



**A** passzív infra (PIR) technológia terjedt el a legjobban mozgásérzékelésre, ami tökéletesen alkalmas az emberi test nagy amplitúdójú mozgásának detektálására, azonban nem képes nyugalomban lévő ember érzékelésére, illetve nehézkes vele a közeledés és a távolodás, a mozgás irányának meghatározása is. A radar szenzor technológia alkalmas a PIR technológia említett hiányosságai egy részének kiküszöbölésére. Ezek az érzékelők kiválóan alkalmazhatók a PIR technológia kiváltására, azonban nem adnak megfelelő megoldást a teljesen nyugalomban lévő személyek jelenlétének érzékelésére, és irányérzékelésük is elsősorban mélységi (közeledés/távolodás). Mivel több személy elkülönült detektálása sem megoldott, nem használható számlálásra sem. A Panasonic fejlesztette GridEye szenzor a fenti célokra tökéletesen megfelel. Termoelemek mátrixos elhelyezé-sével felvehető az érzékelt objektum hőterképe, ennek kiértékelésével sokkal részletesebb információ nyerhető a mozgásról, mint akár a különálló termoelem, vagy a fent említett technológiák valamelyikének hhasználatával.

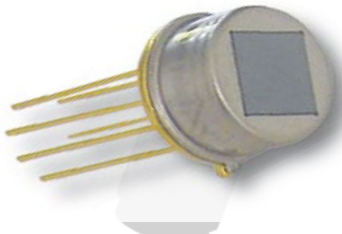
Az emberi jelenlét esetén működtetendő rendszerek – például a világítástechnikai eszközök – tervezői kompakt, intelligens és energiatakarékos megoldás létrehozására töreksenek, melyet általában mozgásérzékelős automatikus kapcsolás vezérlés integrálásával biztosítanak. Manapság erre a feladatra a passzív 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 tévéző ember érzékelésére, illetve nehézkes vele a közeledés és a távolodás, a mozgás irányának érzékelése is.

A radar szenzor technológia alkalmas a PIR technológia említett hiányosságai egy részének kiküszöbölésére, mint például kis mozgások, illetve a közeledés és a távolodás szétválasztása, ezzel kapcsolatban jelent meg írásunk a NJRC WaveEye szenzoráról korábban. Ezek az érzékelők már korántsem elérhetetlen áruak, és így kiválóan alkalmazhatók és a PIR technológia hiányosságainak áthidalására, azonban nem biztosítanak megfelelő megoldást a teljesen nyugalomban lévő személyek jelenlétének érzékelésére.

Irányérzékelésük is elsősorban mélységi (közeledés/távolodás), és mivel több személy elkülönült detektálása sem

megoldott, nem kivitelezhető például a helyiségbe be- és kilépő emberek számlálása sem. A Panasonic fejlesztette GridEye szenzor a fenti célokra tökéletesen megfelel. Termoelemek mátrixos elhelyezésével az érzékelt objektum hőterképe vehető fel, aminek kiértékelésével sokkal részletesebb információ nyerhető a mozgásról, mint akár a különálló termoelem, vagy a fent említett technológiák valamelyikének használatával. Ennek az új és kiváló szenzornak a működését tekintjük át és hasonlítjuk össze a többi mozgásérzékelési technológiával.

## A PIR szenzorok



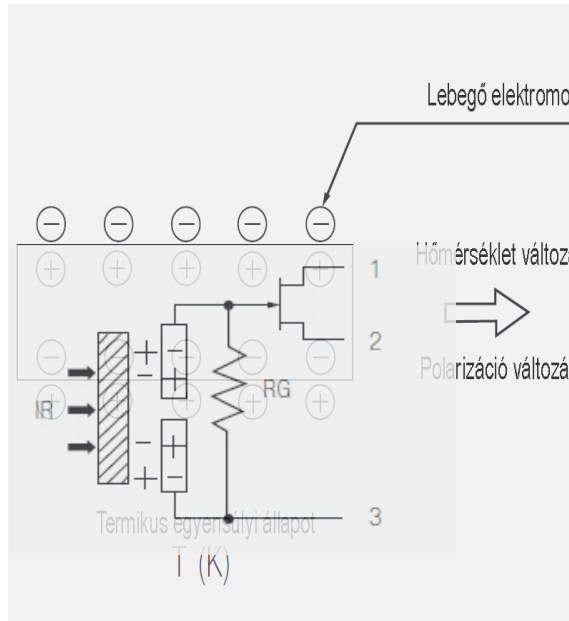
A passzív infravörös szenzor (PIR) valójában a mozgó emberi test által kibocsátott hőnek a környezet hőmérsékletére való hatását érzékeli. Ez a sugárzás az infravörös tartományba esik 9.4 $\mu$ m hullámhossz körüli csúcserőteléssel, melyet a PIR szenzor piroelektromos anyaga érzékel.

A PIR elemek ferroelektromos tulajdonsággal bírnak, nyugalmi helyzetben egyenletes a felületi töltéselosztás, 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, polarizáció változáshoz vezet, melyet aztán elektromos úton érzékelhetünk, melyhez a beépített FET-es erősítő kimenetén megjelenő feszültségjel nyújt segítséget.

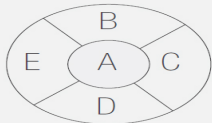
Mivel a hőmérsékletváltozás okozta polarizáció-változásnak kellően gyorsnak kell lenni, csak mozgó (infra tartományban sugárzó) objektumot lehet ezzel szenzortípussal detektálni.



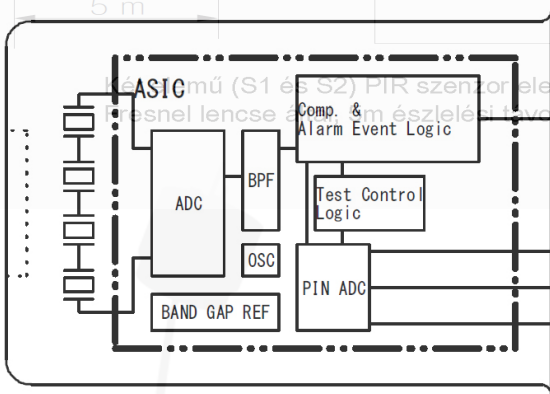
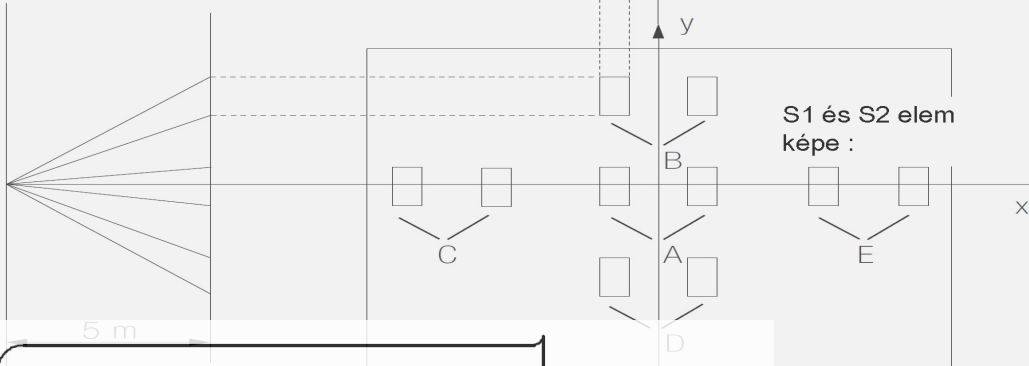
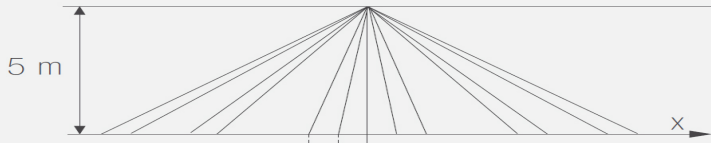
Ami a detektor felépítését illeti, általában két, vagy négy érzékelő elemet tartalmaz



