

RFbeam radarszenzorok működési elve és alkalmazása

A piacon nagyon sok – elsősorban biztonságtechnikai célokra használt – mozgásdetektor kapható, ezek leggyakrabban passzív infravörös mozgásérzékelők, optikai úton működő fénySOROMPÓK és hasonló eszközök.

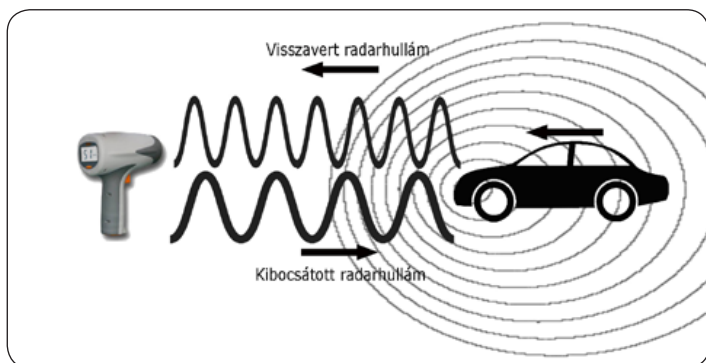
Általánosan igaz, hogy ezek a megoldások korlátozott lehetőségekkel bírnak, még akkor is, ha jól megtervezett rendszerekben tökéletesen látják el feladatukat. A mikrohullámú technika területén alkalmazott újítások lehetővé teszik, hogy mára új eszközök is használhatóak legyenek a fenti célokra. Olyan megoldásokról szól jelen írásunk, melyek jelentős előnyökkel járnak, például a jelenlét detektálása mellett távolságmérésre, precíz sebességmeghatározásra és irányérzékelésre is használhatóak.

A radarszenzorokról általánosságban

A múltban a radarrendszerek meglehetősen drága és nagy méretű alkotóelemekből, például nehéz hullámvezetők-ből és drága Gunn-diódákból épültek fel, mely nehézség – esetenként lehetetlenné – tette a technológia hétköznapi használatát. Ma a planár technológia elterjedésével robusztus, költséghatékony és kis méretű szenzorok készíthetők. A cikkben tárgyalt radarszenzorok az úgynevezett rövid hatótávolságú (néhány centimétertől néhány száz méterig) radarmegoldásokhoz használhatóak.

Működési elv

A radarmodulok 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 radarszenzorok is. A radarsugárzás a szilárd tárgyakról visszaverődik, és ez a reflexió adja az érzékelés lehetőségét. A radarvevőmodul által detektált visszavert sugárzás nagysága nem csak a tárgy távolságától, hanem annak anyagától és méretétől is függ. A fémfelületek általában nagyon jó radarcéltárgyak, de az emberi test is tökéletesen detektálható a nagy ϵ_r érték miatt, melyet a jelen lévő nagy mennyiségű víz okoz. Az emberi test



a legkisebb kapható modulokkal is már kb. 12 méterrel 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 radarszenzorok 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, radarszenzorok 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 szinuszhullámot generál, melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.

A frekvenciatranszformáció 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:

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

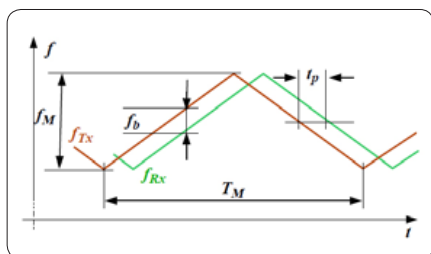
Az amplitúdó a mozgó tárgy távolságától és annak visszaverő képességétől függ. Az Endrich GmbH által kínált RFbeam radarszenzorok esetén a Doppler-frekvencia 158 Hz m/s egységre (44 Hz km/h egységre) radiális irányú mozgás esetén. Néhány speciális modul két kimenettel rendelkezik – I (In phase) és Q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

Alkalmazott technológiák

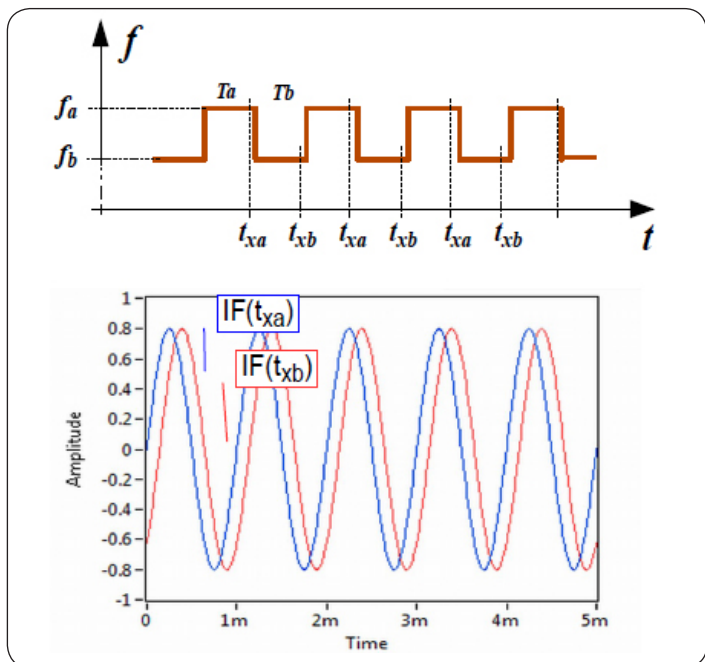
Jelenleg a Doppler radarok többféle technológia alapján készülnek, a CW (continuous wave – folyamatos hullám) Doppler, a frekvenciamodulált (FM) radarok és ezek kombinációi (FMCW Doppler) terjedtek el a gyakorlatban. A CW Doppler radar csak sebességadat szolgáltatására képes a folyamatosan kibocsátott és a visszaverődő frekvencia különbségének mérésével. A korai megoldások szinte mind CW-technológiával készültek, ezeket követte hamarosan a frekvenciamodulált CW radarok (FMCW) megjelenése, melyek a kibocsátott frekvencia fűrészjellel történő modulálásának segítségével mozgó és álló objektumok távolságának meghatározására is alkalmasak. Az FMCW frekvenciamodulált hordozója lineárisan változik a fűrészjelalakkal történő moduláció okán (lásd 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 (24 GHz) eszközök megengedhető legmagasabb modulációs frekvenciája 250

MHz, de a hőmérséklet-változás hatásait és a 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) mozgó objektumok közti pontos távolságmérésre ad lehetőséget úgy, hogy magasabb felbontást tesz lehetővé, mint az FMCW radar, és két diszkrét hordozófrekvencia, fa és fb kapcsolásával kisebb sávszélességet emészt fel, mint az FMCW lineáris emelkedő jele. Ez a technológia is a mozgó tárgyról visszavert Doppler-jelek detektálásán alapul. Az fa-fb 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 radarszenzorok, K-Band mérőeszközök és szoftvermegoldások 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-eszközöktől a csúcsmínőségű, összetett transceiver rendszerekig. Tipikus alkalmazások a mozgás- és ipari közelítésszenzorok, közlekedésselüyeleti és analitikai rendszerek, sportcélú mérőrendszerek. A különböző modellek hatótávolságát az alábbi ábra mutatja meg:

