

19 Detekcija pokreta

Detektori čija je namena otkrivanje neovlašćenog ulaza u objekat, a koji rade na principu otvorenog/zatvorenog električnog kola, apsolutno su neprimenljivi kada je „uljez“ u objektu. Ponašanje lica koje se već nalazi u objektu je potpuno nepredvidljivo, tako da su za efikasnu zaštitu potrebni detektori koji mogu da registruju kretanje u objektu - detektori pokreta (eng. *motion detector*, rus. *детектор движения*). Ovi detektori se često nazivaju zapreminski detektori (eng. *volumetric*, rus. *объемный*).

Postoje tri osnovna tipa detektora pokreta:

- ultrazvučni detektori (eng. *ultrasound/ultrasonic detectors*, rus. *ультразвуковой детектор*),
- mikrotalasni detektori (eng. *microwave detectors*, rus. *микроволновой детектор*)
- infracrveni detektori (eng. *infrared detectors*, rus. *инфракрасный детектор*).

Navedeni tipovi detektora pokreta mogu da budu aktivni ili pasivni, a u savremenim oblicima realizacije se vrlo često kombinuju u okviru jednog kućišta, čime se realizuju tzv. detektori u dvostrukoj (dualnoj) tehnologiji (eng. *dual technology detectors*, rus. *детектор движения двойной технологии*).

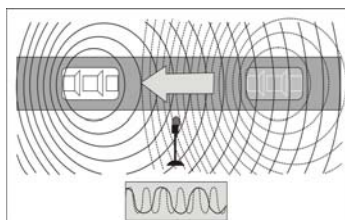
19.1 Ultrazvučni detektori pokreta

Ultrazvučni detektori emituju zvuk van granice čujnosti od 20 kHz (ultrazvučne talase) u prostor koji se nadgleda i detektuju promenu frekvencije zvučnih talasa koja nastaje kao posledica kretanja korišćenjem *Dopplerovog efekta*.¹⁰²⁾ Ovi detektori najčešće rade u opsegu od 23 kHz ÷ 40 kHz i od 30 kHz ÷ 50 kHz (do 75 kHz kod nekih tipova detektora).

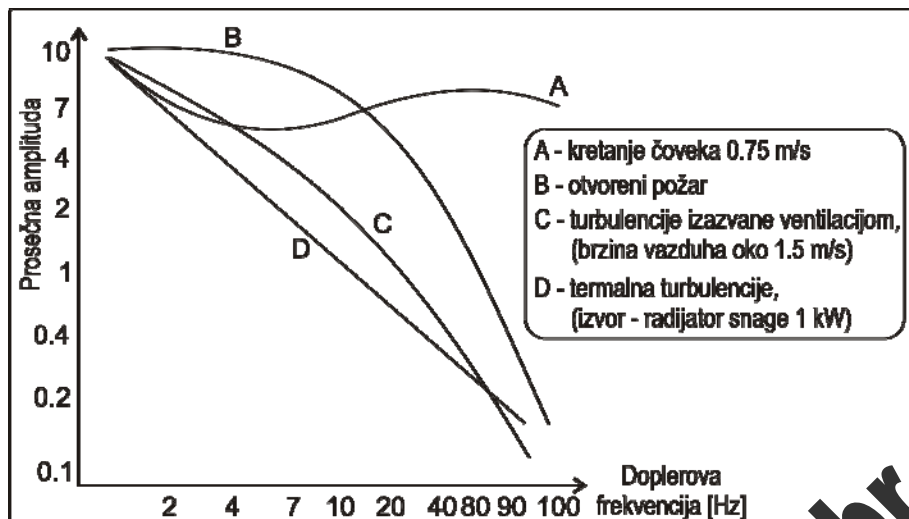
Prilikom emitovanja ultrazvučnih talasa u zatvorenoj prostoriji, energija reflektovanih talasa za konstantan ulaz, zavisi prvenstveno od dva faktora. Prvi faktor čine konstruktivne karakteristike prostorije, kao što je geometrija prostorije i materijali koji se u njoj nalaze. U prostoriji sa tvrdim, ravnim površinama bez udubljenja u zidovima, ultrazvučni talasi se dobro odbijaju, tj. veći deo emitovane energije se reflektuje nazad ka izvoru. Najslabija refleksija je u prostorijama složene geometrije u kojoj se nalazi dosta mekog materijala koji apsorbuje ultrazvučne talase. Drugi faktor koji utiče na stepen refleksije je apsorpcija u vazduhu, što zavisi od brojnih faktora kao što su doba dana, relativna vlažnost, temperatura, prisustvo raznih čestica u vazduhu, itd.

Na drugoj strani, postoji veliki broj izvora ultrazvuka u prostoriji koja se štiti, a koji mogu da izazovu lažna alarmiranja, kao što je pisak u vodovodnim cevima i ventilima, škripa vrata, vazdušne turbulencije klima-uređaja, upotreba grejalica, zvonjava telefona ili rad nekih električnih uređaja. Čak i prilikom kretanja čoveka, pojedini delovi tela se kreću različitom brzinom, tako da se ne generiše jedinstven Doplerov signal, već ceo spektar. Veoma sporo kretanje u pravoj liniji je veoma teško detektovati, tako da je potrebno veoma dobro podešavanje detektora.

102)



Doplerov efekat se manifestuje kroz fazni pomeraj i promenu amplitude povratnog signala koji nastaje kretanjem. Na primer, kada se stacionarnim mikrofonom snima promena tona sirene automobila koji prolazi pored mikrofona, uočava se pomeranje faze kao posledica kretanja. Ton sirene automobila koji prolazi je u početku viši, a zatim postaje dublji od tona mirujuće sirene. U analogiji ovog primera sa ultrazvučnim detektorom, sam detektor je sirena automobila, a efekat se ispoljava kroz razliku reflektovane energije od stacionarnog objekta i objekta koji se kreće.

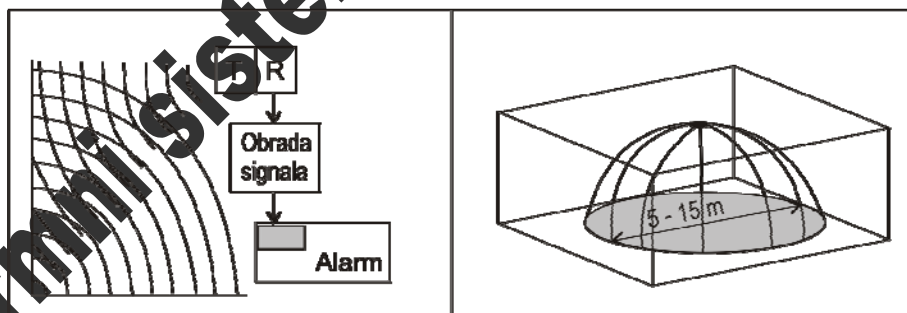


Slika 19.1 Primeri vrednosti pomeraja faze i prosečne amplitude

Na slici 19.1 je prikazan odnos između amplitude i pomeraja faze za različite izvore. Očigledno je da se jedini deo spektra koji potiče od kretanja čoveka koji se razlikuje od ostalih izvora, nalazi između 20 Hz i 40 Hz. Idealno bi bilo da elektronika u detektoru (tzv. aktivni filter) propušta samo signale između 25 Hz i 35 Hz, a da one ispod 25 Hz diskriminiše.

19.1.1 Aktivni ultrazvučni detektori pokreta

Aktivni ultrazvučni detektori se obično postavljaju na zid ili tavanicu prostorije koja se štiti. Savremeni detektori ovog tipa u velikoj meri su imuni na termičke turbulencije i njihova zona detekcije se lako podešava, čime se prevazilazi problem prolaska ultrazvučnih talasa kroz zidove i detekcije kretanja van prostorije koja se štiti. Pošto ovaj tip detektora svoj rad zasniva na korišćenju Dopplerovog efekta fazni pomeraj zavisi od radialne brzine kretanja, dok promene u amplitudi zavise od površine refleksije objekta koji se kreće i njegove udaljenosti od detektora. Na slici 19.2 je ilustrovan princip rada i postavljanja aktivnog ultrazvučnog detektora.



Slika 19.2 Princip rada i postavljanje aktivnog ultrazvučnog detektora

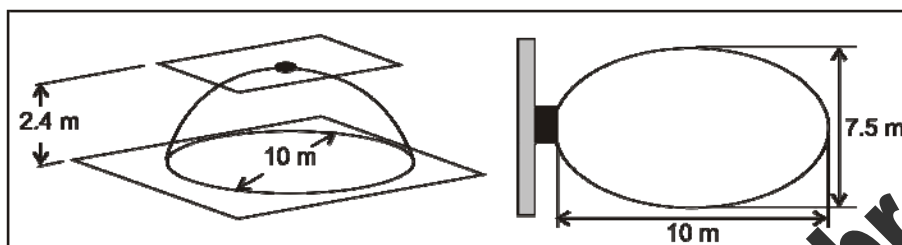
Oznake na slici: T - predajnik, R - prijemnik. Standardni opseg brzine kretanja koji se detektuje ovim tipom detektora iznosi od 10 cm/s do 1.5 m/s.

19.1.2 Pasivni ultrazvučni detektori pokreta

Pasivni ultrazvučni detektori pokreta su uređaji koji „slušaju“ ultrazvuk, tj. primaju ultrazvučne talase iz okolnog prostora i reaguju na frekvencije koje odgovaraju zvuku koji je proizveden nasilnim ulaskom u prostoriju. Te frekvencije su najčešće u opsegu od 20 kHz do 30 kHz i proizvode ih postupci kao što je trenje metala o metal, šištanje pri sečenju acetilenom, lomljenje betona ili cigle, kao i ostali slični postupci koji ukazuju na nasilan ulazak. Prednosti ovog tipa detektora su u tome što su apsolutno imuni na termičke promene u sredini i lako im se

podešava zona detekcije. Nedostatak ovih detektora je što je moguće postojanje „mrtvih“ zona nadgledanja zbog pregrada, udubljenja u zidu, nameštaja, itd., tako da je najčešće potrebno postaviti više pasivnih ultrazvučnih detektora da bi se u potpunosti omogućilo nadgledanje prostora. Detektori se postavljaju na zid ili tavanicu, kao što je prikazano na slici 19.3.

Zavisno od proizvođača, zapreminska zona pokrivanja je dužine od 8 m do 10 m, širine od 4 m do 8 m, a ako se postavlja na tavanicu, zona pokrivanja je u obliku polulopte sa osnovom prečnika od 5 m do 15 m što zavisi od visine postavljanja.



Slika 19.3 Postavljanje i zona pokrivanja pasivnog ultrazvučnog detektora

Međunarodni i većina evropskih standarda definišu oblast koju pokriva ovaj tip detektora pokreta kao polje u kome je moguće detektovati kretanje lica težine od 40 do 80 kg na putu dužine 2 m, pri čemu vreme detekcije treba da bude do 200 ms. Frekvencija na kojoj radi detektor treba da bude veća od 22 kHz, temperatura ambijenta u opsegu od 0 °C do 40 °C i vlažnost od 10% do 90%. Ograničenja koja su vezana za upotrebu su ista kao i ograničenja koja važe za upotrebu bilo kog drugog izvora ultrazvučnog zračenja, pa se preporučuje njihovo uključivanje u radnim prostorijama tek po završetku radnog vremena.

U Rusiji se oblast pokrivanja ultrazvučnih detektora pokreta takođe definiše na sličan način, a dužine osa elipse koja predstavlja zonu pokrivanja zavise od proizvođača. Najčešće su veličine osa 5 m i 8 m ili je zona pokrivanja predstavljena kružnicom prečnika 8 m.