Oldalnézet



Felülnézet

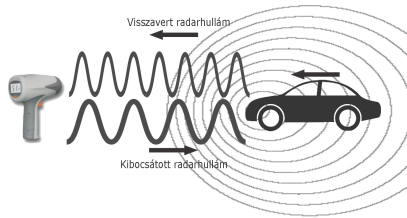


ASIC (S1 és S2) PIR szenzor elemeinek leképezése 5 zónás (A..E) Fresnel lencse 2,5m észlelési távolsághoz

- 2. Vout
- 1. Vdd
- 3. GND.
- SENS
- ONTIME
- OEN

Option

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 érzékelőiként ki tudják küszöbölni a passzív infra technológia korábban ismertetett 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.

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

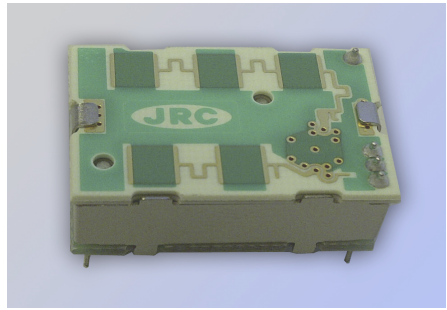
visszaverődik, és ez a reflexió adja az érzékelés lehetőségét. A radar vevőmodul által detektált visszavert sugárzás nagysága nemcsak a tárgy távolságától, hanem annak anyagától és méretétől is függ.

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 modulok a környezet káros hatásai ellen való védekezés során, míg például a PIR modulok esetén Fresnel lencsék és kültéri házak használatára van szükség.

A 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

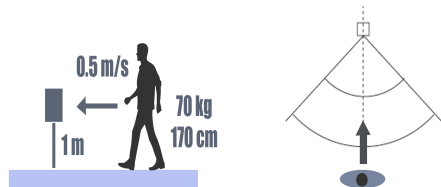
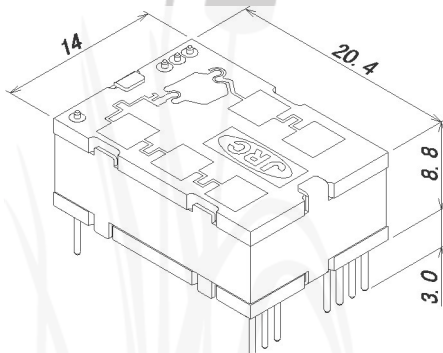


különbségnek a detektálásával a tárgy radarhoz képesti radiális sebességkomponensének direkt és nagy pontosságú mérésére van lehetőség.

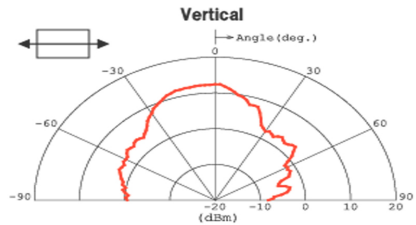
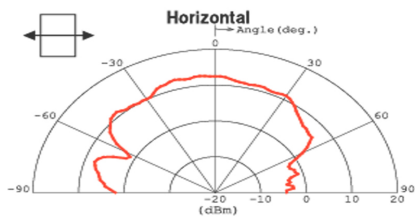
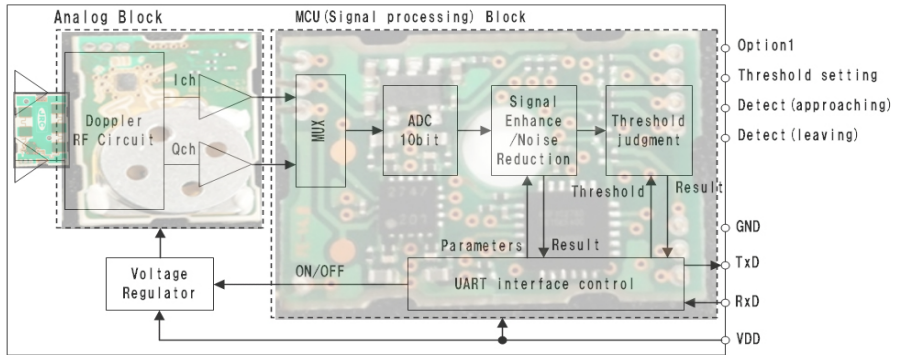
A Doppler effektus lényege a kibocsátott és a mozgó tárgyról visszaverődő detektált hullám frekvenciájának különbsége, mely jellemző a mozgó tárgy sebességére.

