zahvaljujući mehaničkoj sprezi postiže se precizno kretanje grejnog tela.
- Upravljački blok je zadužen da, uz pomoć povratnih signala sa elektromehaničkih modula i razvijenog algoritma, obezbedi preciznu kontrolu kretanja grejnog tela. Algoritam je prilagođen unapred utvrđenim načinom ispitivanja radi što boljeg merenja ispitivanog parametra sistema, i pomoću njega simulirani mali pokreti ljudske šake.

Ovaj uređaj i sistem treba da se postave jedan naspram drugog u definisanim pozicijama (tačkama) na određenim rastojanjima i pod određenim uglovima, u zavisnosti šta je cilj merenja. Te tačke treba da su odabrane sa određenom rezolucijom ugla i rastojanja u zavisnosti od preciznosti slike koja se želi dobiti o sistemu.

Rezolucija koja je korišćena u merenjima prikazanim u V poglavlju je 11° za ugao i 0.5m za rastojanje. Postavka za ispitivanje, odnosno unapred definisane tačke u kojima se vrše merenja, su prikazane na Sl. 6.



Sl. 6. Unapred definisane pozicije za ispitivanje sistema na laboratorijskom nivou

B. Aplikativni nivo

Cilj ispitivanja ovog sistema na aplikativnom nivou je da se stekne slika o vidljivoj površini i kako se sistem ponaša u zavisnosti od smera kretanja IR izvora. Uticaj slepih zona, na ovom nivou, se može osetiti tek na većim rastojanjima, ali se ne mogu precizno definisati. Ujedno ovim ispitivanjem na aplikativnom nivou se stiče relan osećaj kako sistem funkcioniše.

Sistem treba da bude postavljen na visini od 2.5m do 3m i za njega treba da se poveže uređaj koji će na osnovu signala PIR senzora da zaključi da li ima otkrivenog pokreta ili ne, i da na osnovu toga da neku vrstu indikacije. IR izvor je osoba koja se kreće po unapred definisanim markerima na podu prostorije u kojoj se ispituje.

Ispitno okruženje u kome su se izvodila ispitivanja na aplikativnom nivou je prostorija sa dimenzijama 8 x 5m i visinom od 2.5m. Markeri su postavljeni na 1m rastojanja jedan od drugog. Izgled ispitnog okruženja zajedno sa rezultatima ispitivanja na aplikativnom nivou su predstavljeni u V poglavlju na Sl. 8.

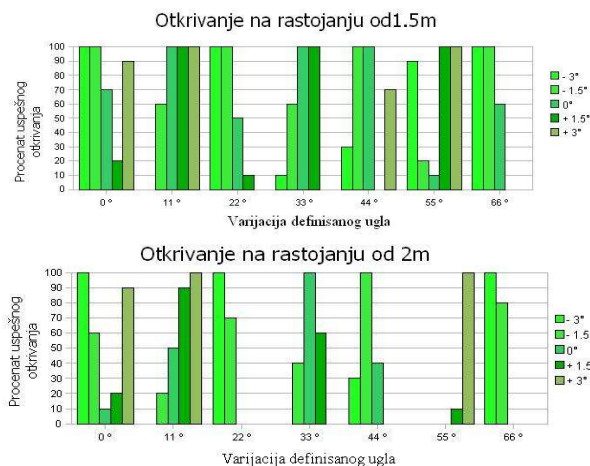
V. REZULTATI ISPITIVANJA I Njihov pregled

U ovom poglavlju su prikazani rezultati ispitivanja koji su izvedeni pomoću PIR senzora "EaglePower D205B" i Fresnelovih sočiva "EaglePower S9001 i S9004". Senzor D205B poseduje 4 IR prijemne elektrode, dozvoljeni opseg napona napajanja od 3 do 15V [2]. Sočivo S9001 je sačinjeno od 19 segmenata što je dosta manje od sočiva S9004, koje ima 41 segmenat. [4].

U ispitivanjima 1. i 2. su ispitane performanse sistema, a u ispitivanjima 3. i 4. su ispitani uticaji analiziranih problema.

A. Ispitivanje 1.

Ispituje se osetljivost sistema na rastojanjima od 1.5m i 2m u uglovima od 0° do 66°. Algoritam ispitnog uređaja je definisan tako da se ispitaju dodatna četiri bliska ugla (±3° i ±1.5°) oko definisane pozicije. Ispitivani sistem je sa sočivom S9004. Rezultati ovog ispitivanja prikazani su na Sl. 7.



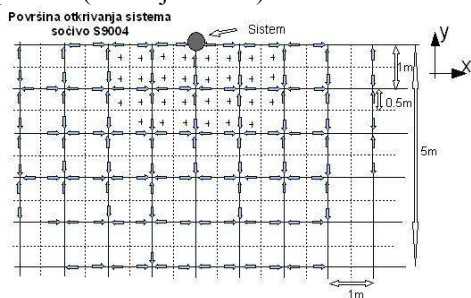
Sl. 7. Osetljivost sistema sa promenom distance

Na osnovu ovog ispitivanja se vidi uticaj slepih zona sa povećanjem rastojanja od sistema. Za slučaj da se pokreti

dešavaju u vidljivoj zoni ili na prelazu između slepe i vidljive zone, procenat uspešnog otkrivanja ne opada drastično sa rastojanjem.

