

Mérés ultrahang radarral

A mérési elrendezés



A műszer elsőre szembetűnő eleme egy függőleges tengely körül elfordítható fej.

A műszer elektronikája egy arra alkalmas jellel gerjeszti az ultrahangot kibocsátó piezzot, ami a forgófejen található. A gerjesztés hatására egy az ultrahang tartományban rezgő csirip keletkezik, amit egy tükör segítségével párhuzamosított hanghullám-nyalábbá formálunk. A hullám tovaterjed, majd visszaverődés után, ugyanezzel a tükörrel fókuszálva a piezzo-szenzorral detektálható. A detektált jelet a hallható hagtartományba toljuk a mérőeszközbe épített modulátor segítségével.

A műszer fejét egy léptető motorral lehet az óramutató járásával ellentétes irányban $\Delta\varphi \approx \frac{2\pi}{400}$ radián egységekben fokozatosan elforgatni. Ez egy közelítő érték, ami az ékszíjak állapotától is függ, egy későbbi feladat célozza ennek a pontosabb meghatározását.

A mérés során a hang terjedési sebességével, a visszaverődésekkel és a műszerrel kapcsolatos problémákat kell megvizsgálni.

1. A hangsebesség közelítő meghatározása - 2 pont

Vizsgálja meg a csirip és a visszavert jel alakjait oszcilloszkóp segítségével! Mérje meg, hogy mennyi idő telik el a triggerjel és a visszavert jel között. Első közelítésben feltéve, hogy a rendszer késleltetése elhanyagolható, a mért idő és a visszaverő felület távolságának ismeretében határozza meg a hangsebességet! *Megjegyzés:* adja meg a képletet, ami alapján számol és ne feledkezzen meg a hibák becsléséről sem!

- A mért időkülönbség, $t =$
- A visszaverő felület távolsága, $L =$
- A hangsebesség közelítő értéke, $c =$

2. Kalibrációja és a hangsebesség pontosabb meghatározása - 8 pont

A jel kibocsátása és visszaverődése között eltelt idő pontosabb meghatározására a hullámalakokat a számítógép hangkártyájával digitalizáljuk. A hangkártya két csatornáját használjuk:

- az első csatornán a rendszer ütemező jele (ún. trigger),
- a második csatornán a kimenő és a visszavert jel amplitudója rögzíthető.

Az ultrahang radart állítsa egy-egy adott, jól visszaverő irányba! *Javaslat:* közeli falakra merőleges és a sarkokat célzó nyalábok jól detektálhatóak. Vegyen fel kb. fél másodpercnyi jelet, 44,1 kHz mintavételi frekvenciával egy arra alkalmas program segítségével. A mintában keresse meg a visszhang helyét! *Javaslat:* mérje meg, a hogy visszhang hány mintával később érkezik, mint a triggerjel eleje, és a különbségből következtessen az eltelt időre. A mérési adatokat gyűjtse táblázatba, ábrázolja azokat és illesszen rájuk egyenest.

Mérés száma	Visszaverő felület távolsága	Visszhangjel ideje
1		
2		
3		
4		
5		
6		

In []: `# ábrázolás és illesztés`

Az illesztett modell paramétereiből határozza meg a rendszer késleltetését és a hangsebességet.

- Az illesztett modell egyenlete:
- A hangsebesség értéke:
- A rendszer késleltetése:

3. A visszavert jel intenzitásának szögfüggése - 6 pont

Válasszon ki egy jól visszaverő közeli falfelületet. A léptetőmotort egyenként léptetve, tapogassa le a falat. Egy-egy rögzített irányban a mérés bizonytalansága nagy, akár 20-30%-t is szór csiripenként az amplitudó maximuma a keverőjel fázisától függően. *Javaslat:* érdemes tehát mindegyik irányban megnézni, hogy több visszaverődés közül mekkora a jel legnagyobb értéke.

Illeszen az adatokra egy erre alkalmas függvényt!

Mérés száma	Elfordulás	Amplitúdó
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

In []: `# ábrázolás és illesztés`

- Az illesztett modell egyenlete:
- Az illesztés paramétereinek értéke:
- Ebből a szögfelbontás becsült értéke:

4. Jel/zaj vizsgálat

Válassz egy távoli falat, amelyről hosszabb ideig rögzíted a visszavert hangot.

Az 1. hangcsatornán rögzített ütemjel segítségével könnyen szétválogathatóak az egyes visszaverődéshez tartozó csiripek, mint egyedi mérések. Tehát egy-egy mérésnek tekintve egy-egy visszhangot, kezeld őket indexhelyesen, azaz időben pontos átfedéssel az ütemjelnek megfelelően kivágva az eredeti idősorból. Így az elemzés további részében sok, egy-egy visszhangot tartalmazó szinkronizált adattal dolgozunk.

4.1. Az átlagjel - 6 pont

Szerkeszd meg az átlagjelet és ábrázd. Bontsd szakaszaira és jellemezd az egyes szakaszokat!

In []: `# adatfeldolgozás és ábrázolás helye`

4.2. A zaj - 4 pont

Az előző részfeladatban meghatározott jelalakszakasz zajhoz tartozó részét is vizsgálj meg! Ábrák segítségével jellemezd a zajhoz tartozó amplitudók eloszlását! Térj ki arra, ha valamilyen előre nem várt korrelációkat fedezel fel az adatsorban! A szórások segítségével számszerűsítsd a zai teljesítményének mértékét!

In []: `# számolás és ábrázolás helye`

4.3. A jel - 4 pont

Fázishelyesen összegezz egyre több n darab jelet a 2.1. részfeladat visszavert szakaszára! Az összegzés előtt érdemes a jelalakokat standardizálni, ami alatt azt értjük, hogy legyen az átlaga nulla, és az amplitudó szórása egy. Ügyelj arra, hogy az összegzés során ne merüljön fel túlcsoordulás. Jelentse a jel energiáját a nulla átlagú jel amplitudó négyzetének várható értéke. Hogyan alakul az energia a felösszezés hatására n függvényében?

In []: `# számolás és ábrázolás helye`

4.4. Távolság meghatározása - 3 pont

Becsüld meg, milyen távol van az ebben a feladatban vizsgált fal, számszerűsítsd a becslés hibáját is.

Válasz:

5. A csirip spektrumának vizsgálata - 2 pont

A rögzített adatokból emelje ki egy visszavert jel hullámcsomagját és végezze el a Fourier-transzformációját. A hullámcsomag Fourier-spektruma jellegzetes maximummal rendelkezik. Mekkora frekvenciánál van ez a maximum, és mekkora a jel sávszélessége. *Megjegyzés:* sávszélesség alatt a maximumhoz képest -3 dB esést felölelő tartományt értjük.

In []: `# ábra`

- A spektrum maximuma, $f =$
- Az alsó sávhatár, $f_{\min} =$
- A felső sávhatár, $f_{\max} =$
- A jel sávszélessége, $C =$

Hogyan tudna több visszavert hullámcsomagból pontosabb eredményre jutni?

Válasz

In []:

6. Speciális szórócentrumok visszaverőképességének vizsgálata - 3 pont

Mérje meg három kiválasztott visszaverő objektum -- gömb, sík (0° és 45°), saroktükör, érdes felület -- relatív visszaverőképességét. Tekintse egységnyinek a 90° álló síkfelületet (maximális visszaverőképesség).

A vizsgált szórócentrumok relatív visszaverőképessége

Hogyan korrigálhatja a fenti számokat, ha nem egyforma távol helyezte el a visszaverő felületeket?

Válasz:

7. A terem alaprajzának analízise - 6 pont

Rögzítse a mintasorozatot, miközben az ultrahang radar legalább egy teljes kört jár be.

Készítsen `python` eljárást, amellyel a terem alaprajza elkészíthető a hangfájlba rögzített adatokra támaszkodva.

Az eljárásban felhasználhatja akár az 4. feladatban számolt összegjelalakat.

```
In [ ]: # eljárás helye
```

```
In [ ]: # alaprajzra
```