



Mozgásérzékelés a gyakorlatban - PIR, radar és a Panasonic GridEye szenzor

A passzív infra (PIR) technológia terjedt el a legjobban mozgás-érzékelésre, 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 irány-érzékelésük 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 használatával.

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 árúak, és így kiválóan alkalmazhatók és a PIR technológia hiányosságainak áthidalására, azonban nem biztosítanak megfelelő megoldást a teljesen nyugalomban lévő személyek jelenlétének érzékelésére.

Írányérzékelésük 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



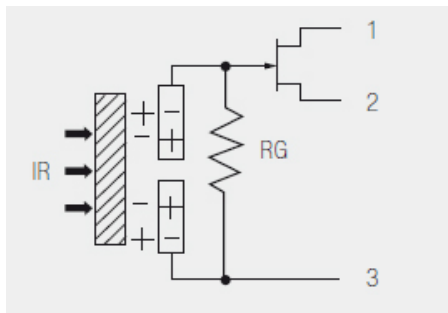
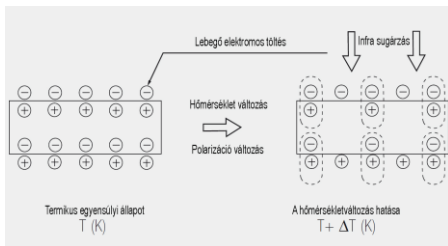
A passzív infravörös szenzor (PIR) valójában a mozgó emberi test által kibocsátott hőnek a környezet hőmérsékletére való hatását érzékeli. Ez a sugárzás az infravörös tartományba esik $9.4\mu\text{m}$ hullámhossz körüli csúcsértékekkel, melyet a PIR szenzor piroelektromos anyaga érzékel.

A PIR elemek ferroelektromos tulajdonsággal bírnak, nyugalmi helyzetben egyenletes a felületi töltéelosztás, melyet azonban nem is lehet detektálni, mert a környezeti

ionjainak ellentétes töltése ezeket a felületi töltéseket kompenzálja.

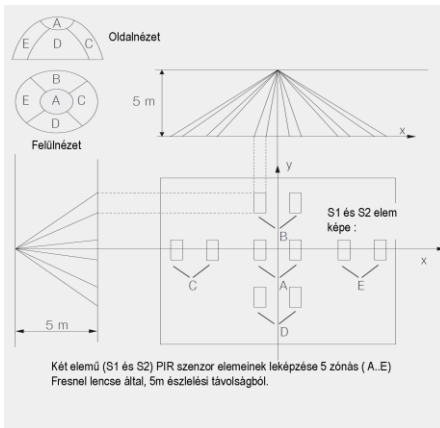
Amennyiben az elemeket infravörös sugárzás éri, ezek kis mértékben felmelegednek és a kristály szerkezetének megváltozása (hőtágulás) a felületi töltésegyensúly felborulásához, polarizáció változáshoz vezet, melyet aztán elektromos úton érzékelhetünk, melyhez a beépített FET-es erősítő kimenetén megjelenő feszültséggel nyújt segítséget.

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

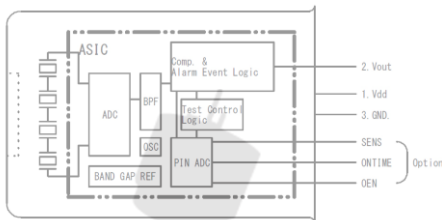


Ami a detektor felépítését illeti, általában két, vagy négy érzékelő elemet tartalmaz a környezeti hőmérséklet változásának kiküszöbölésére, valamint Fresnel

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 (Vdd-1V)

feszültség jelenik meg, különben alacsony (<1V) feszültség.

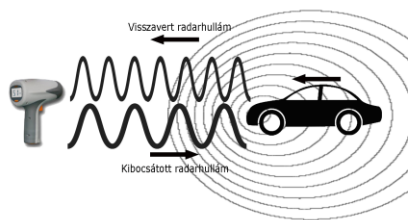
A bekapcsolási idő beállítása a SENS és ON_Time pinekre kapcsolt, előre definiált feszültség rákapcsolásával lehetséges. Ezzel az eszközzel néhány külső alkatrész felhasználásával komplett mozgásérzékelő alakítható ki egyszerűen.