U Americi se oblast pokrivanja ultrazvučnog detektora pokreta definiše kroz rastojanje na kome može da se detektuje ultrazvuk koji je proizveden različitim oblicima nasilnog ulaska, pre svega sečenjem ili probijanjem zidova napravljenih od različitih materijala.

Tabela 19.1 Rastojanje na kome mogu da se detektuju različiti načini nasilnog ulaska¹⁰³⁾

Način probijanja i materijal	Rastojanje [m]
Probijanje metala debljine ¼ inča sekačem za metal	oko 16.50
Sečenje armature debljine ½ inča sekačem za metal	oko 13.50
Sečenje acetilenom	oko 12.00
Sečenje cive kružnom testerom (cirkularom)	oko 9.00
Sečenje armature debljine ½ inča testerom za metal	oko 5.70
Bušenje cigle	oko 4.50
Bušenje čelične ploče debljine 1/8 inča	oko 1.80
Bušenje betonskog bloka	oko 1.00

U svakom slučaju, akustične osobine prostorije (prekrivenost zidova, podova, tepisi, zavese) direktno utiču na kvalitet detekcije. Ovaj tip detektora je pogodan za primenu tamo gde ostali tipovi detektora, pre svega pasivni infracrveni detektori koji se najviše koriste, nisu pogodni zbog velikih temperaturnih promena, prisustva radio frekvencija i slično. Takođe, ultrazvučni detektori su pogodni za zaštitu unutrašnjosti zastakljenih prostora veće zapremine, kao što su izložbene staklene vitrine u juvelirnicama, muzejima i slično. Staklo značajno slabi ultrazvučnu energiju tako da kretanje spolja oko vitrine ne utiče na detekciju.

¹⁰³⁾ USA Army Field Manual 3 - 19.30, Table 6-4.

Na kraju, neke najvažnije činjenice koje se odnose na upotrebu ultrazvučnih detektora pokreta su sledeće:

- o Ultrazvučni detektori su najosetljiviji na kretanje direktno u pravcu senzora, pa se preporučuje montaža na sredinu zida, što bliže plafonu,
- o Ultrazvučna detekcija je najbolja u prostorijama sa površinama od „tvrdih“ materijala jer oni omogućavaju bolju refleksiju,
- o Nivo detekcije zavisi od dobre usmerenosti detektora, što znači da ih ne treba montirati iznad vrata zbog postojanja „mrtvih“ zona, već na mestima odakle mogu da se direktno usmere na moguće tačke ulaza u prostoriju,
- o Ultrazvučni detektori mogu da se koriste u prostorijama sa velikim staklenim površinama, jer staklo slabi visoke frekvencije i smanjuje mogućnost gubitaka ili interferencije sa spoljašnjim izvorima ultrazvuka,
- o Ultrazvučni detektor ne treba koristiti u blizini mašina ili drugih izvora buke zbog mogućeg slaganja pojedinih harmonika sa frekvencijom koja potiče od senzora, što može da dovede do lažnih alarmiranja,
- o Ultrazvučni detektor ne treba da se postavlja u prostorijama u kojima postoji promaja i uopšte vazдушna strujanja, jer vazдушna tubulencija može da utiče na prostiranje ultrazvučnih talasa. Sličan problem može da nastane prilikom brzog zagrevanja ili pomeranjem teških zavesa,
- o Probleme u radu detektora može da izazove zvuk telefona ili ventilatora, bilo u prostoriji, bilo prenosom kroz ventilacione otvore i kanale, dok sirene rešavaju probleme u radu,
- o Prilikom instaliranja treba voditi računa da signalni kablovi koji vode ka detektoru budu najmanje 75 cm udaljeni od energetskih kablova, da ih ne seku, i ukoliko je to nužno, isključivo pod uglom od 90°,
- o prostorije sa nivoom ambijentalne buke iznad 60 dB(A) nisu podesne za detekciju ovim tipom detektora,
- o Na rad ultrazvučnih detektora mogu da utiču drugi uređaji u prostoriji čiji opseg delovanja se preklapa sa poljem pokrivanja detektora. Takođe, treba voditi računa da zaposleni ne budu izloženi radu detektora, zbog pojave glavobolje i drugih smetnji.

Bez obzira na sve činjenice koje ukazuju na njihovu efikasnost, danas se ultrazvučni detektori smatraju zastarelim i svim manje se samostalno instaliraju; najčešće se koriste kao dodatni detektor u kombinovanom („dualnim“) detektorima pokreta.

20 Mikrotalasni detektori pokreta

Iako se poslednjih godina mikrotalasni detektori, kao i ultrazvučni, sve više zamenjuju drugim tipovima detektora, pre svega pasivnim infracrvenim detektorima, oni se još uvek koriste za detekciju provale u slučajevima kada je površina koja se štiti velika i kada se zahteva visok nivo bezbednosti. Kao i ultrazvučni i ovaj tip detektora svoj rad zasniva na primeni Doplerovog efekta. Generisanjem energije u mikrotalasnom području elektromagnetnog spektra, ovi detektori rade kao aktivni uređaji koji detektuju:

- promene frekvencije na osnovu Doplerovog efekta,
- pomeranje faze i
- smanjenje primljene energije kao posledice kretanja.

Postoje dva osnovna tipa mikrotalasnih detektora:

- *monostatički* - detektori koji sadrže predajnik i prijemnik u istom kućištu,
- *bistatički* - linijski detektori kod kojih su predajnik i prijemnik signala razdvojeni.

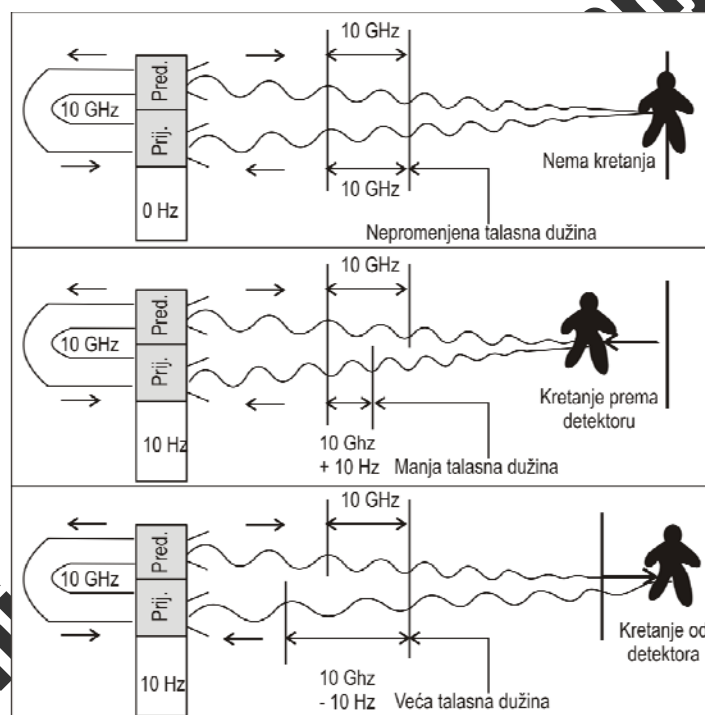
Zračenje koje generiše predajnik je najčešće u opsegu radio frekvencija, obično oko 10 GHz, što rezultuje talasnom dužinom od oko 3 cm. Za generisanje signala se obično koristi

*Gunn*¹⁰⁴⁾ dioda koja je podešena tako da signal ne utiče na ljude ili funkcionisanje pesmejkera i sličnih uređaja. Na tržištu su danas u velikom broju prisutni i mikrotalasni detektori pokreta koji rade i na 10 GHz i na 24 GHz. Modeli sa 24 GHz su bolji za primene kada je potrebno više detektora instalirati blizu jedan do drugog, tj. gde postoji problem interferencije.

Monostatički detektori se koriste za zaštitu unutar velikih objekata kao što su hangari, veliki magacini i slično, dok se bistatički koriste za zaštitu okoline objekta i perimetra.

Mikrotalasni detektori se koriste i u kombinaciji sa pasivnim infracrvenim detektorima, kao sastavni deo kombinovanih („dual“) detektora kretanja. Pošto se koristi veoma mala snaga za rad, predajnik može da emituje signal u neprekidnoj liniji do prijemnika na rastojanju od preko 100 m. Ako se koristi Doplerov efekat, većina senzora se podešava da meri Doplerov pomeraj između 20 Hz i 120 Hz. Ove frekvencije su veoma bliske kretanju ljudi i objekata čije kretanje spada u ovaj opseg će izazvati generisanje alarmnog signala.

Kada se objekat koji se kreće nađe u zoni detekcije, reflektovani signal se neznatno razlikuje od emitovanog, a za kretanje čoveka ta razlika iznosi oko 10 Hz, za signal koji se emituje na 10 GHz. Osnovni princip funkcionisanja mikrotalasnog detektora je prikazan na slici 20.1. Kretanje brzinom od 15 cm/s izaziva Doplerov pomeraj od 10 Hz, dok brzina od 30 cm/s daje pomeraj od 20 Hz.



Slika 20.1 Doplerov pomeraj za različite brzine kretanja

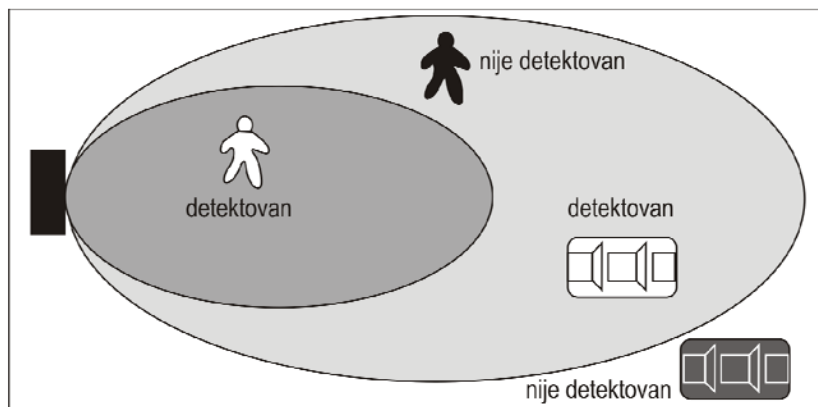
20.1 Monostatički mikrotalasni detektori

Monostatički mikrotalasni detektori sadrže u istoj jedinici predajnik i prijemnik, dok se pomoću antene konfigurišu (oblikuju) površina i zapremina koja se nadgleda, odnosno zona detekcije. Obično, monostatički detektori emituju signal na dve različite frekvencije koje se naizmenično uključuju i isključuju. Pošto se mikrotalasi prostiru konstantnom brzinom, prijemnik se programira tako da prima reflektovanu energiju koja nastaje od signala koji bi za definisano vreme trebao da ode do objekta i da se vrati nazad. Prijemnik je programiran tako da

¹⁰⁴⁾ Naponsko-strujna karakteristika *Gunn* diode je takva da ona ima negativni diferencijalni otpor, koji omogućava realizaciju RF oscilatora propuštanjem jednosmerne struje kroz diodu.

ignoriše signale od stacionarnih objekata i da obrađuje samo one signale koji se reflektuju od objekata koji se kreću.

Proizvođači mikrotalasnih detektora kao sastavni deo tehničkog opisa daju zonu detekcije, koja najčešće ima oblik „cigare“, a kada se posmatra sa strane ili odozgo, presek ima izgled elipse sa dužom poluosom dužine i do 30 m, kao što je prikazano na slici 20.2.