B. Ispitivanje 2.

Ispituje se osetljivost sistema na veće pokrete i veću površinu IR izvora, odnosno ispitivanje sistema na aplikativnom nivou. Ispitivani sistem je sa sočivom S9004. Postavka za ispitivanje je objašnjena u IV poglavlju B). Na Sl. 8. su slikovito prikazani rezultati ovih ispitivanja. Uspešno otkrivanje je predstavljeno strelicama koje ujedno pokazuju smer i pravac kretanja IR izvora (osobe) ka markeru. Sa znakom „+“ je predstavljeno otkrivanje malih pokreta (mahanje šakom).

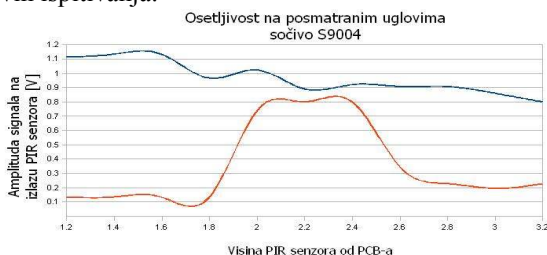


Sl. 8. Osetljivost sistema u zavisnosti od smera kretanja i udaljenosti IR izvora.

Na osnovu ovog ispitivanja se vidi realno ponašanje sistema, odnosno veličina površine otkrivanja. Može se uočiti da sistem na većim rastojanjima slabije otkriva pokrete koji imaju smer „ka“ ili „od“ njega, a bolje otkriva pokrete koji seku vidno polje sistema.

C. Ispitivanje 3.

Ispituje se osetljivost sistema u zavisnosti od preciznosti postavljanja PIR senzora na žižnu daljinu sočiva, odnosno merenje uticaja tolerancije i montaže PIR senzora u odnosu na sočivo. Ispitivani sistem je sa sočivom S9004. Osetljivost sistema je ispitivana u dva ugla (0° i 64°) na rastojanju od 1.5m sa ponavljanem na različitim pozicijama PIR senzora od PCB-a. Pozicija PIR senzora, u opsegu visina od 1.2mm do 3.2mm, je menjana s rezolucijom od 0.2mm. Na Sl. 9. su prikazani rezultati ovih ispitivanja.

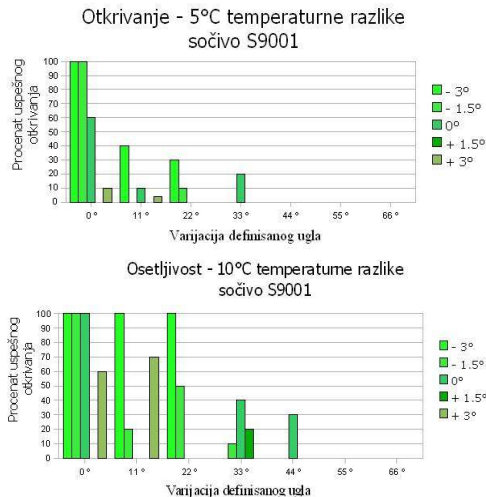


Sl. 9. Osetljivost sistema na različitim visinama PIR senzora

Na osnovu ovih rezultata se vidi da tolerancije i montaža PIR senzora nema značajan uticaj u centralnim uglovima vidnog polja sistema, dok sa odstupanjem $\pm 0.4\text{mm}$ od žižne daljine osetljivost značajno slabi na perifernim uglovima.

D. Ispitivanje 4.

Ispituje se osetljivost sistema na promene temperature ambijenta, odnosno na promenu razlike temperatura ambijenta i izvora IR zračenja (izvora pokreta). Ispitivani sistem je sa sočivom S9001. Ispitivanja su vršeni na rastojanju od 1.5m. I u ovom ispitivanju je primenjen isti algoritam kao u ispitivanju 1. Rezultati ispitivanja prikazani su na Sl. 6.



Sl. 6. Osetljivost sistema u zavisnosti od temperature ambijenta

Na osnovu ovog ispitivanja se vidi poboljšanje osetljivosti sistema sa povećanjem temperaturne razlike između ambijenta i IR izvora. Ujedno, na osnovu ovih rezultata i rezultata iz ispitivanja 1. se vidi prednost korišćenja sočiva sa većim brojem segmenata.

VI. ZAKLJUČAK

Ovaj rad omogućava da se dobije početna slika o mogućnostima i performansama sistema PIR senzor - Fresnelovo sočivo i na koji način ga objektivno oceniti, odnosno ispitivati, da bi se na kraju deterministički odabralo sočivo ili senzor koji zadovoljavaju zahteve krajnjeg uređaja.

LITERATURA

- [1]Kube electronics Ltd. "30 years of Passive Infrared Motion Detectors – a Technology Review" Jan. 2000.
- [2]Eagle Power International Holdings Ltd. "PIR sensor manual"
- [3]PDL Industries Ltd "PIR sensor technical guide"
- [4]Eagle Power International Holdings Ltd. "Fresnel lens S9004, S9001 technical documentation"
- [5]Sandia National laboratories "PIR Motion Automated Tester Project"

ABSTRACT

Abstract – In this paper is described PIR (Pyroelectric Infra-red Radial) sensor and spherical Fresnel lens as system, which is usually used in applications and devices for movement detection. Problems with coupling of these two components is analysed, as well as methods of testing.

PIR sensor and spherical Fresnel lens as a system

Miloš S. Janković, Saša A. Vukosavljev, Boris A. Radin