A kibocsátott és a visszaverődő (érezelt) frekvencia különbsége a megfigyelő és a kibocsátó egymáshoz képesti sebességével arányos. A Doppler radar tehát objektumok mozgásának detektálására és azok sebességének mérésére használható.

A visszaverő tárgy a szenzor hatókörébe érve annak kimenetén alacsony frekvenciájú szinuszos hullámot generál,



melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.



A frekvencia transzformáció az alábbi képlettel írható le:

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

ahol  $v$  az objektum sebessége,  $c$  a fénysebesség (az elektromágneses sugarak haladási sebessége).

A Doppler frekvencia számítása a következőképpen történik:

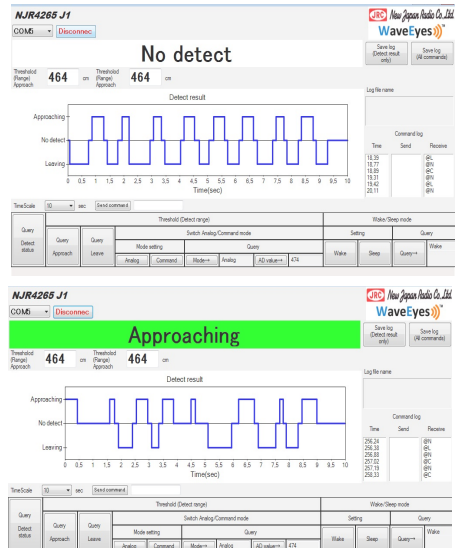
$$F_d = F_{\text{visszavert}} - F_{\text{kibocsátott}} = 2vF_{\text{kibocsátott}} / c,$$

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

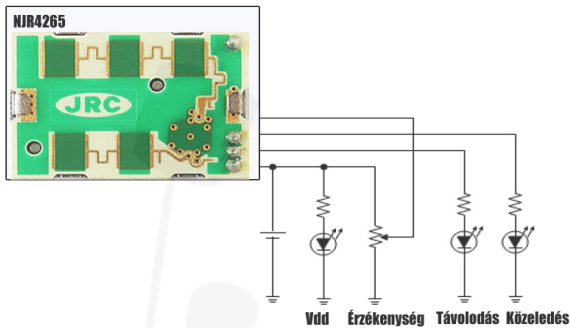
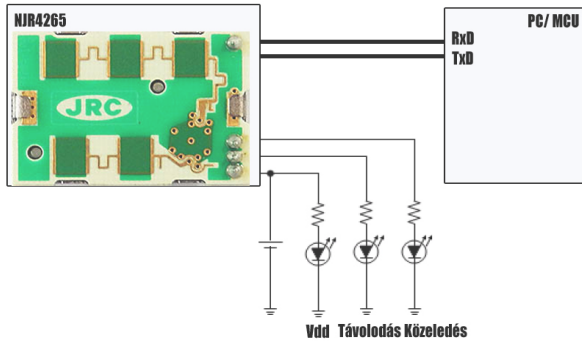
## WaveEye K-Band Doppler szenzor a New Japan Radio Corporation-tól

A sebesség pontos mérhetősége sokszor nagyon hasznos, és az általunk kínált RfBeam 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. Erre jó



példa a New Japan Radio gyártmányú WaveEye radar szenzor modul, amit ugyan nem a sebesség abszolút nagyságának mérésére, annál inkább meglétének és irányának detektálására fejlesztett a gyártó.