Slika 20.2 Oblik zone detekcije mikrotalasnog detektora pokreta

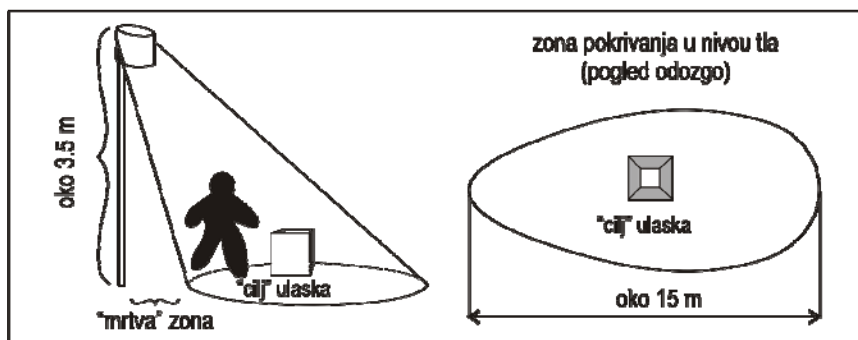
Kada se monostatički detektor pokreta koristi za zaštitu perimetra, zona detekcije kod pojedinih tipova se tako oblikuje da duža osa elipse ide i do 100 m.

Većina korisnika misli da kretanje objekta može da se detektuje samo u granicama koje su date u karakteristikama detektora, što nije tačno. Naime, elipsa predstavlja samo granicu površine u okviru koje se dobija odziv detektora za objekat zadate veličine koji se kreće fiksnom brzinom. Sa slike 20.2 se vidi da zona detekcije može biti i veća za veći objekat, na primer automobil. Drugim rečima, proizvođači daju zonu detekcije u odnosu na kretanje odraslog čoveka od i ka detektoru. Normalno odeveni čovek ima slabu refleksiju mikrotalasa, tako da uređaj uvek treba podesiti na maksimalnu osetljivost.

Dimenzije oblasti pokrivenosti zavise od proizvođača, ali su najčešće prisutna tri tipa detektora:

- o *detektori dugog dometa* sa dužinom oblasti pokrivanja od oko 100 m koja u preseku ima oblik kružnice sa visinom i širinom polja od 4 m,
- o *detektori srednjeg dometa* sa dužinom oblasti pokrivanja od 50 m, koja u preseku ima oblik elipse sa dimenzijama: visina 3 do 4 m i širina 7 m,
- o *detektori kratkog dometa* do 20 m sa presekom polja pokrivanja u obliku spljoštene elipse sa visinom od 3 do 4 m i širinom od 11 m.

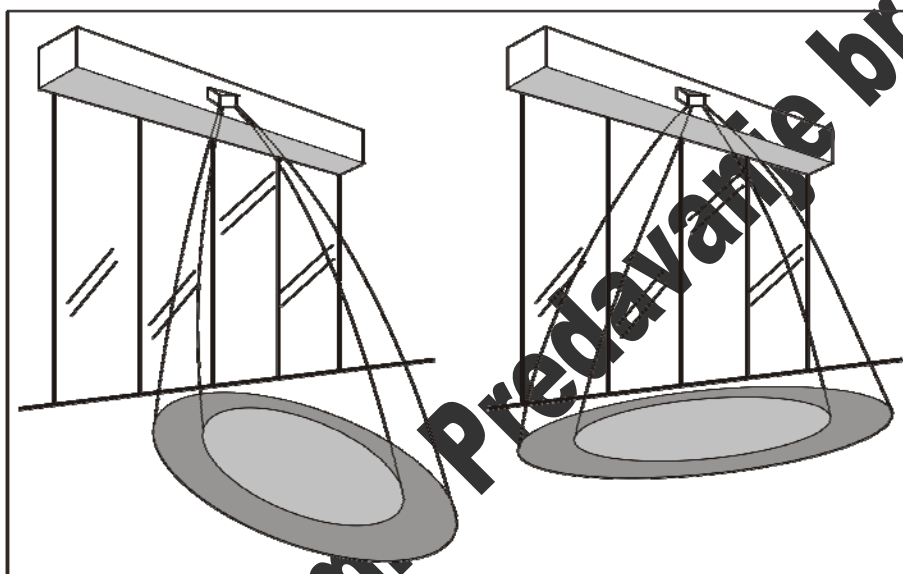
Bez obzira na veličinu oblasti pokrivanja mikrotalasnog detektora, treba voditi računa o tome da se detektori postavljaju tako da veličina „mrtve“ zone pokrivanja (slika 20.3) bude minimalna.



Slika 20.3 Tipičan način zaštite dela prostora

Oblik i veličina polja pokrivanja se podešava pomoću antene, zavisno od položaja gde se instalira i od sigurnosnih zahteva. Mikrotalasni detektori pokreta mogu da se koriste ne samo za zaštitu od provala, već i u druge svrhe. Na slici 20.4 je dat primer postavljanja monostatičkog detektora pokreta za kontrolu automatskih vrata na objektu.

Teorijski, ako se „uljez“ kreće dovoljno sporo u pravcu koji je upravan na osu emitovanja signala, neće biti detektovan. U praksi to nije moguće, jer je potrebno da se „uljez“ kreće u idealnom luku upravno na osu detektora, pri čemu ne sme da ide brže od 1.5 cm/s i da nema skretanja od idealne putanje više od 1.5 cm/s. Provalnik kome je poznata zona detekcije, koji se sporo kreće prekriven materijalom sa dobrom apsorpcijom, ima dobre šanse da prođe „neopažen“ od strane detektora. Ovo je jedan od razloga što se kao i ultrazvučni detektori, monostatički mikrotalasni detektori danas ne realizuju samostalno, već u okviru dual detektora pokreta.

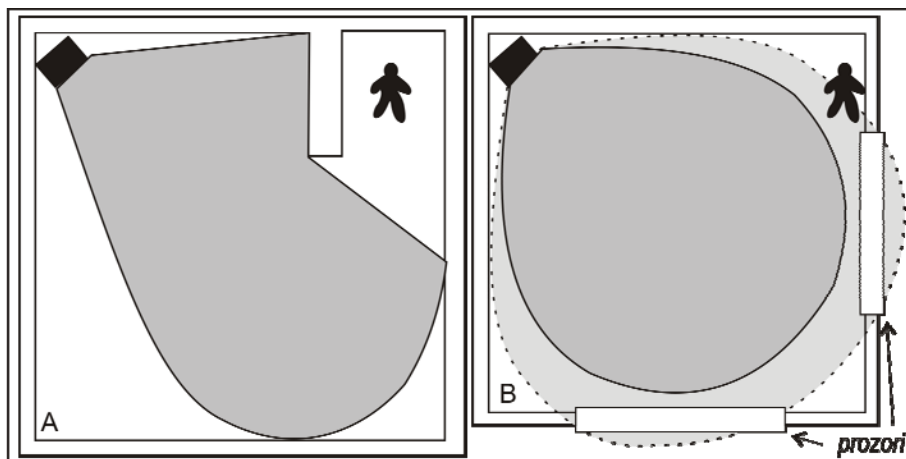


Slika 20.4 Kontrola otvaranja vrata mikrotalasnim detektorom pokreta

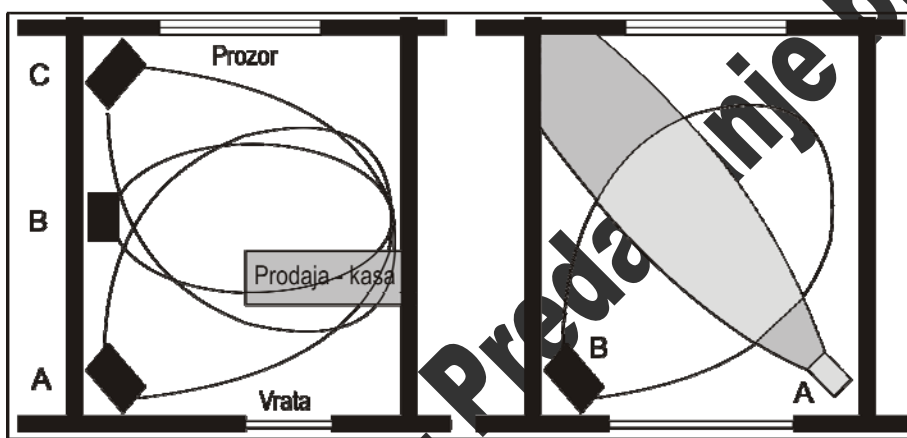
U primeru sa slike radi se o mikrotalasnom detektoru koji radi na 24 GHz sa osama polja pokrivanja od 1.5 m i 1.0 m (svetlija polja) i 5.5 m i 2.0 m (tamnija polja), pri čemu je opseg detekcije kretanja objekta podešen od 5 cm/s i 5 m/s. Navedene vrednosti su date za visinu postavljanja od 2.2 m, pri čemu se pravci osu polja pokrivanja (elipsi) podešavaju pomoću antene.

Najveći problem kod mikrotalasnih detektora je visoka stopa lažnih alarma u slučajevima kada nisu dobro pozicionirani prilikom instaliranja. Pravilna lokacija detektora i njegovo podešavanje na tom mestu su presudni za pouzdani rad detektora.

Na slici 20.5 su ilustrovani mogući problemi kod postavljanja monostatičkog detektora. Ako postoje prepreke u objektu (A), postoji mogućnost neprimetnog ulaza. Sa druge strane, nije moguće postići pokrivanje 100% prostora (B - tamnija površina), jer podešavanjem veće osetljivosti povećava se mogućnost prodiranja ili reflektovanja signala od materijala na zidovima (svetlija površina), tako da se ne preporučuje takvo postavljanje. Problem nalaženja prave lokacije za postavljanje detektora je takođe ilustrovan na slici 20.6, na primeru prodavnice.



Slika 20.5 Postavljanje mikrotalasnog detektora u odnosu na prepreke



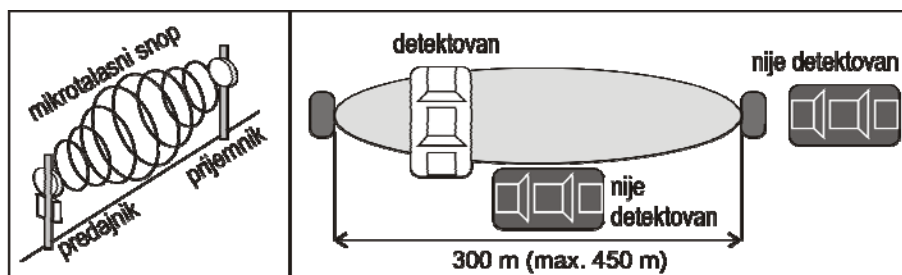
Slika 20.6 Izbor lokacije mikrotalasnog detektora

Levo na slici 20.6, pozicija A za postavljanje detektora se čini kao najbolji izbor, međutim, postoji opasnost prodiranja snopa kroz prozor, i samim tim, generisanja lažnih alarma. Pozicija B je imuna na smetnje, izvesne probleme može izazvati refleksija od metalnih predmeta ili kase na pultu prodavca, pa treba da se redukuje zona detekcije ili da se detektor postavi u poziciji C. Najčešće se instalira kao na slici desno, pri čemu prilikom ukrštanja treba voditi računa o podešavanju oblika zone detekcije tako da se pokrije što šira površina (pozicija A) i izbegne prodiranje kroz okolne materijale (pozicija B).

