



## Az energiatakarékos világítás szenzorai 1. - Mozgásérzékelési technológiák a gyakorlatban

**A** világítástechnikai rendszerek tervezői kompakt, intelligens megoldások létrehozására törekszenek. A lehető legkisebb energia felhasználásával elérhető megfelelő fényerő biztosítására a az elmúlt években rengeteg LED alapú megoldás született, ezek szakirodalmi kimeríthetetlen. Ezek a fényforrások ma már több, mint száz lumen/watt hatékonyságukkal megkerülhetetlenné váltak a felhasználók számára. Ma azonban további megtakarítási lehetőségeket kell ajánlani ahhoz, hogy versenyre tudjon kelni egy adott gyártó a versenytársakkal. Ez elsősorban olyan területek bevonását igényli, mint például a karbantartás szervezhetősége, az élettartam és a megbízhatóság növelése, valamint a vezérelhetőség. Ezek az új „OKOS” egységek képesek kell, hogy legyenek a környezeti paraméterekhez igazított működésre, amihez megfelelő érzékelőkre van szükség.

*A paraméterek ismeretében lehetőség van beavatkozásra, például megfelelő fényviszonyoknál kikapcsolásra, túlmelegedés esetén leszállítósra, zaj, rezgés megjelenése esetén ezek jelentésére. Ezek a képességek mind az élettartam növeléséhez és a megelőző karbantartás tervezhetőségéhez járulnak hozzá. Az emberi jelenlét érzékelése olyan világítási megoldások esetén fontos, ahol csak akkor érdemes működtetni a fényforrást, ha valaki ott van a területen. Jelen írásunkban ehhez a legalapvetőbb feladathoz alkalmazható szenzorokat tekintjük át, a sorozat folytatásában pedig az okos világítás érzékelőiről lesz szó.*

Az energiatakarékos LED-es világítástechnikai megoldás általában mozgás-érzékelős automatikus kapcsolás vezérlés integrálásával biztosítható. Manapság erre a feladatra a passzív infra (PIR) technológia terjedt el a legjobban, ami tökéletesen alkalmas az emberi test nagy amplitúdójú mozgásának érzékelésére, azonban nem képes például irodában ülő és nyugalomban dolgozó vagy otthon tévő ember érzékelésére. Ezen problémák kiküszöbölésére szerencsére manapság egy sor újfajta érzékelési technológia is megfizethető alternatívaként jön szóba. A radar szenzor az egyik eszköz, ami a PIR

technológia említett hiányosságait kiküszöböli, alkalmas kis mozgások, mint a gépelés, a beszéd, vagy akár a légzés érzékelésére is. Ezek az érzékelők már korántsem elérhetetlen árúak és így kiválóan alkalmazhatók emberi jelenlét érzékelésre és a PIR technológia hiányosságainak áthidalására. Mivel a radar szenzor sem mindig képes a teljesen nyugalomban lévő test detektálására, további megoldások is szükségesek lehetnek, ilyen például az optikai megfigyelés, ami a személyiséjogi problémák kiküszöbölésére kihelyeztethető például kis felbontású, olcsó „hőkamera” alkalmazásával. Ilyen eszköz a Panasonic GRID-EYE szenzora, amit szintén bemutatunk.

## PIR szenzorok

A passzív infravörös szenzor (PIR) valójában a mozgó emberi test által

kibocsátott hőnek a környezet hőmérsékletére való hatását érzékeli. Ez a sugárzás az infravörös tartományba esik  $9.4\mu\text{m}$  hullámhossz körüli csúcserővel, melyet a PIR szenzor piro-elektromos anyaga érzékel.