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 mozgás-érzékelő modulok is. Egy ilyen eszköz a cikkben bemutatott NJR4265 modul a New Japan Radio Corporation-tól, 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 J1 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 kiküszöböléséért, valamint a mozgás irányának (közeledés vagy távolodás) meghatározásáért 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 blokk diagramon látszik, hogy a patch antenna és az RF áramkörök az analóg szűrőkkel

és a jelfeldolgozó áramkörrel egybeépülnek. 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. A modul kipróbálásához a NJR kifejlesztett egy próbapanelt, ami szintén rendelhető, ez a kit felel az UART-USB interfész átalakításért és teszi lehetővé az eszköz PC-hez való egyszerű csatlakoztatását.

$$f_d = \frac{2 \cdot f_{Tx} \cdot v}{c_0} \cdot \cos \alpha = v \cdot \frac{44 \text{ Hz}}{\text{km/h}} \cdot \cos \alpha$$

A mellékelt szoftver a bemutatott képenyőfotók szerint alkalmas a mozgás irányának kijelzésére is. A modul alkalmazható MCU/PC-vel való együttműködésre, ez esetben az érzékenység beállítása a processzor feladata.

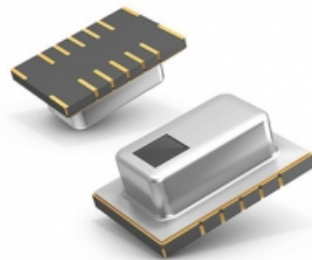
Amennyiben a modult önállóan kívánjuk használni, az ábrán bemutatott elrendezésben az érzékenység egy potenciométerrel lehetséges.

Mindkét esetben használhatunk a kijelző LED-ek helyett egy-egy vezérlőáramkört, ami a kívánt beavatkozást a rendszer számára biztosítja.

(Pl. lámpa bekapcsolása közeledéskor, illetve kikapcsolása távolodáskor.)

## Felhasználási terület

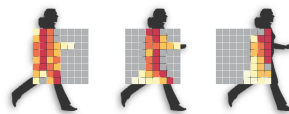
Mivel az NJR4265 kicsi, nincs szükség külső elemekre (pl. Fresnel lencse) és működése mikrohullámú radar



technológián alapul, könnyedén beépíthető a vezérelni kívánt rendszer, pl. utcalámpa házába.

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

Alkalmazhatósága valóban sokrétű: kiváló automatikusan nyíló ajtók, vagy energia-takarékossági megfontolásból használt automatikus világításkapcsolók, automatikusan kikapcsolódó klímák, TV képernyők, illetve akár a számítástechnikai berendezések

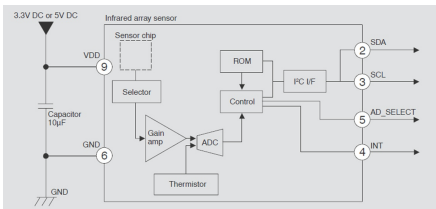


mozgásérzékelőjeként.

Készíthető vele különleges légzés- vagy szívveréstartektor is. A mikrohullámú Doppler technológia biztosította



	Mozgó objektum	Álló objektum	Mozgás iránya	Hőmérséklet mérés	Sebesség mérés	Hőkép
<b>PIR</b>	<b>IGEN</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Radar</b>	<b>IGEN</b>	<b>X</b>	<b>Korlátozott (közeledés-távolodás)</b>	<b>X</b>	<b>IGEN</b>	<b>X</b>
<b>Termoelem</b>	<b>IGEN</b>	<b>IGEN</b>	<b>X</b>	<b>IGEN</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Grid-EYE mátrix</b>	<b>IGEN</b>	<b>IGEN</b>	<b>IGEN</b>	<b>IGEN</b>	<b>Kalkulálható</b>	<b>IGEN</b>

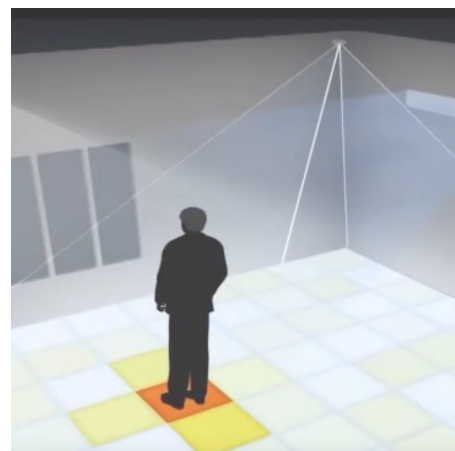


sebességmérés révén speciális sport-alkalmazásokban is hasznos lehet, (egy már megvalósított felhasználása például a golfütők lendítési sebességének mérése).