20.2 Bistatički mikrotalasni detektori

Bistatički mikrotalasni detektori imaju primenu na granicama prostora koji se štiti u formi mikrotalasne „barijere“ koja se formira između predajnika i prijemnika. Zona detekcije je striktno definisana karakteristikom zračenja koja formira područje oblika izdužene „cigare“ i van tog područja nema detekcije, slika 20.7.

Princip rada ovog tipa detektora je sličan kao i kod ostalih detektora kod kojih predajnik emituje usmereni „snop“ ka prijemniku, pri čemu se meri razlika nivoa emitovanog i primljenog signala. Predajnik emituje konstantnu mikrotalasnu energiju koja je koncentrisana u snop koji dolazi u prijemnik. Prijemnik detektuje eventualnu fluktuaciju u jačini primljenog signala koja nastaje kretanjem u okviru zone detekcije i generiše signal alarma. Kao i kod monostatičkog detektora, visina i širina snopa se definiše pomoću antene u predajniku.



Slika 20.7 Bistatički mikrotalasni detektor pokreta

Kada se bistatički detektor pokreta koristi za zaštitu perimetra, zona detekcije kod pojedinih tipova se tako oblikuje da duža osa elipse ide do 450 m.

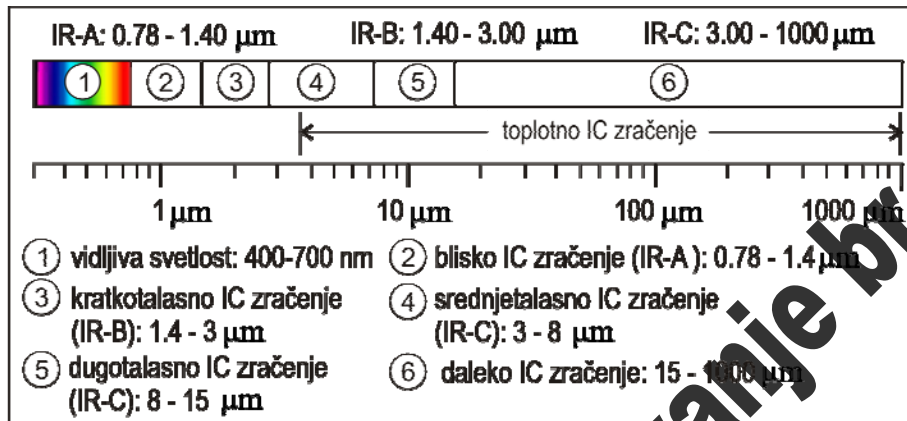
Bez obzira da li se radi o monostatičkom ili bistatičkom tipu mikrotalasnog detektora, princip generisanja alarma je isti - u oba slučaja prijemnik „vidi“ dva signala, jedan direktno od predajnika i drugi koji se reflektuje od objekta koji se kreće. U oba slučaja razlika između ta dva nivoa signala se koristi za generisanje alarma.

Generalno, najvažnije činjenice koje se odnose na upotrebu mikrotalasnih detektora pokreta su sledeće:

- Ovaj tip detektora bi trebalo koristiti za zaštitu otvorenih prostora ili prostora velikih dimenzija, kao što su skladišta, magacini, hangari, itd.;
- Detektor treba da bude dobro fiksiran na površinama na kojima ne mogu da se jave vibracije;
- Treba izbegavati postavljanje detektore u blizini transformatora, detektor ne sme da bude usmeren u pravcu ventilatora, žaluzina ili bilo kakvih izvora elektromagnetnog zračenja;
- Detektor ne treba usmeravati prema staklu ili pregradama od lakih materijala jer će oblast pokrivenosti biti i van njih;
- „Mrtve“ zone pokrivanja mogu da nastanu kao posledica apsorpcije mikrotalasa od strane mekih materijala ili iza prepreka, kao što su metalne pregrade, metalni ormari i slično;
- Mikrotalasni detektori nemaju precizno definisane granice oblasti pokrivanja, tako da treba voditi računa da se oblast koja se štiti ne prostire do samih granica oblasti pokrivanja;
- Najbrže se detektuje kretanje u pravcu koji se poklapa sa osom detektora - ka i od detektora.

21 Infracrveni detektori pokreta

Infracrveni detektori pokreta mogu da budu aktivni ili pasivni i za detekciju koriste elektromagnetno zračenje u infracrvenom delu spektra. Deo elektromagnetnog spektra koji se koristi za detekciju pokreta na bazi infracrvenog zračenja prikazan je na slici 21.1 i nalazi se između mikrotalasa i vidljive svetlosti. Ovaj deo spektra približno zauzima frekventni opseg od 0.3 THz do 0.3 PHz.¹⁰⁵⁾

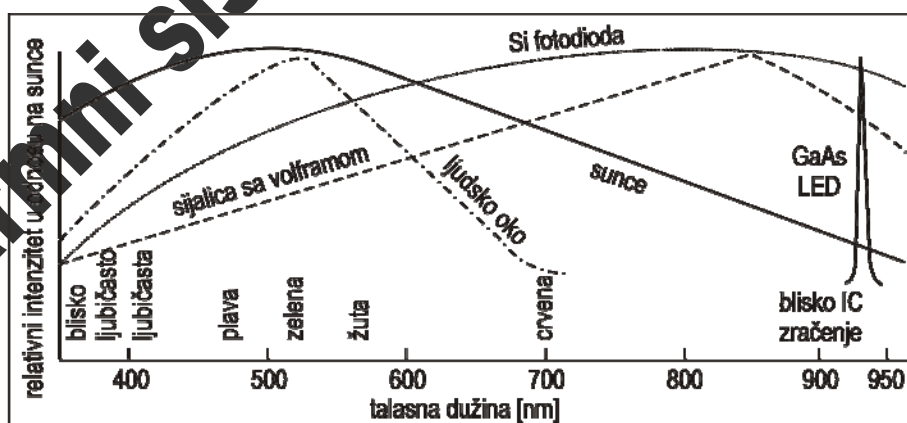


Slika 21.1 Položaj vidljivog dela u elektromagnetnom spektru

Podele na slici su preporučene od strane Međunarodne komisije za osvetljenje CIE (fr. Commission internationale de l'éclairage)

21.1 Aktivni infracrveni detektori

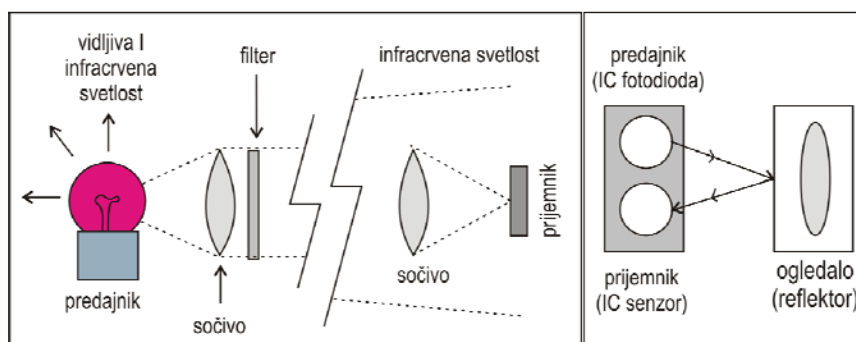
Aktivni infracrveni detektori pokreta (eng. *active infrared*, rus. *активные инфракрасные извещатели, ИК лучевые барьеры*) rade na principu emitovanja usmerenog infracrvenog zraka iz fotodiode u pravcu prijemnika koji sadrži fotosenzitivnu ćeliju, formirajući na taj način formu „elektronske ograde“. Za emitovanje IC snopa najčešće se koriste LED diode sa galijum arsenidom (GaAs) koji emituje infracrveno zračenje u uskom opsegu između 930 i 950 nm, slika 21.2.



Slika 21.2 Relativni intenzitet pojedinih izvora zračenja

¹⁰⁵⁾ Ne postoje oštre granice infracrvenog dela spektra u odnosu na mikrotalasno zračenje, pa na gornjoj granici spektra čovek ima „osećaj“ crvene svetlosti i toplote, a na donjoj granici samo osećaj toplote. Zato se često mikrotalasno zračenje razmatra kroz termičke efekte.

Presecanje zraka zbog koga do prijemnika ne stiže 90% emitovanih IC zraka za oko 75 ms (vreme za koje „uljez“ treba da prođe) izaziva generisanje signala alarma. Infracrveni zrak je modulisan tako da se prijemnik i predajnik podešavaju na oko 1000 snopa u sekundi, sa međusobnim rastojanjem od 100 m, a kada se koristi za zaštitu perimetra i do 300 m. Većina savremenih detektora emituje infracrvenu svetlost talasne dužine 900 nm, sa optimalnim rastojanjem između prijemnika i predajnika od 100 do 120 m. Na slici 21.3 su prikazana dva načina realizacije aktivnog IC detektora pokreta, kada se između predajnika i prijemnika formira direktna putanja, i kada se formira izlomljena putanja snopa čijim presecanjem dolazi do generisanja signala alarma.

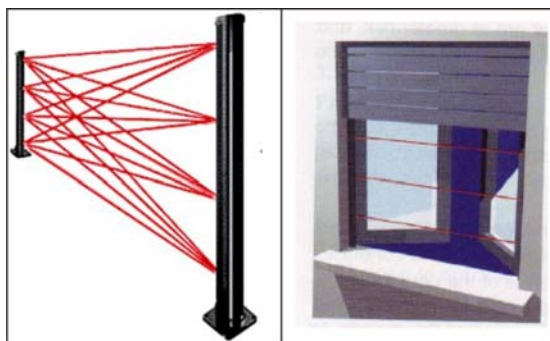


Slika 21.3 Principi konstrukcije aktivnog IC detektora

U većini standarda zapadnih zemalja se propisuje da signal alarma ne treba da se generiše ako je intenzitet infracrvenog snopa smanjen za 50%. Takođe se preporučuje trajanje alarmnog signala više od 800 ms za prekid snopa u trajanju od 40 ms, ali da ne dolazi do alarmiranja za prekid koji traje manje od 20 ms. Sinhronizacija između predajnika i prijemnika (tj. vremensko multipleksiranje signala), ključni je faktor za smanjivanje stope lažnih alarmiranja. Danas se veoma retko koristi samo jedan snop, najčešće se radi o višestrukim putanjama koje moraju u isto vreme da budu presečene da bi došlo do alarmiranja.

Ovaj tip detektora je imun na toplotno i svetlosno zračenje, kao i na radio frekventnu interferenciju. Putanja IC zraka može da se menja korišćenjem ogledala da bi se napravila manje predvidljiva svetlosna barijera, ali upotreba ogledala redukuje snagu signala čime se smanjuje efektivno rastojanje između predajnika i prijemnika.

Infracrvene „barijere“ predstavljaju idealan način zaštite na granici objekta (zidovi, ulazi, prozori i razni otvori kroz koje je moguć ulazak u objekat), kao i pojedinih prostora unutar objekta. Ako se koriste spolja za zaštitu perimetra i prostora unutar njega, treba voditi računa da direktna sunčeva svetlost, svetlost farova, prljavština i slično, znatno smanjuju životni vek senzora. Radi bolje pokrivenosti, infracrvena „barijera“ se pomoću ogledala vrlo često konfigurise u „cik-cak“ formu.