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 tárgyról 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 er –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 (érzékel) 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 szinusz hullámot generál, melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.

A frekvencia transzformáció az alábbi képlettel írható le:

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

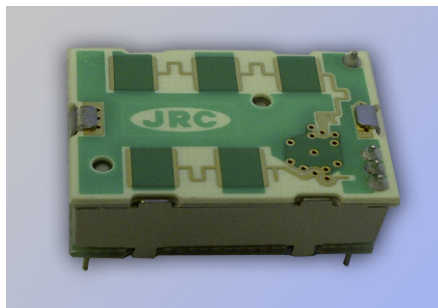
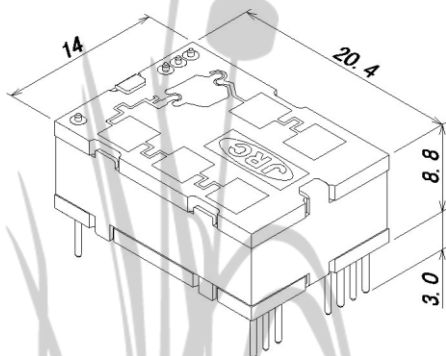
ahol v az objektum sebessége, c a fénysebesség (az elektromágneses sugarak haladási sebessége).

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.

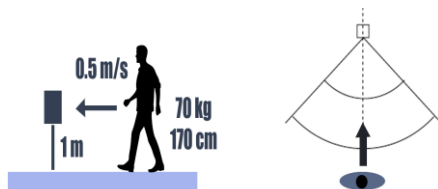
WaveEye K-Band Doppler szenzor a New Japan Radio Corporation-tól

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.

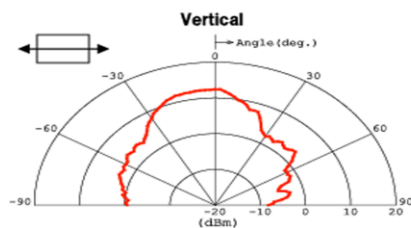
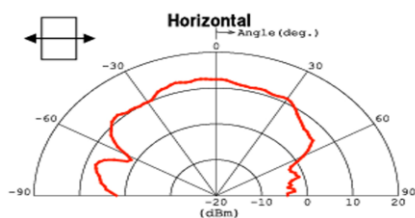
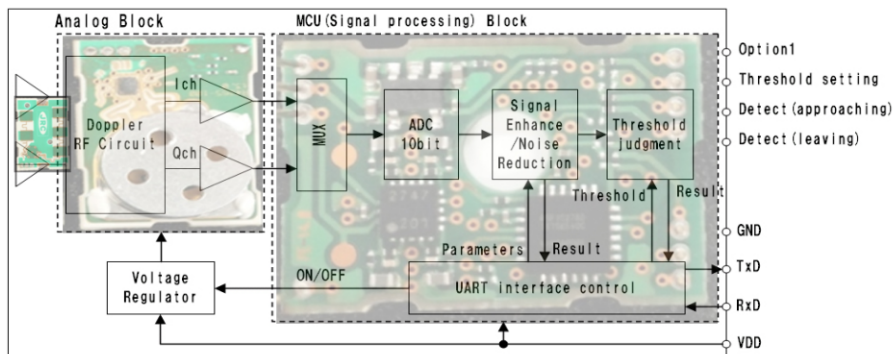


Míg a hagyományos mikrohullámú szenzorok köré bonyolult áramkörök építése szükséges ahhoz, hogy a például intelligens világítástechnikai berendezések vezérlésére lehessen használni őket, addig léteznek egyszerűbb, teljesen integrált, Doppler-technológián alapuló 24 GHz-es mikrohullámú mozgás-érzékelő 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.



