



A piacon nagyon sok – elsősorban biztonságtechnikai célokra használt – mozgásdetektor kapható, ezek leggyakrabban passzív infravörös mozgásérzékelők, optikai úton működő fénySOROMPÓK és hasonló eszközök. Általánosan igaz, hogy ezek a megoldások korlátozott lehetőségekkel bírnak, még akkor is, ha jól megtervezett rendszerekben tökéletesen látják el feladatukat. A mikrohullámú technika területén alkalmazott újítások lehetővé teszik, hogy mára új eszközök is használhatóak legyenek a fenti célokra, olyan megoldásokról szól jelen írásunk, melyek jelentős előnyökkel járnak, például a jelenlét detektálása mellett távolságmérésre, precíz sebesség meghatározásra és irányérzékelésre is használhatóak.

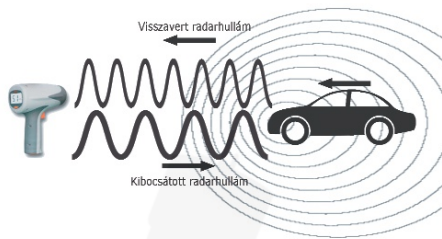
A radar szenzorokról általánosságban

A múltban a radar rendszerek meglehetősen drága és nagy méretű alkotóelemekből, például nehéz hullámvezetőkől és drága Gunn-diódákból épültek fel, mely nehézkessé – esetenként lehetetlenné – tette a technológia hétköznapi használatát. Ma a planár technológia elterjedésével robosztus, költség hatékony és kis méretű szenzorok készíthetők. A cikkben tárgyalt radar szenzorok az úgynevezett rövid hatótávolságú (néhány centimétertől néhány száz méterig) radar megoldásokhoz használhatóak.

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 cáltárgyak, de az emberi test is tökéletesen detektálható a nagy ϵ_r -érték miatt, melyet a jelenlévő nagy mennyiségű víz okoz. Az emberi test a legkisebb kapható modulokkal is már kb 12 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 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 érzékelő 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 szinuszos hullámot generál, melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.

A frekvencia transzformáció az alábbi képlettel írható le:

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

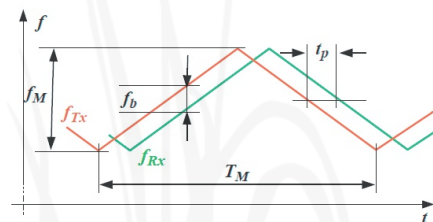
Ahol v az objektum sebessége, c a fénysebesség (az elektromágneses sugarak haladási sebessé. A Doppler frekvencia számítása a következőképpen történik :

$$F_d = F_{\text{visszavert}} - F_{\text{kibocsátott}} = 2vF_{\text{kibocsátott}} / c,$$
 tehát arányos a mozgó objektum sebességével.

Az amplitúdó a mozgó tárgy távolságától, és annak visszaverő képességétől függ. Az Endrich által kínált RFBeam radar szenzorok esetén a Doppler frekvencia 158 Hz m/s egységre (44Hz km/h egységre) radiális irányú mozgás esetén. Néhány speciális modul két kimenettel rendelkezik - I (**I**n phase) és Q (**Q**uadrate) -, ezek alkalmasak a mozgás irányának (közeledés, távolodás) érzékelésére is.

Alkalmazott technológiák

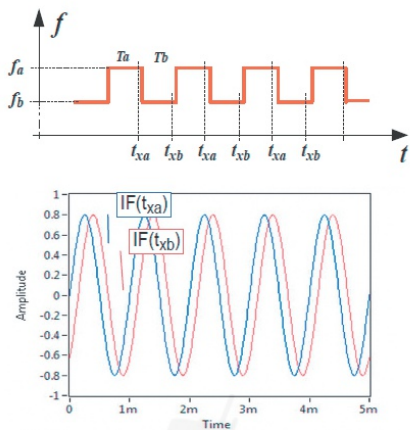
Jelenleg a Doppler radarok többféle technológia alapján készülnek, a CW (continuous wave – folyamatos hullám) Doppler, a frekvencia modulált (FM) radarok és ezek kombinációi (FMCW Doppler) terjedtek el a gyakorlatban.



A CW Doppler radar csak sebességadat szolgáltatására képes a folyamatosan kibocsátott és a visszaverődő frekvencia különbségének mérésével. A korai megoldások szinte mind CW technológiával készültek, ezeket követte hamarosan a frekvenciamodulált CW radarok (FMCW) megjelenése, mely a kibocsátott frekvencia fűrészjellel történő modulálásának segítségével mozgó és álló objektumok távolságának meghatározására is alkalmas. Az FMCW frekvenciamodulált hordozója lineárisan változik fűrész jelalakkal történő moduláció okán (lsd. ábra) A transceiver kimenetén jelentkező alacsony frekvencia a kibocsátott és a visszavert modulált frekvencia különbségeként keletkezik. A legtöbb RFbeam szenzor analóg FM bemenettel is rendelkezik, és néhány esetben a moduláció digitális vezérléssel is biztosítható. A K-Band (24GHz) eszközök megengedhető legmagasabb modulációs frekvenciája 250MHz, de a hőmérsékletváltozás hatásait és tolerancia kérdését is figyelembe véve ez az érték általában 150 MHz-re korlátozódik, így a felbontás (és a minimális távolság) kb 1 méter.

Egy másik technika az FSK (Frequency Shift Keying) mozgóobjektumok közti pontos távolságmérésre ad lehetőséget úgy, hogy magasabb felbontást tesz lehetővé, mint az FMCW radar és két diszkrét hordozófrekvencia , f_a és f_b kapcsolásával kisebb sávzélességet

emészt fel, mint az FMCW lineáris emelkedő jele. Ez a technológia is a mozgó tárgyról visszavert Doppler jelek detektálásán alapul. Az f_a - f_b kis eltérése miatt a mozgó tárgy közel azonos Doppler frekvencián jelenik meg mindkét hordozófrekvencián, azonban eltolt fázisban, mely jellemzi a tárgy távolságát. (lásd ábra).



Fontos még egyszer megemlíteni, hogy mind az FMCW, mind az FSK technológia alkalmas távolságmérésre, azonban az eltérő felbontás miatt előbbi elsősorban álló, míg utóbbi mozgó tárgyak távolságának mérésére is alkalmas. Az FMCW szintén alkalmazható jelenlét detektálásra is, úgy hogy betanítjuk a rendszert az üres háttér környezetben, majd az új céltárgy megjelenésével a kimenet eltér a betanított és rögzített értéktől, azaz a változás (jelenlét) érzékelése megtörténik.

Alkalmazások

Az RFbeam Microwave a planáris technológián alapuló radar szenzorok, K-Band mérőeszközök és szoftver megoldások vezető szállítója. A cég által forgalmazott transceiverek adó és vevőegységet is tartalmaznak, így alkalmasak mikrohullámú jelek sugárzására és a visszaverődés detektálására is. A szállítási program kiterjed a legegyszerűbb olcsó Doppler eszköztől a csúcsmínőségű, összetett transceiver rendszerekig. Tipikus alkalmazások a mozgás- és ipari közelítésszenzorok, közlekedésfelügyeleti és analitikai rendszerek, sportcélú mérőrendszerek. A különböző modellek hatótávolságát az alábbi ábra mutatja meg :