Slika 21.4 Zaštita vrata i prozora pomoću aktivnih IC detektora

21.2 Pasivni infracrveni detektori

Pasivni infracrveni (IC) detektori - PIR (eng. *Passive InfraRed*, rus. *пассивные инфракрасные извещатели движения*) princip rada zasnivaju na činjenici da sva tela na temperaturi iznad apsolutne nule ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) emituju elektromagnetno zračenje. Realizacija pasivnih IC detektora je postala moguća tek sa pojavom piroelektričnih materijala¹⁰⁶). Sa piroelektričnim senzorima mogu da se detektuju promene u zračenju koje su izazvane kretanjem i da se to zračenje izdvoji od drugih zračenja iz drugih izvora u prostoriji. Poslednjih godina ovaj tip detektora postaje preovlađujući među detektorima kretanja, naročito u oblasti tzv. „zapreminske“ detekcije u kojoj su primat imali ultrazvučni i mikrotalasni detektori kretanja. Ultrazvučni i mikrotalasni detektori su generalno osetljiviji na kretanje, pa i dalje nalaze svoju primenu tamo gde postoje zahtevi za najvišim nivoom bezbednosti. Oni sa druge strane, zahtevaju ispunjenost strogih kriterijuma u smislu ambijentalnih uslova, jer visok nivo osetljivosti ima za posledicu veliku stopu lažnih alarmiranja. U standardnim, „svakodnevnim“ primenama pasivni infracrveni detektori kretanja predstavljaju najbolje rešenje u smislu odnosa osetljivosti i broja lažnih alarma, tako da su danas vodeći tip detektora pokreta.

Količina i talasna dužina emitovanog zračenja zavisi od temperature objekta i njegove emisije sposobnosti. Sposobnost emisije se menja sa talasnom dužinom i većina tela, uključujući i čoveka, obično ima „pik“ koji je između vidljivog dela spektra i $10\text{ }\mu\text{m}$. Međutim, u ovom opsegu se nalazi i toplotno zračenje iz izvora kao što je radijator, grejalica, halogena sijalica, itd. Temperatura čoveka, bez obzira na to kako je obučen i koliko je čist, proizvodi dovoljnu količinu infracrvene energije koja može da posluži za detekciju, a sama suština detekcije je u konverziji toplotne energije u električnu veličinu.

Tabela 21.1 Energija infracrvenog zračenja različitih tela

Objekat	T [$^{\circ}\text{C}$]	Gustina energije [W/m^2]
Led	0	320
Predmeti na sobnoj temperaturi	22	430
Lice čoveka	34	505
Šolja čaja	60	700

Tela na sobnoj temperaturi emituju infracrveno zračenje koje uglavnom ima talasnu dužinu od oko $10\text{ }\mu\text{m}$. Pojednostavljeno govoreći, pasivni IC detektor je „kamera“ koja registruje intenzitet IC zračenja na površini sočiva. Na slici 21.5 je prikazana toplotna raspodela kod čoveka na sobnoj temperaturi.



Slika 21.5 Primer toplotne raspodele čoveka na sobnoj temperaturi

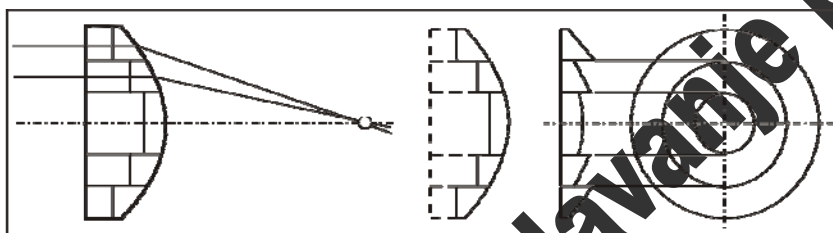
Slike su preuzete sa en.wikipedia.org/wiki/Black_body. Na slici desno temperatura je izražena u $^{\circ}\text{F}$
 $\rightarrow [^{\circ}\text{C}] = ([^{\circ}\text{F} - 32]) \times 5/9$, tj. $36\text{ }^{\circ}\text{C} \approx 97\text{ }^{\circ}\text{F}$

¹⁰⁶) Pasivni IC detektori ne generišu sopstveno zračenje (energiju), već kao senzorski element koriste *piroelektrični materijal* - materijal koji daje električni potencijal hlađenjem ili zagrevanjem (obavlja termoelektričnu konverziju). Najčešće korišćeni piroelektrični materijal u detektorima su galijum nitrit (GaN), cezijum nitrat (CsNO_3) i litijum - tantalat (LiTaO_3) koji ima i piezoelektrične osobine.

Ljudsko telo¹⁰⁷⁾ emituje IC energiju sa „pikom“ na oko 10 μm , tako da se PIR detektori projektuju da detektuju nagle promene u oblasti dalekog IC zračenja i generišu odgovarajući električni signal. Svi PIR detektori sadrže tri glavne komponente:

- o *optiku za nagledanje*,
- o *senzorske elemente* koji generišu električni signal na osnovu promena u infracrvenom zračenju i
- o *elektronska kola* koja obrađuju primljene podatke i generišu signal alarma.

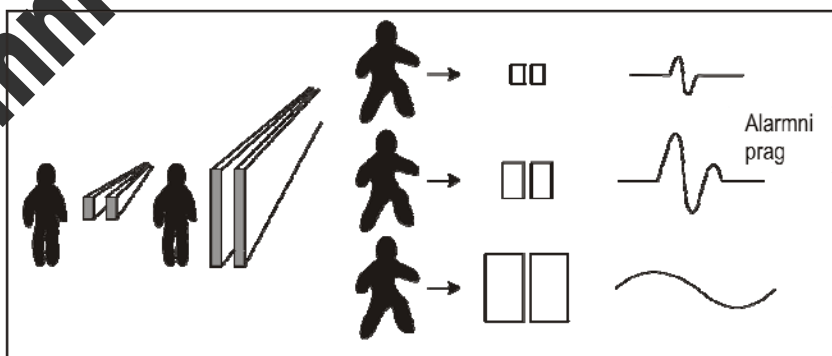
Bez dodatnog optičkog sistema koji služi da fokusira polje „vida“, PIR detektor ima široko polje detekcije koje je veoma malo osetljivo na promene IC zračenja i može da detektuje samo objekte koji su veoma blizu. Za usmeravanje udaljene IC energije na piroelektrični senzor koristi se tzv. *Fresnelov princip*¹⁰⁸⁾, tj. Frenelovo sočivo. Na bazi Frenelovog principa ulazna svetlost se deli kroz sistem sočiva, gde svako sočivo koncentriše IC energiju iz odgovarajuće zone koja se nadgleda u snop koji se usmerava na senzor. Time se formiraju optički „prozori“ kojima se definiše zona detekcije i osetljivost PIR detektora, slika 21.6.



Slika 21.6 Princip rada Frenelovog sočiva

Visina, širina i oblik zone detekcije zavisi od senzorskog elementa, žižne daljine sočiva i udaljenosti samog detektora od fronta polja koje se nadgleda. Gustina kojom se šire pojedinačne zone detekcije i njihov ugao su definisani jedino žižnom daljinom. Velika žižna daljina stvara usku zonu, dok se malom žižnom daljinom stvara velika zona detekcije.

Veličina zone bi trebala da bude bliska veličini cilja koji se nadgleda. Zona koja je veličine čoveka je relativno neosetljiva na manje smetnje kao što je na primer, kretanje miša ili toplotno strujanje koje potiče od klimatizacije. Pasivni infracrveni detektori pokreta su najmanje osetljivi na brzo kretanje objekta u neposrednoj blizini i na sporo kretanje objekta koji je na granici dometa detektora. Kada osoba vrlo brzo prolazi kroz malu zonu nadgledanja, trajanje promene temperature je isuviše malo da proizvede alarmni signal. Takođe, ako se osoba veoma sporo kreće kroz veliku zonu detekcije, postoji velika mogućnost da neće biti detektovana.



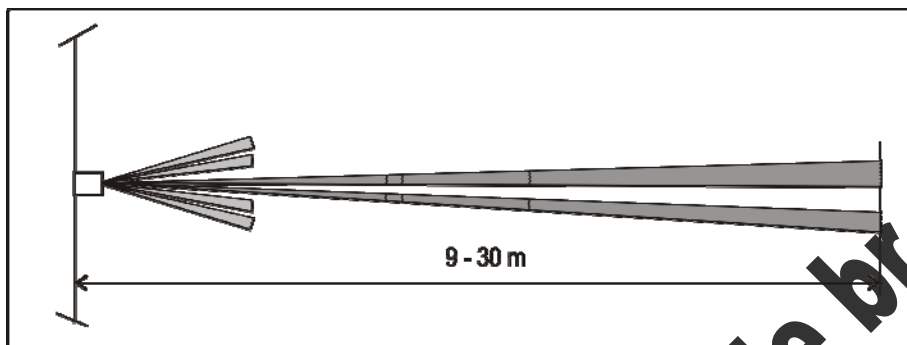
Slika 21.7 Veličina pojedinačne zone detekcije

¹⁰⁷⁾ definicija PIR detektora u evropskom standardu se vezuje isključivo za zračenje ljudskog tela - EN 50131 Part 2-2 Intrusion detectors - Passive infrared detectors: **passive infrared detector** - *detector of the broad spectrum infrared radiation emitted by a human being*.

¹⁰⁸⁾ *Augustin-Jean Fresnel* (1788. - 1827.), francuski fizičar. Frenelov princip predstavlja proširenje *Huygensovog* principa po kojem svaka tačka sredine do koje dospe talasni front postaje novi izvor sekundarnih talasa.

Lice koje uđe u malu zonu ispuni je veoma brzo tako da je promena temperature veoma brza i ne izaziva generisanje signala. Takođe, ako je zona veoma velika, spori prolazak „uljeza“ neće izazvati generisanje alarmnog signala, tako da je idealna zona u smislu detekcije ona koja je bliska veličini ljudskog tela.

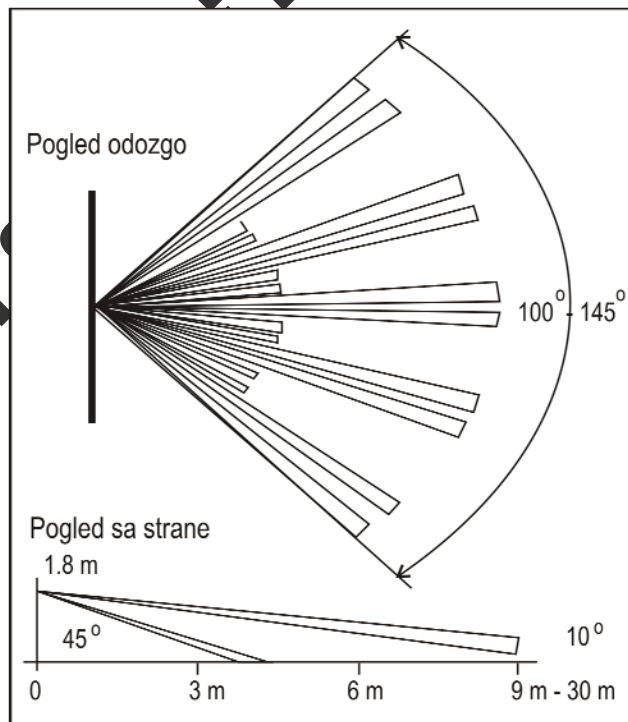
Dobro projektovan pasivni IC detektor velikog dometa treba da ima i zone koje su veoma kratke da bi se obezbedila dovoljna osetljivost na promene u blizini detektora.