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  $3 \times 10^8$  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.

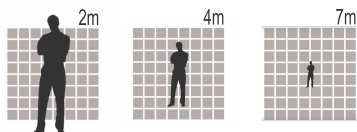
Bár a radarszenzorokkal a PIR szenzorokkal ellentétben relatív kis mozgás is érzékelhető, nyugalomban lévő tárgyak érzékelése terén nem a legjobb megoldást választjuk, ha ilyen szenzort alkalmazunk.



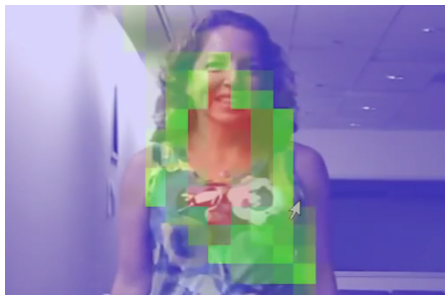
Gondoljunk például szállodai fürdőszobák, nyilvános illemhelyek megvilágításának „jelenlét” érzékelős kapcsolására, ahol sem a PIR, sem pedig a radarszenzor nem lesz alkalmazható. Továbbá adott területre belépő, illetve onnan távozó személyek érzékelésével operáló számlálási feladatok sem kivitelezhetők, mert ezek a szenzorok nem képesek detektálni a mozgó objektumok számát, csak jelenlétüket.

## GRID-EYE termo- szenzor

A Panasonic új GRID-EYE eszköze tulajdonképpen egy 8X8-as hőelem mátrix, azaz 64 különálló szenzorral képes abszolút hőmérsékletet detektálni



az objektum által kibocsátott infravörös sugárzás érzékelésével.

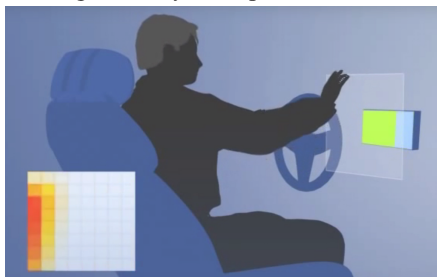


A Grid-EYE képes a hőmérséklet és a hőmérsékleti gradiens észlelésére és egyszerű, kifelbontású (64 pixeles) hőkép felvételére is. Könnyedén felismerhető több személy egyidejű



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 beépített szilícium lencse 60°-os látószöveget biztosít és a mérési eredmények PC interfészen keresztül 1 vagy 10 fps sebességgel olvashatók ki.

A kimeneti 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



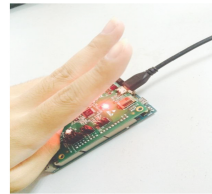
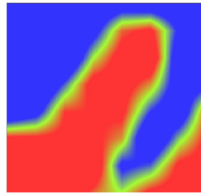
piroszenzoroktól eltérően a mátrixos elrendezés lehetővé teszi az alakfelismerésen alapuló érzékelést, az SMD kivitel pedig a késztermék elektronikájának korszerű gyárthatóságát biztosítja.

A fenti táblázatban összehasonlítva a korábban bemutatott mozgás érzékelőkkel a GRID-EYE előnye jól értelmezhető.

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

Az egyes termoelemek a tér felosztott részeinek hőmérsékletét mérik, ezáltal feltérképezhető a megfigyelt területen fellehető 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 több objektum egyszerre történő



megfigyelésére, követésére, esetleg megszámlálására. Adott területen mozgó, vagy álló objektum hőtérképe a szenzor kiolvasásával előállítható.

Közeli érzékeléskor az objektum vagy személy hotspotjai kiemelhetők:

Ha távolabbi detektálást választunk, akár több objektum egyidejű megfigyelésére is lehetőség van, illetve a mintázat változásának követésével a haladás iránya is monitorozható:

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