A PIR elemek ferro-elektromos tulajdonsággal bírnak, nyugalmi helyzetben egyenletes a felületi töltéelosztás, melyet azonban nem is lehet detektálni, mert a környezet ionjainak ellentétes töltése ezeket a felületi töltéseket kompenzálja. Amennyiben az elemeket infravörös sugárzás éri ezek kis mértékben felmelegednek és a kristály szerkezetének megváltozása (hőtágulás) a felületi töltésegyensúly felborulásához, polarizációváltozáshoz vezet, melyet aztán elektromos úton érzékelhetünk, melyhez a beépített FET-es erősítő kimenetén megjelenő feszültségjel nyújt segítséget. Mivel a hőmérsékletváltozás

okoza polarizáció-változásnak kellően gyorsnak kell lenni, csak mozgó (infra tartományban sugárzó) objektumot lehet ezzel a szenzortípussal detektálni.

Ami a detektor felépítését illeti, általában két, vagy négy érzékelő elemet tartalmaz a környezeti hőmérséklet változásának kiküszöbölésére, valamint Fresnel lencsét a sugárzás fókuszálására. A sokzónás Fresnel lencse a mozgó sugárzó testről több képet is alkot és ezeket a képeket különböző módon vetíti a piroelektromos érzékelő elemekre.

A PIR szenzor horizontálisan jól érzékel, azonban a vertikális érzékeléssel problémák lehetnek egyes kialakításoknál.

A PIR szenzor kapható speciális kivitelben is, mint például a Nicera digitális kimenettel rendelkező eszköze, melyhez nem feltétlenül szükséges mikrokontrolleres kommunikáció sem, mert a mozgás érzékelésekor a kimeneti lábon - egy előre beállított "ON" időre - logikai '1' értéket reprezentáló ( $V_{dd}-1V$ ) feszültség jelenik meg, különben alacsony ( $<1V$ ) feszültség.

A bekapcsolási idő beállítása a SENS és ON\_Time pinekre kapcsolt, előre definiált feszültség rákapcsolásával lehetséges. Ezzel az eszközzel néhány külső alkatrész felhasználásával komplett mozgásérzékelő alakítható ki egyszerűen.

A PIR technológia hátránya, hogy drága Fresnel lencsére van szükség és az, hogy csak tangenciális mozgás érzékelésére használható biztonságosan. Előnye az olcsóság és az érzéketlenség a környezetben mozgó zavaró objektumokra.

## **Radar szenzorok**

A radar szenzorok az emberi test kis mozgásaira is érzékenyek, és intelligens rendszerek érzékelőként ki tudják küszöbölni a passzív infra technológia korábban ismertett hiányosságait. Azonban ahhoz, hogy érdemes legyen PIR szenzort kiváltani mikrohullámú eszközzel, annak olcsónak, kompaktnak, kisméretűnek és kis fogyasztásúnak kell lennie. Korábban a radar rendszerek meglehetősen drága és nagyméretű alkotóelemekből, például nehéz hullámvezetőkől és drága Gunn-diódákból épültek fel, mely nehézkessé – esetenként lehetetlenné – tette a technológia hétköznapi használatát. Ma a planár technológia elterjedésével robusztus, költséghatékony és kisméretű szenzorok készíthetők.

## **Működési elv**

A radar modulok rádiófrekvenciás elektromágneses hullámokat bocsátanak ki, ezek frekvenciája a 18..27 GHz-es, úgynevezett K-Band sávba esik. A K-

Band egy része a 24 .. 24.250 GHz-es tartomány, az ISM (Industrial, Science and Medical / Ipari, Tudományos és Orvosi) sáv, mely majdnem mindenhol a világon szabadon használható, itt működnek a radar szenzorok is. A radarsugárzás a szilárd tárgyakról visszaverődik, és ez a reflexió adja az érzékelés lehetőségét. A radar vevőmodul által detektált visszavert sugárzás nagysága, nem csak a tárgy távolságától, hanem annak anyagától és méretétől is függ.