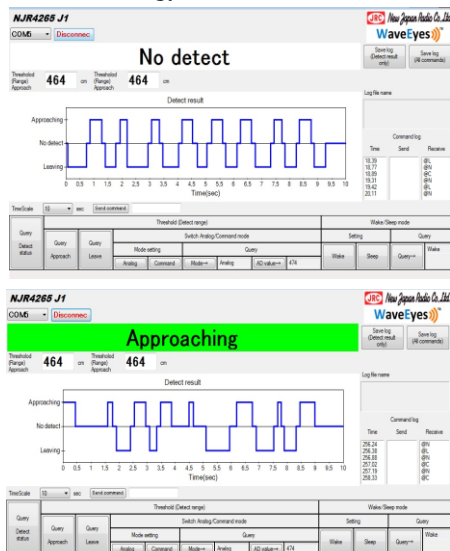
A mozgó tárgy biztonságos érzékelését a beágyazott szoftver segítségével valósították meg a tervezők, ez a



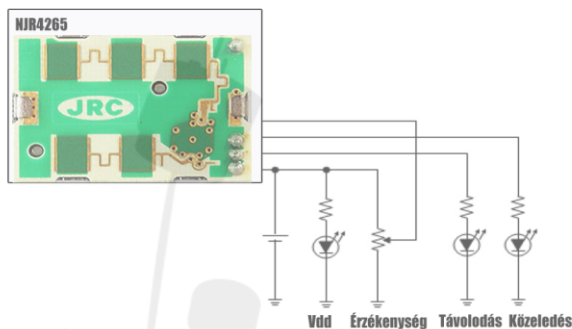
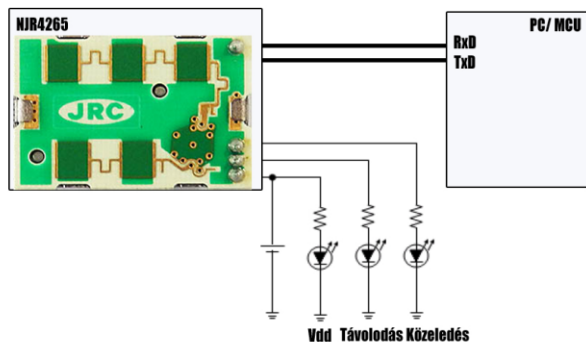
program felel a véletlen mozgások és a szomszédos szenzorok áthallásának kiküszöböléséért, valamint a mozgás irányának (közeledés vagy távolodás) meghatározásáért is.

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.



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 megfontolásokból használt automatikus világítás-

kapcsolók, automatikusan kikapcsolódó klímák, TV képernyők, illetve akár a számítástechnikai berendezések mozgásérzékelőjeként.

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

sebességmérés révén speciális sportalkalmazásokban 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 3X108 m/s fénysebesség mellett a Doppler frekvencia számítása az alábbi módon történik:

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

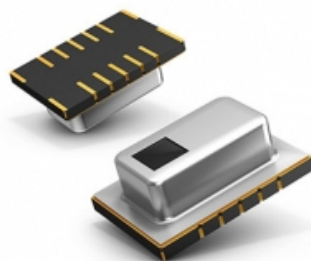
A képletből látszik, hogy a radarnyaláb irányára merőlegesen mozgó objektum érzékelése problémás lehet.

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



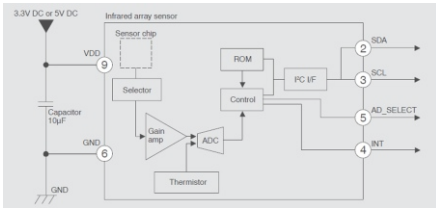
A Panasonic új GRID-EYE eszköze tulajdonképpen egy 8X8-as hőelem mátrix, azaz 64 különálló szenzorral képes abszolút hőmérsékletet detektálni az objektum által kibocsátott infravörös sugárzás érzékelésével.

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.

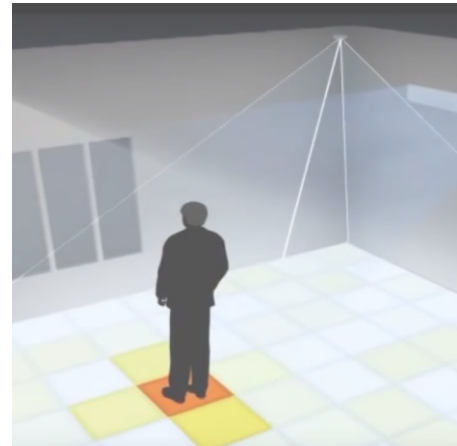
	Mozgó objektum	Álló objektum	Mozgás iránya	Hőmérséklet mérés	Sebesség mérés	Hőkép
PIR	IGEN	X	X	X	X	X
Radar	IGEN	X	Korlátozott (közeledés-távolodás)	X	IGEN	X
Termoelem	IGEN	IGEN	X	IGEN	X	X
Grid-EYE mátrix	IGEN	IGEN	IGEN	IGEN	Kalkulálható	IGEN



A beépített szilícium lencse 60°-os látószöveget biztosít és a mérési eredmények I²C 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 előnyei jól értelmezhetőek.