Slika 21.8 Definisanje zona kod PIR detektora većeg dometa

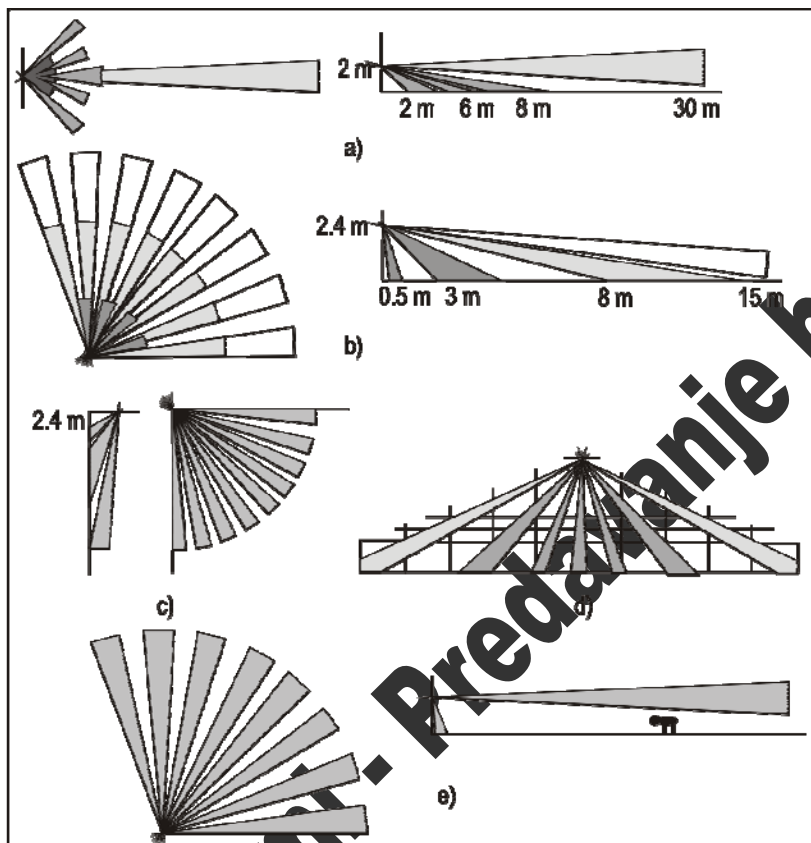
Prednosti pasivnih IC detektora su u tome što se jednostavno instaliraju, ne prodiru kroz prozorsko staklo, pošto se infracrveno zračenje iz dela spektra koji se koristi za detekciju u potpunosti odbija od stakla i svih materijala koji se koriste za gradnju. Takođe, broj detektora koji se nalaze u jednoj prostoriji nije ograničen, detektori mogu da se usmere i jedan prema drugom. Na osetljivost i pouzdanost detekcije ne utiču vibracije delova građevinske konstrukcije (zidovi, vrata, prozori).

Ugao, površina i oblik zone detekcije se definišu brojem i rasporedom sočiva. Pošto staklo na sočivu može da poveća nivo primljene IC energije, najčešće se koriste plastična sočiva.



Slika 21.9 Primer zone detekcije pasivnog IC detektora (pogled odozgo i sa strane)

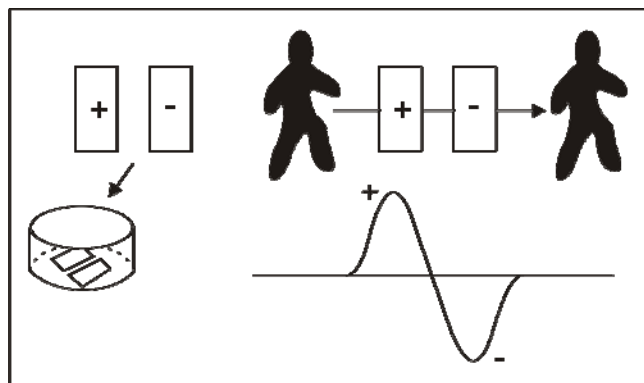
Broj sočiva, opseg detekcije i uglovi projektovanja se razlikuju pre svega od namene, pa i od proizvođača, tako da danas nije problem da se izabere odgovarajući pasivni IC detektor za većinu primena u praksi. Ako u prostoriji ima dosta nameštaja ili naslagane robe, najbolje mesto za postavljanje je tavanica (plafon), a ako to nije slučaj, montiraju se na zid u skladu sa namenom, slika 21.10.



Slika 21.10 Postavljanje pasivnog IC detektora zavisno od namene:

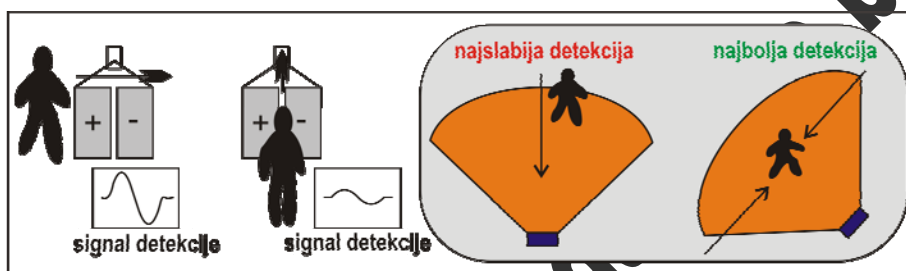
- a) - zaštita hodnika PIR detektorom velikog dometa, b) - prostorna zaštita u objektu, c) - zaštita formiranjem IC „zavese“, d) - postavljanje na tavanicu, e) - tip detekcije za izbegavanje životinja.

Većina proizvođača pravi senzore od piroelektričnog materijala u dva dela zbog smanjenja broj lažnih alarma koji mogu da nastanu zbog ambijentalnih uslova. Jedna polovina senzora daje negativan, a druga polovina pozitivan napon pri detekciji. Suština funkcionisanja je u tome da se prostor koji se štiti deli na zone koje su pozitivna i negativna sekcija, naizmenično. Promene temperature deluju podjednako na sve sekcije tako da se u isto vreme dobijaju signali suprotnog polariteta koji se poništavaju. Nasuprot tome, kretanje izaziva prvo signal u jednoj, a zatim u drugoj sekciji čime se dobija jasan signal alarma. Osim ovog tipa detektora sa „dual“ elementom, danas se proizvode i tzv. „quad“ pasivni IC detektori gde se duplira opisani princip rada.



Slika 21.11 PIR detektor sa „dual“ elementom

Najbolja detekcija je prilikom kretanja „uljeza“ upravno na osu zone pokrivanja, a najslabija u osi direktno prema senzoru - tada je najslabiji signal detekcije.



Slika 21.12 Amplituda signala detekcije zavisi od ugla kretanja u odnosu na osu detektora.

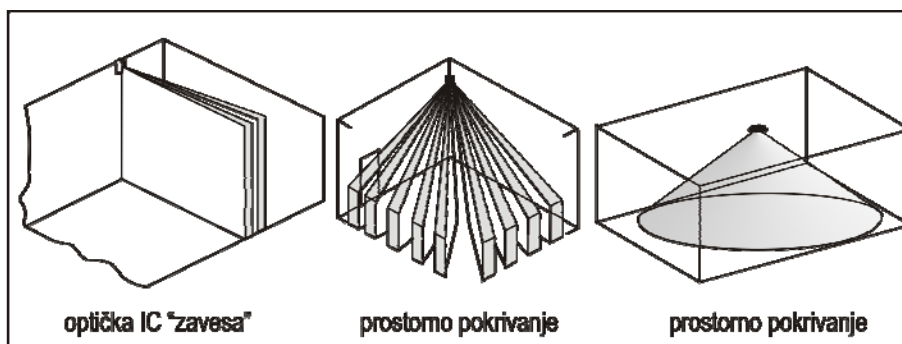
Savremeni pasivni IC detektori mere brzinu promene intenziteta infracrvenog zračenja u opsegu od 7 μm do 14 μm . Tipična konfiguracija pasivnog IC detektora kombinuje detekciju pomoću dva senzora, jednog do koga emitovana IC energija stiže odvijanjem i fokusiranjem pomoću konkavnog sočiva, i drugog sočiva do koga IC energija stiže direktno preko Frenelovih sočiva.

Evropski standard EN 50131-2-2 zahteva da se detektuje kretanje u dužini od 3.0 m u okviru zone pokrivanja, sa minimalnom brzinom kretanja od 1.0 m/s, i prelazak preko zone pokrivanja u dužini od 1.5 m, sa minimalnom brzinom kretanja od 0.3 do 0.1 m/s.

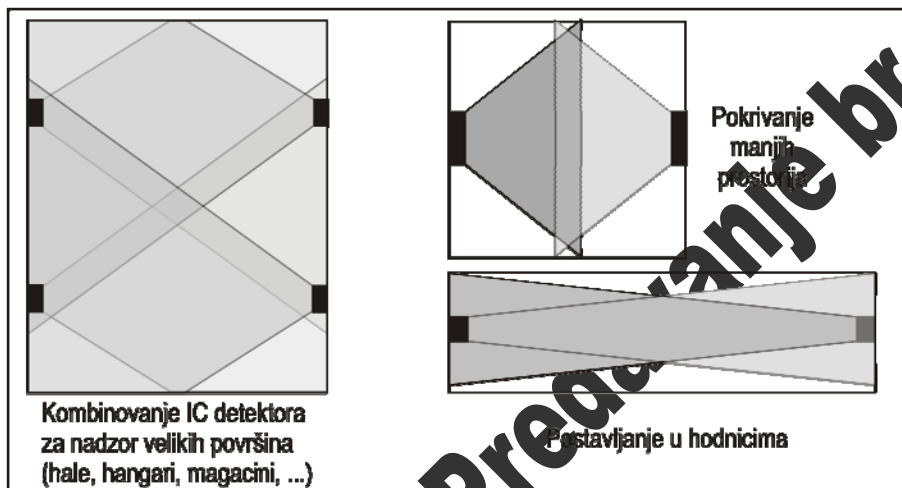
Kada je u pitanju velika brzina kretanja (trčanje), zahtevi standarda su da se detektuje brzina od 2.0 do 3.0 m/s, dok u neposrednoj blizini detektora brzina kretanja koja treba da izazove alarm je 0.5 m/s na rastojanju 2.0 m, i 0.2 m/s na rastojanju od 0.5 m od detektora.¹⁰⁹⁾

PIR detektor se postavlja na zidove ili tavanicu, tako da pokrije zahtevani prostor i da može lako da se podešava da bi se izbegli izvori mogućih lažnih alarmiranja. Teorijski, pasivni IC postavljen na tavanicu obezbeđuje 360° pokrivanje. Na drugoj strani, izborom i podešavanjem tipa sočiva i kombinacijom više detektora, moguće je realizovati efekat IC zavese ili barijere, čime se eliminišu tzv. „mrtve zone“ kod nadgledanja ulaznih tačaka u objekat. Na slikama 21.13 i 21.14 su ilustrovani mogući načini postavljanja detektora i konfigurisanja zona detekcije pomoću pasivnih IC detektora pokreta.

¹⁰⁹⁾ Parametri detektora pokreta u odnosu na zonu pokrivanja, udaljenost od detektora i brzina kretanja se definišu u standardu EN 50131 u delu *General walk test velocity and attitude requirements*. U skladu sa tim, detektori pokreta se dele u četiri kategorije *Grade 1* do *Grade 4* (najosetljiviji u odnosu na parametar koji se prati).



Slika 21.13 Postavljanje aktivnih IC detektora zavisno od namene i željene zone detekcije



Slika 21.14 Kombinovanje više IC detektora za potpuno pokrivanje prostora

Pošto ovaj tip detektora u suštini detektuje toplotnu energiju, teorijski, „uljez“ čija je temperatura tela identična temperaturi okruženja koje se nadgleda može biti praktično nevidljiv za detektor. Zato se u današnjim realizacijama pasivni IC detektori kombinuju sa drugim tipovima detektora. Pouzdanost detekcije može značajno da se smanji prekrivanjem ili maskiranjem detektora materijalom koji onemogućava prijem IC zračenja.