A fémfelületek általában nagyon jó radar céltárgyak, de az emberi test is tökéletesen detektálható a nagy  $\epsilon_r$ -érték miatt, melyet a jelenlévő nagy mennyiségű víz okoz. Az emberi test a legkisebb kapható modulokkal is már kb. 10 méterről jól érzékelhető. A műanyagok nagy része a radarsugarak számára láthatatlan, ezért kiválóan burkolhatók velük a szenzorok a környezet káros hatásai ellen való védekezés során, míg például a PIR érzékelő esetén Fresnel lencsék és kültéri házak használatára van szükség.

A tárgyalt radar szenzorok működési alapelve a Doppler effektus, melynek segítségével bizonyos távolságra lévő tárgyak sebessége mérhető.

A radar által kibocsátott elektromágneses hullám a mozgó tárgyról visszaverődve eltérő frekvenciával érkezik a vevőre, ennek a különbségnek a detektálásával a tárgy radarhoz képesti radiális sebességkomponensének direkt és nagy pontosságú mérésére van lehetőség. A Doppler effektus lényege a kibocsátott és a mozgó tárgyról visszaverődő detektált hullám frekvenciájának különbsége, mely jellemző a mozgó tárgy sebességére. A Doppler effektus nap, mint nap tapasztalható, ha egy álló megfigyelő felé haladó, rögzített frekvenciájú hanghullámokat kibocsátó tárgy közeledik, majd távolodik.

Ilyenkor folyamatosan változó magasságú hangot hallunk, a hang egyre magasabb a mozgó objektum érkezésekor, áthaladáskor valós frekvenciát érzékelünk, majd elhaladáskor a hang mélyülni fog. A kibocsátott és a visszaverődő (érezelt) frekvencia különbsége a megfigyelő és a kibocsátó egymáshoz képesti sebességével arányos.

Az előbbi példában a kibocsátó objektum mozgott és a megfigyelő állt, radar szenzorok esetén a kibocsátó és az

érezkelő is áll, viszont a visszaverő objektum az, ami mozog és okozza a Doppler effektust.

A Doppler radar tehát objektumok mozgásának detektálására és azok sebességének mérésére használható. A visszaverő tárgy a szenzor hatókörébe érve annak kimenetén alacsony frekvenciájú szinusz hullámot generál, melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.

A frekvencia transzformáció az alábbi képlettel írható le:

$$F_{\text{visszavert}} = F_{\text{kibocsátott}} (1+v/c) / (1-v/c)$$

Ahol  $v$  az objektum sebessége,  $c$  a fénysebesség (az elektromágneses sugarak haladási sebessége). A Doppler frekvencia számítása a következőképpen történik:

$$F_d = F_{\text{visszavert}} - F_{\text{kibocsátott}} = 2vF_{\text{kibocsátott}} / c,$$

tehát arányos a mozgó objektum sebességével. Az amplitúdó a mozgó tárgy távolságától, és annak visszaverő képességétől függ.

A sebesség pontos mérhetősége sokszor nagyon hasznos, és a drágább mikrohullámú radarszenzorok erre alkalmasak, még nagyobb sebességek esetén is. Ha azonban az ember jelenlétének érzékelése a feladat, elég a

maximum 1 m/s (3,6 km/h) sebességgel mozgó test detektálhatósága, viszont kis, olcsó és egyszerűen használható szenzor szükséges.

## **NJRC WaveEye K-Band Doppler szenzor**

Míg a hagyományos mikrohullámú szenzorok köré bonyolult áramkörök építése szükséges ahhoz, hogy a például intelligens világítástechnikai berendezések vezérlésére lehessen használni őket, addig léteznek egyszerűbb, teljesen integrált, Doppler-technológián alapuló 24 GHz-es mikrohullámú mozgásérzékelő modulok is. Egy ilyen eszköz az NJR4265 modul a New Japan Radio Corporation-től, melyben az antenna, az RF áramkör, az erősítők, szűrők, feszültség szabályzók és a digitális áramkör is egy 14 x 20.4 x 8.8 mm méretű tokban együtt kerültek elhelyezésre.