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

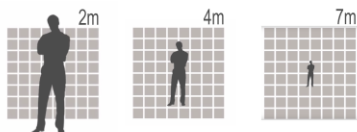


hőmérsékletet jelentenek.

Az egyes termoelemek a tér felosztott részeinek hőmérsékletét mérik, ezáltal feltérképezhető a megfigyelt területen fellelhető összes hőforrás és az általuk sugárzott hő eloszlása. Az adatok a mikroprocesszor által az I²C interfészen keresztül pixelenként kiolvashatók és kiértékelhetők.

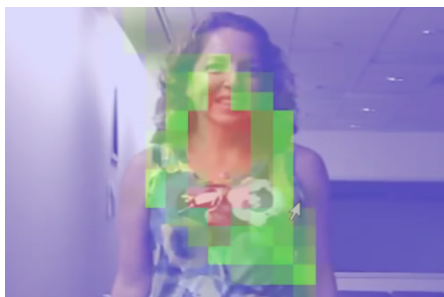
A detektálási távolság növelésével az objektum képeinek mérete

összemérhetővé válik a szenzor elem kiterjedésével, ez kihasználható például több objektum egyszerre történő megfigyelésére, követésére, esetleg megszámlálására. Adott területen



mozgó, vagy álló objektum hő térképe a szenzor kiolvasásával előállítható.

Közele érzékeléskor az objektum vagy személy hotspotjai kiemelhetők:

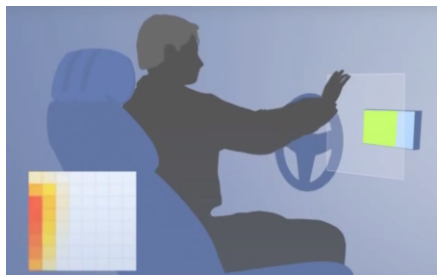


Ha távolabbi detektálást választunk, akár több objektum egyidejű megfigyelésére is lehetőség van, illetve a mintázat változásának követésével a haladás iránya is monitorozható:



Közele érzékeléskor a szenzor felhasználható például az gesztusvezérlésre, ilyen lehet például az

autóban egyes funkciók kézmozdulattal történő aktiválása.



A végtermék fejlesztés megkönnyítésére és a gyors piacra kerülés biztosítása érdekében a GRID-EYE szenzorokhoz kapható egy kiértékelő kit is. Ez a panel a szenzoron kívül kommunikációs interfészt is tartalmaz, mellyel USB porton keresztül számítógéphez, a beépített PAN1470 Bluetooth Smart modulon keresztül pedig akár okostelefonhoz is kapcsolható ez az Arduino kompatibilis, ATMEL mikroprocesszorral működő áramköri kártya.



A letölthető kiértékelő szoftver segítségével gyors prototípus fejlesztés valósítható meg. Akár önállóan, a fent említett kommunikációs protokollokat nem használva, akár egy Arduino miniszámítógép kiegészítőjeként

üzemeltetve, ez a panel nagyban segít a fejlesztésben.

A GRID-EYE szenzorok felhasználási területe rendkívül széles:

Biztonságtechnika

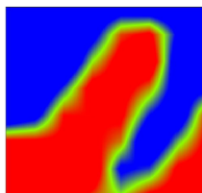
- Foglaltság érzékelés
- Emberek számolása, több ember mozgásának egyidejű monitorozása

Háztartás

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

Orvoselektronika

- Páciens követés
- Mozcásérzékelés
- Hőterképezés
- Pozíció érzékelés



Világítástechnika

- Energiamegtakarítás, világításkapcsolás
- Mozcás nélküli jelenlét érzékelés
- Irányfüggő vezérlések

Ipari hőmérsékletmérés

- Ipari folyamatirányítás
- Érintésmentes hőmérsékletmérés

Járműelektronika

- Gesztusvezérléses funkciók
- Utas jelenlétérzékelés