Najzad, najvažnije činjenice koje se odnose na upotrebu pasivnih infracrvenih detektora pokreta su sledeće:

- PIR detektore treba montirati u ugao prostorije zbog činjenice da su osetljiviji na kretanje poprečno u odnosu na osu detektora nego na kretanje koje se poklapa sa osom detektora;
- U prostorijama koje imaju veliki procenat zastakljenih površina moguć je veliki broj lažnih alarma, zbog toga što sunčevu svetlost koja ulazi kroz prozore apsorbuju objekti u prostoriji i pretvaraju u toplotu;
- Ogledala i glatke površine u prostoriji mogu da reflektuju sunčevu svetlost i da time izazovu lažne alarme;
- Kućište detektora mora da bude zatvoreno tako da se onemogući ulazak insekata ili uticaj vazдушnih strujanja (promaje).

22 Kombinovani detektori pokreta

Svi tipovi detektora pokreta o kojima je bilo reči u prethodnom tekstu su osetljivi na neki ambijentalni uticaj koji može da izazove lažni alarm. Svrha kombinovanja senzora koji primenjuju različite metode detekcije je da se minimizira broj lažnih alarmiranja tako što senzori koji ulaze u kombinaciju nemaju zajednički izvor lažnih alarmiranja. Zbog toga se danas sve više u zaštiti od provala koriste kombinovani detektori pokreta, tzv. „dual“ detektori (eng. *dual technology detector*, rus. *детектор движения двойной технологии*), ili kako se još nazivaju u našoj praksi - *dual element detektori*. Ovi detektori konstruktivno sadrže dva različita senzora pokreta u istom kućištu, a odlučivanje o signalu alarma je najčešće zasnovano na logičkoj „I“ relaciji između senzora, tako da do alarma u sistemu dolazi samo ako i jedan i drugi senzor signaliziraju pokret. U tabelama 22.1 i 22.2 su prikazani neki izvori lažnih alarmiranja detektora pokreta i procena njihovog uticaja na različite kombinacije u okviru dual detektora. Tabele mogu da posluže kao polazna osnova prilikom izbora vrste kombinovanog detektora pokreta za konkretnu primenu.

Tabela 22.1 Izvori lažnih alarmiranja detektora pokreta

Mogući izvor lažnih alarma	PIR	US	MW	Ocena problema (PIR-pasivni IC, US-ultrazvučni, MW-mikrovalasni). + - neznatni problemi, X - veći problemi, O - nema problema
Vazдушna strujanja, promaja, ...	+	X	O	
Viskofrekventni zvuk	O	X	O	
Grejna tela, peći, ...	X	+	O	
Pomeranje zavesa	O	X	+	
Visoka vlažnost	+	+	O	
Visoka temperatura	X	+	O	
Odbljesak svetla	O	O	X	
Direktna sunčeva svetlost	+	O	O	
Kretanje izvan prostora koji se štiti	O	O	X	
Vibracije izazvane udarcem	O	X	X	
Kretanje vode kroz cevi	O	O	X	
Male životinje	X	X	X	
Žamor, galama, ...	O	+	+	

Tabela 22.2 Osetljivost detektora pokreta na izvore lažnih alarmiranja

Izvor lažnog alarma	PIR	US	MW	PIR/US	PIR/MW	Ocena osetljivosti na lažna alarmiranja: 1 - Veliki problem 2 - Mali problem 3 - Zanemarljiv problem 4 - Postoji problem 5 - Nema problema
Vibracije	4	2	1	4	3	
Nagle promene temperature	2	4	5	2	5	
Izvori toplotnog zračenja	2	5	5	5	5	
Direktna sunčeva svetlost	1	5	5	3	3	
Visoka vlažnost	5	4	5	4	5	
Apsorpcija (meko tkanina, nameštaj ...)	5	2	4	3	4	
Osetljivost na male životinje	2	1	1	3	3	
Detekcija kroz tanke zidove i prozore	5	5	1	5	4	
Ventilacija i strujanje vazduha	4	1	5	3	5	
Zvona, kočnica, sletanje aviona, ...	5	2	5	4	5	
Mašine, ventilatori, ...	4	2	1	4	3	
Strujanje vode u cevima, ventilima, ...	5	5	1	5	5	
Fluorescentne svetiljke	5	5	2	5	3	
Međusobni uticaj svih izvora lažnog alarma	5	5	3	5	5	
Zvuk jake kiše ili grada na krovu	5	4	1	5	4	

Kombinovani detektori mogu biti aktivni i pasivni. Kombinovanje dve različite tehnologije detektovanja pokreta treba da pruži veći nivo pouzdanosti detekcije zbog toga što senzori nemaju iste izvore smetnji i mogućih lažnih alarmiranja. Danas su na tržištu prisutni detektori koji kombinuju ultrazvučni ili mikrotalasni detektor sa pasivnim infracrvenim detektorom. Na ovaj način detektor će reagovati samo na pojavu koja izaziva generisanje alarmnog signala na oba senzora, tako da je broj lažnih alarma kod kombinovanog detektora obično niži nego kod jednog ili drugog detektora pojedinačno.

Međutim, pouzdanost detekcije kombinovanog detektora je obično manja od pouzdanosti detektora koji ga čine. Na primer, ultrazvučni detektor ima verovatnoću detekcije od 0.95, kao i pasivni IC detektor sa kojim je u kombinaciji. To znači da će ovakav dual detektor imati verovatnoću detekcije od 0.90. Takođe, najveća verovatnoća detekcije kod ultrazvučnog i mikrotalasnog detektora je pri kretanju od ili ka detektoru, dok je kod pasivnog infracrvenog detektora pri kretanju u pravcu koji je upravan na osu detektora. Zbog toga se preporučuje da kod primena koje zahtevaju visoki nivo bezbednosti, ne treba postavljati kombinovane detektore zajedno sa zasebno postavljenim detektorima koji rade samo na jednom principu detekcije.

S obzirom na činjenicu da je alarmni signal uvek razlog za akciju manjeg ili većeg obima službe fizičkog obezbeđenja ili policije, stopa lažnog alarmiranja nije samo tehnička već i ekonomska kategorija. Zato postoje jaki razlozi za korišćenje detektora sa niskom stopom lažnih alarmiranja, i to pre svega kombinovanog detektora. Sa druge strane, razvoj tehnologije je omogućio da detektori ovog tipa ne budu značajno skuplji od detektora koji koriste pojedinačni način detekcije, pa su oni sve prisutniji u primenama i kod manjih objekata.

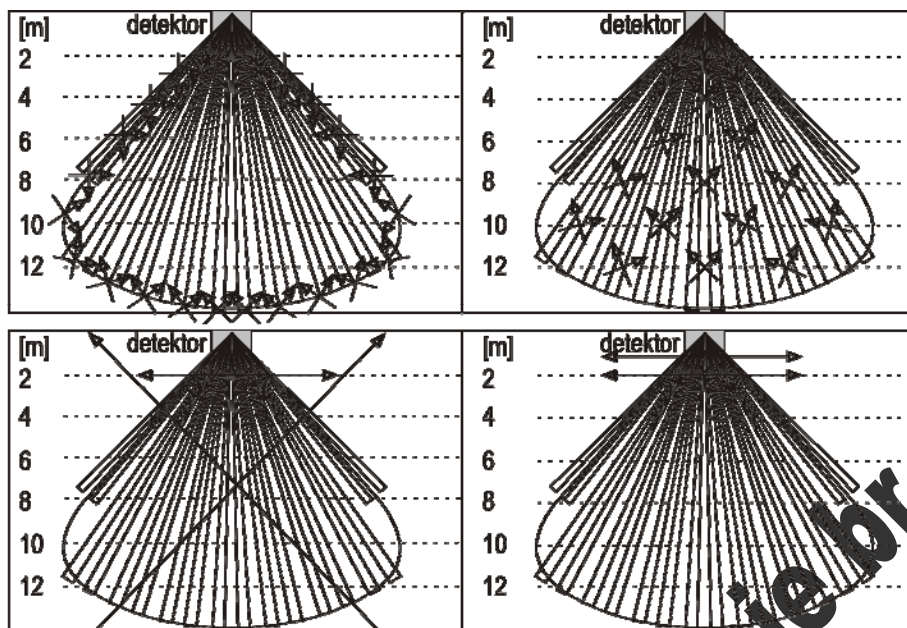
Performanse detekcije kombinovanih detektora pokreta se prema standardu EN 50131 utvrđuju testiranjem četiri načina detekcije: *detekcija pri ulasku u zonu* pokrivanja detektora, *detekcija u okviru zone* pokrivanja, *detekcija brzog prolaska kroz zonu* detekcije i *detekcija kretanja u neposrednoj blizini* detektora, slika 22.1. Ovi načini testiranja bi trebalo da se simuliraju u praksi posle postavljanja detektora na konkretnu lokaciju i u konkretnim uslovima, da bi se proverile njihove karakteristike detekcije.

Uslovi pod kojima se obavlja testiranje (brzina, pravac kretanja i udaljenost od detektora) su definisani u tabeli 22.3.¹¹⁰⁾ Treba napomenuti da evropski standard većinu detektora provale klasifikuje u četiri klase, ali postoje kod nas ne postoje precizniji zahtevi u tom smislu, ta klasifikacija nije primenjena u ovoj knjizi.

Tabela 22.3 Kriterijumi za testiranje detektora pokreta

Test - detekcija ulaska u zonu pokrivanja	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4
brzina	1.0 m/s	1.0 m/s	1.0 m/s	1.0 m/s
Test - detekcija u okviru zone pokrivanja	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4
brzina	0.3 m/s	0.3 m/s	0.2 m/s	0.1 m/s
Test - detekcija pri velikoj brzini kretanja	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4
brzina	-----	2.0 m/s	2.5 m/s	3.0 m/s
Test - detekcija u blizini detektora	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4
rastojanje od detektora	2.0 m	2.0 m	0.5 m	0.5 m
brzina	0.5 m/s	0.4 m/s	0.3 m/s	0.2 m/s

¹¹⁰⁾ EN 50131 - General walk test velocity and attitude requirements.

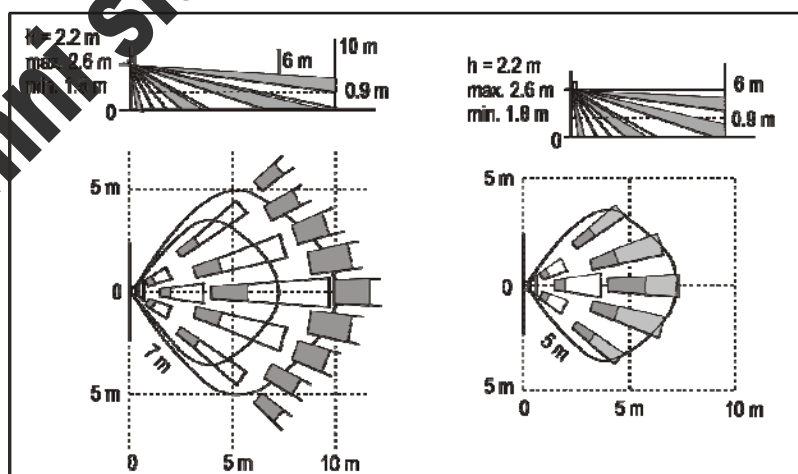


Slika 22.1 Testiranje detekcije detektora pokreta

Testiranje na granici i unutar zone pokrivanja (gore levo i desno) i pri velikoj brzini prelaska zone pokrivanja i u neposrednoj blizini detektora (dole levo i desno)

22.1 Kombinacija: pasivni IC i ultrazvučni detektor pokreta

Kombinacija: pasivni IC detektor i ultrazvučni detektor¹¹¹⁾ ima manju stopu lažnih alarma u slučajevima gde postoje mogući izvori ultrazvuka (uređaji ili vazдушna strujanja) koji ne utiču na rad IC detektora, dok nagle promene temperature ambijenta i mogući izvori IC zračenja (grejalica, motori u radu, itd.) koji utiču na rad IC detektora, ne utiču na pouzdanost detekcije ultrazvučnog dela. Teorijski, ako ultrazvučni i IC detektor daju po jedan lažni alarm mesečno svaki ponaosob, u kombinaciji oni će dati jedan lažni alarm jednom u 25 godina. U praksi je to mnogo češće, međutim, u primeni do 12 m može se smatrati da je broj lažnih alarma koji daje ova kombinacija zanemarljiv. Na slici 22.2 je prikazana zona pokrivanja kombinovanog detektora (kombinacija infracrveni i ultrazvučni detektor pokreta) jednog proizvođača.