Az NJR4265 kis sebességű közeli tárgy, például egy járókelő detektálására



alkalmazható. A mozgó tárgy biztonságos érzékelését a beágyazott szoftver segítségével valósították meg a tervezők, ez a program felel a véletlen mozgások és a szomszédos szenzorok áthallásának kiküszöböléséről, valamint a mozgás irányának (közeledés vagy távolodás) meghatározásáról is. Az eszközre jellemző még az alacsony működési feszültség (3.3-5V) és a kis fogyasztás is, érzékelés közben az áramfelvétel 60 mA, míg nyugalmi állapotban mindössze 4 mA.

A sugárzási ábrán látszik, hogy mind tangenciális, mind vertikális irányban képes mozgást érzékelni a modul, ezzel lényegesen előnyösebb használata a PIR technológiával szemben. Az érzékelés maximális távolsága 10m, +/- 35°-os szögben és a mozgó tárgy sebessége 0.25-1 m/s között lehet.

Ezeket az adatokat az ábrán látható elrendezésben mérték. Mivel az NJR4265 kicsi, nincs szükség külső elemekre (pl. Fresnel lencse) és működése mikrohullámú radar technológián alapul, könnyedén beépíthető a vezérelni kívánt rendszer, például utcalámpa házába.

Az elfogadható árszint és a könnyű használhatóság ideális kiváltójává teszi a problémás PIR alapú mozgásérzékelő rendszereknek, vagy azok kiegészíthetők vele. Az alkalmazhatósága nagyon

sokrétű, kiváló automatikusan nyíló ajtók, vagy energiatakarékosági megfontolásokból használt automatikus világításkapcsolók, automatikusan kikapcsolódó klímák, TV képernyők, vagy számítástechnikai berendezések mozgásérzékelőjeként. Készíthető vele légzés- vagy szívverésdetektor is.

A mikrohullámú Doppler technológia biztosította sebességmérés révén speciális sport-alkalmazásokban is hasznos lehet, egy megvalósított felhasználás például a golfütők lendítési sebességének mérése.

A Doppler frekvencia fenti számítása a szenzor síkjára merőlegesen haladó objektum esetén érvényes, emiatt érdemes figyelembe venni a mozgó objektum haladásának és a kibocsátott radarjel nyalábjának egymással bezárt szögét is.

A szokásos 24 GHz radar frekvencia és 3X108 m/s fénysebesség mellett a Doppler frekvencia számítása az alábbi módon történik:

A képletből látszik, hogy a radarnyaláb irányára merőlegesen mozgó objektum érzékelése problémás lehet. Bár a radarszenzorokkal a PIR szenzorokkal

ellentétben relatív kis mozgás is érzékelhető, nyugalomban lévő tárgyak érzékelése terén nem a legjobb megoldást választjuk, ha ilyen szenzort alkalmazunk.

Gondoljunk például szállodai fürdőszobák, nyilvános illemhelyek megvilágításának „jelenlét” érzékelős kapcsolására, ahol sem a PIR, sem pedig a radarszenzor nem lesz alkalmazható.

Továbbá adott területre belépő, illetve onnan távozó személyek érzékelésével operáló számlálási feladatok sem kivitelezhetők, mert ezek a szenzorok nem képesek detektálni a mozgó objektumok számát, csak jelenlétüket.

Abszolút nyugalomban lévő személyek érzékelésére és számolására optikai (kamerás) megoldások jöhetnének szóba, de a személyiségi jogok sérülése sokszor ezt nem teszi lehetővé (pl. toalett, lakás stb.) Ilyenkor jöhet jól egy olyan olcsó, kis felbontású „hőkamera”, ami a következő bekezdés témája lesz.