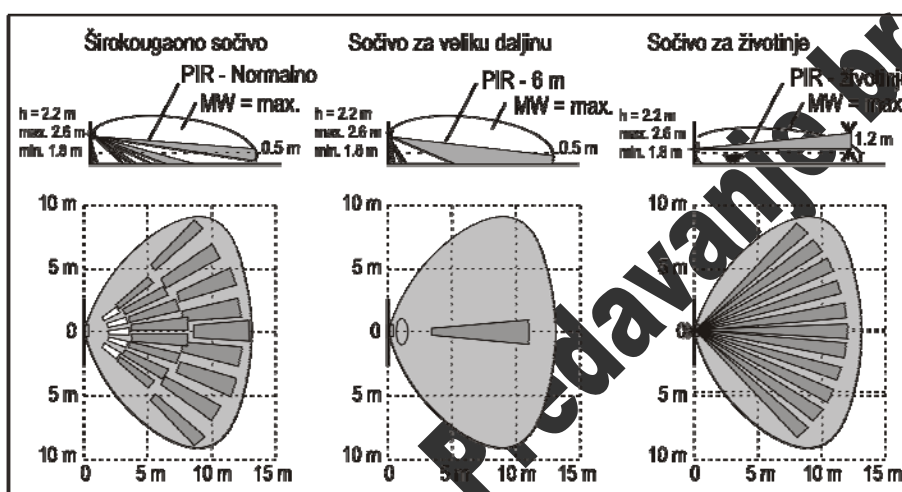
Slika 22.2 Zona pokrivanja kombinacije pasivni IC/ultrazvučni detektor

¹¹¹⁾ EN 50131 Part 2-5: Requirements for combined passive infrared and ultrasonic detectors - 3.1.2. combined passive infrared and ultrasonic detector: detector of the broad-spectrum infrared radiation emitted by a human being, with an active ultra-sonic emitter and receiver installed in the same housing.

22.2 Kombinacija pasivni infracrveni i mikrotalasni detektor pokreta

Kombinacija: pasivni IC detektor - mikrotalasni detektor¹¹²⁾ ima kao ograničavajući faktor površinu pokrivanja - faktor koji potiče od IC dela, pošto mikrotalasni detektor ima veliku zonu detekcije. U kombinaciji sa IC detektorom, mikrotalasni detektor je idealno rešenje za veće objekte i tamo gde se zahteva visoka pouzdanost detekcije.

Da bi se povećala pouzdanost detekcije danas se kao generator mikrotalasa koriste GaAs tranzistori koji mogu da rade na niskim temperaturama i imaju malu potrošnju. Kada se u objektu koristi više detektora sa ovom kombinacijom potrebno je da mikrotalasni detektori rade na različitim frekvencijama. Na slici 22.3 su prikazane zone detekcije jednog tipa kombinovanog detektora koji se može naći na tržištu, sa kombinacijom pasivni infracrveni/mikrotalasni detektor.



Slika 22.3 Kombinacija pasivni IC detektor i mikrotalasni detektor

Na slici je prikazan „pogled“ sa strane i odozgo.

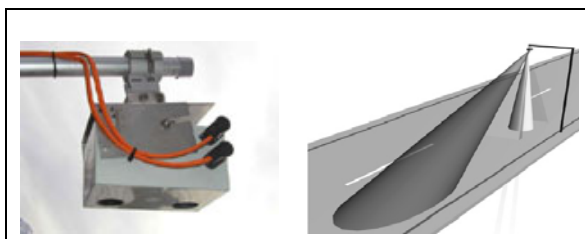
Danas se proizvode i detektori kretanja za posebne namene koji koriste sva tri tipa detektora u jednom kućištu, tzv. trostruki detektori (eng. *triple technology PIR/US/MW detectors*). Primenjuju se najčešće u kontroli saobraćaja za različite namene: klasifikaciju i prebrojavanje tipova vozila, izračunavanje brzine kretanja u pojedinim saobraćajnim trakama, praćenje gužvi u saobraćaju i slično, ali se mogu iskoristiti u redim slučajevima i u bezbednosne svrhe.

Slika 22.4

Primer trostrukog detektora pokreta

Opsezi rada:

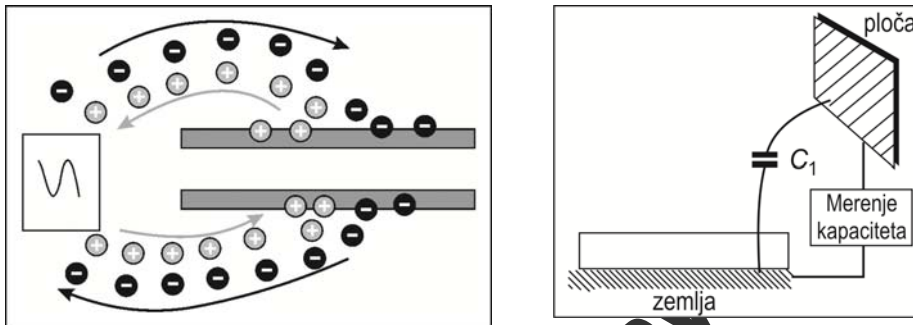
ultrazvučni - 50 kHz, mikrotalasni - 24.05 do 24.25 GHz, IC - 8 - 14 μ m



¹¹²⁾ EN 50131 Part 2-4: Requirements for combined passive infrared and microwave detectors - 3.1.2. combined passive infrared and microwave detector: detector of the broad-spectrum infrared radiation emitted by a human being, with an active microwave emitter and receiver installed in the same casing.

23 Kapacitivni detektori prisustva

Za detekciju neželjenog prisustva u blizini predmeta u objektu, moguće je iskoristiti sve detektore pokreta koji su opisani u prethodnim poglavljima, jer pokret dovodi lice do predmeta koji se štiti. Kao poseban tip detektora kojim može da se detektuje prisustvo u neposrednoj blizini cilja, izdvajaju se detektori koji rade na principu promene električne kapacitivnosti. Kapacitivni detektori (eng. *capacitive detector*, rus. *емкостной датчик*) najčešće koriste naizmeničnu struju za rad što ima za posledicu stalnu promenu polariteta naelektrisanja na pločama kondenzatora. Tehnički posmatrajući, kapacitet je direktno proporcionalan površini elektroda (ploča) kondenzatora i dielektričnoj konstanti između njih, a obrnuto proporcionalan rastojanju između elektroda, slika 23.1.



Slika 23.1 Princip rada kapacitivnih detektora prisustva

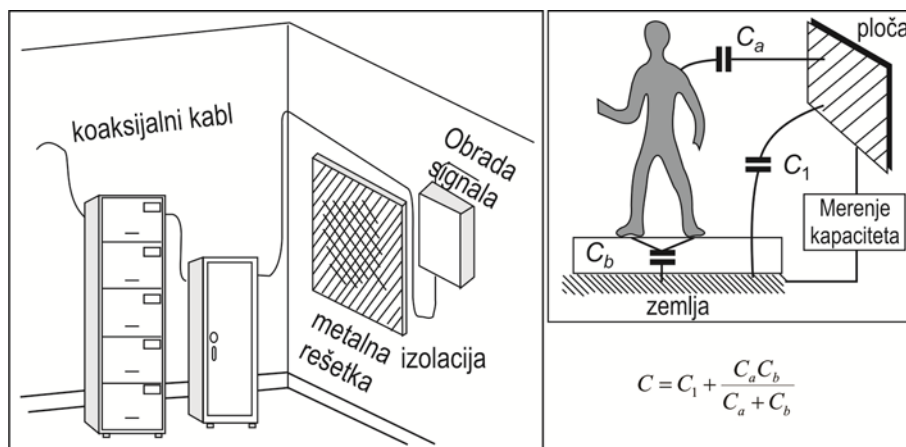
Kapacitet određuje jačinu struje, dok je sam kapacitet određen površinom i blizinom provodnih ploča kondenzatora.

Princip rada kapacitivnih detektora se zasniva na merenju promene električne kapacitivnosti između objekta (predmeta) koji se štiti i zemlje. Do promene kapacitivnosti dolazi kada se „uljez“ nalazi u blizini predmeta koji se štiti. Ovaj tip detektora se koristi za zaštitu metalnih ormara, sefova, kasa, itd. Iako postoji potreba za zaštitom predmeta koji nisu od metala, potrebno je da se oni „presvuaku“ metalnom folijom. Iako je ovaj tip detektora projektovan da bude osjetljiv na prisustvo lica u neposrednoj blizini predmeta koji se štiti, on se najčešće testira na dodir, iako se u dokumentaciji daje i blizina koja izaziva promenu, a kojom se definiše zona detekcije.

U zapadnoj literaturi se definišu dva tipa kapacitivnih detektora:

1. tip - Kapacitivni detektori koji generišu signal alarma kada se lice nalazi u neposrednoj blizini predmeta koji se štiti (eng. *capacitive proximity detector*). Opseg kapacitivnost koja se meri ovim tipom detektora je između 10000 i 50000 pF, a reaguju na minimalnu promenu od 20 pF.
2. tip - Kapacitivni detektori koji generišu signal alarma kada lice uđe ili se kreće u prostoru koji se štiti (eng. *capacitive volumetric detector*).

Nezavisno od toga koji tip kapacitivnog detektora se koristi, obično se kao uslov alarmiranja u zoni detekcije navodi da lice težine od 40 kg do 80 kg i koje se kreće brzinom od 0.3 do 0.6 m/s, treba da pređe put od 2 m. Ovaj uslov zavisi od vrste opreme (od proizvođača), ali se u većini slučajeva kao najpouzdanija zona detekcije navodi rastojanje između lica i predmeta od 1 m.



Slika 23.2 Ilustracija primene kapacitivnog detektora prisustva

Promena kapacitivnosti se koristi i za realizaciju linijskih kapacitivnih detektora koji služe za zaštitu perimetra. Za tu namenu, senzor se sastoji od tri provodnika koji se nalaze na malom rastojanju u kablju koji je upleten u ogradu i izolovan od nje. Oko kabla se formira električno polje, tako da približavanje ili dodirivanje ograde izaziva promenu kapacitivnosti, što je uzrok generisanja signala alarma. Ovakav tip kapacitivnog detektora pokriva udaljenost do 300 m, a lažna alarmiranja mogu biti izazvana jakim vibracijama ograde u koju je upleten senzorski kabl ili kretanjem vegetacije u blizini ograde.

Alarmni sistemi - Predavanje br. 10