## **GRID-EYE termo-szenzor**

A Panasonic GRID-EYE eszköze tulajdonképpen egy 8X8-as hőelem mátrix, azaz 64 különálló szenzorral képes abszolút hőmérsékletet detektálni az objektum által kibocsátott infravörös sugárzás érzékelésével. A Grid-EYE képes a hőmérséklet és a hőmérsékleti

gradiens észlelésére és egyszerű, kisfelbontású (64 pixeles) hőkép felvételére is. Könnyedén felismerhető több személy egyidejű jelenléte, mozgásuk iránya, pozíciójuk, amellett, hogy a hőfénykép nem alkalmas a személy azonosítására, tehát a személyiségi jogok sem sérülnek.

Költséghatékony, kompakt alkalmazások készíthetők vele pontos érintésmentes hőmérsékletmérés útján a teljes lefedni kívánt területre. A COVID-19 járvány kapcsán felmerülhet a testhőmérséklet mérése is, erre is megoldást adhat ez a szenzor.

A beépített szilícium lencse 60°-os látószöveget biztosít és a mérési eredmények egy mikrovezérlővel I<sup>2</sup>C interfészen keresztül 1 vagy 10 fps sebességgel olvashatók ki.

A kimeneti megszakítás (IRQ/interrupt) jel alkalmas olyan kritikus beavatkozások indítására, melyeket késlekedés nélkül végre kell hajtani érzékeléskor, ezáltal nagy szabadságot ad a rendszerek tervezőinek.

A különálló termoelemektől és piro-szenzoroktól eltérően a mátrixos elrendezés lehetővé teszi az alakfelismerésen alapuló érzékelést, az SMD kivitel pedig a késztermék elektronikájának korszerű gyárthatóságát biztosítja.



A fenti táblázatban összehasonlítva a korábban bemutatott mozgásérzékelőkkel a GRID-EYE előnyei jól értelmezhetőek.

több objektum egyszerre történő megfigyelésére, követésére, esetleg megszámlálására.

Az ábrán látható, hogy az emberalak érzékelése érintkezésmentes hőmérsékletmérés útján történik. Az eltérő színű pixelek különböző hőmérsékletet jelentenek.

Az egyes termoelemek a tér felosztott részeinek hőmérsékletét mérik, ezáltal feltérképezhető a megfigyelt területen fellelhető összes hőforrás és az általuk sugárzott hő eloszlása. Az adatok a mikroprocesszor által az I<sup>2</sup>C interfészen keresztül pixelenként kiolvashatók és kiértékelhetők. A detektálási távolság növelésével az objektum képének mérete összemérhetővé válik a szenzor elem kiterjedésével, ez kihasználható például

Adott területen mozgó, vagy álló objektum hőterképe a szenzor kiolvasásával előállítható. Közeli érzékeléskor az objektum vagy személy hotspotjai kiemelhetők. Amennyiben távolabbi detektálást választunk, akár

több objektum egyidejű megfigyelésére is lehetőség van, illetve a mintázat változásának követésével a haladás iránya is monitorozható.

A GRID-EYE szenzorok felhasználási területe rendkívül széles.

**Biztonságtechnika:**

- Foglaltság érzékelés
- Emberek számolása, több ember mozgásának egyidejű monitorozása

**Háztartás:**

- Sütőkben / mikrohullámú sütőkben az étel hőmérsékletének követése
- Klíma berendezések kapcsolása
- Fűtés kapcsolása

**Orvoselektronika:**

- Páciens követés
- Mozgásérzékelés
- Hőtérképezés
- Pozíció érzékelés

**Világítástechnika:**

- Energiamegtakarítás
- Mozgásérzékelés nélküli jelenlét érzékelés

**Ipari hőmérsékletmérés:**

- Ipari folyamatirányítás
- Érintésmentes hőmérsékletmérés

(folytatjuk)

Közeli érzékeléskor a szenzor felhasználható például gesztusvezérlésre, ilyen lehet például az autóban egyes funkciók kézmozdulattal történő aktiválása: