

Smarttelefonen som verktyg för datainsamling

Ray Pörn (Yrkeshögskolan Novia)¹ och Mats Braskén (Åbo Akademi)

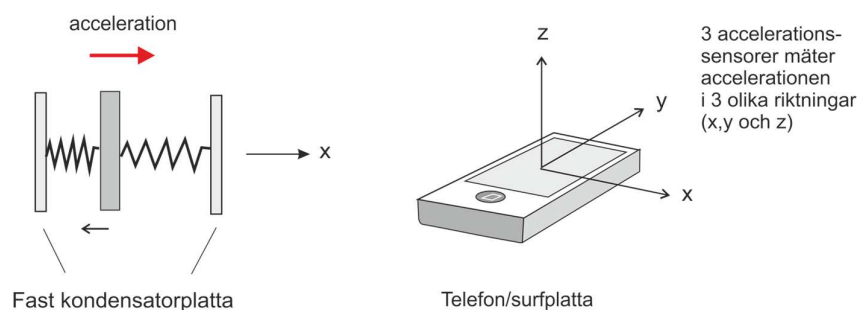
En modern smarttelefon eller surfplatta innehåller ett stort antal sensorer. I de flesta telefoner finns det accelerometer, gyroskop, gps, ljudsensor (mikrofon) samt magnetometer (kompass). Dyrare telefoner kan även vara försedda med barometer, luxmätare, termometer samt en mätare för relativ fuktighet. Telefonen innehåller dessa sensorer för att få information om sin egen position, rörelse och omgivning. I detta arbete utforskar vi hur accelerometern och gyroskopet fungerar och hur de kan användas för att utföra olika experiment.

Mjukvara

För att kunna läsa av och lagra sensorernas värden krävs lämplig mjukvara. Lämplig mjukvara kan vanligtvis gratis laddas ner från tillverkarnas applikationsbutiker. I detta arbete används AndroSensor för en Samsung S3 mini smartmobil. För Apples produkter finns exempelvis SensorLog och för Windows är SensorEmitter en möjlighet. Med de flesta applikationer kan man spela in mätdata från en eller flera sensorer. Man kan även ställa in mätastigheten, d.v.s. hur ofta som informationen ska lagras. Den anges antingen som samplingstid (s, tiden mellan två mätningar) eller som samplingsfrekvens (Hz, antal mätningar per sekund). Mätdata lagras vanligen i en textfil med extensionen csv (comma separated values). Textfilen kan sedan t.ex. mejlas till valfri epost-adress eller lagras i en dropbox. Slutligen importeras filen till lämpligt analysverktyg (t.ex. Excel) för mer detaljerad analys.

Accelerometern

Accelerationssensorn mäter accelerationen i tre vinkelräta riktningar. De flesta accelerometrar är kapacitiva och mätningen utförs så att en massa är fastspänd med två fjädrar förankrade i var sin fast kondensatorplatta (figur 1). När telefonen och sensorn accelererar trycks ena fjädern ihop medan den andra dras ut. Förändringen hos den rörliga massans läge syns som en förändring i kondensatorns kapacitans.



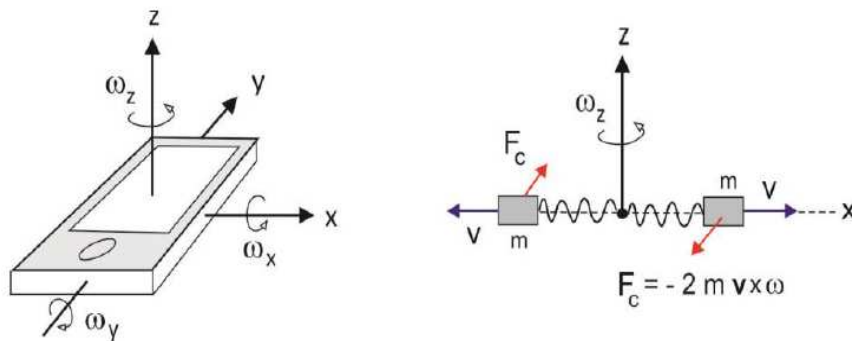
Figur 1. Illustration av accelerationssensorn samt mobilens koordinatsystem.

Accelerationens värde ges antingen i enheten m/s^2 eller i enheter av g ($= 9,81 m/s^2$). För en telefon som ligger stilla på ett vågrätt bord, bör accelerationssensorn ge värdena $a_x = a_y = 0 m/s^2$ och $a_z = -9,81 m/s^2$. Axlarnas riktning kan dock variera. För Samsungmobilen är z-axeln riktad nedåt. Då blir $a_z = 9,81 m/s^2$ för en telefon som ligger stilla på ett vågrätt underlag.

¹ FD Ray Pörn, Överlärare i matematik och datateknik, Yrkeshögskolan Novia (Teknik, Vasa), ray.poern@novia.fi

Gyroskopet

Med ett gyroskop mäter man rotationshastighet. Den anges vanligen direkt i radianer per sekund. Rotation kan likaså ske kring tre vinkelräta axlar. Även de flesta gyroskop är kapacitiva. Den fysikaliska principen som gyroskopets funktion baserar sig på är Corioliskraften. Då mobilen roterar kring en axel kommer massorna i figur 2 att avlänkas åt motsatta håll (röda pilar). Denna avlänkning leder till en kapacitansförändring i sensorn vilket motsvarar en viss rotationshastighet kring denna axel. Gyroskopet är helt okänsligt mot linjär acceleration.



Figur 2. Illustration av rotation kring olika axlar och gyroskopets funktionsprincip.

Både accelerometern och gyroskopet i en smartmobil är exempel på s.k. mikroelektromekaniska system eller MEMS. Det essentiella kriteriet för att ett mikrosystem ska få kallas MEMS är att det baserar sig på en mekanisk komponent. Storleken på en MEMS-enhet varierar från några mikrometer till några millimeter.

Experiment 1: Bestämning av glidfriktionskoefficienten mellan mobilen och en plan yta

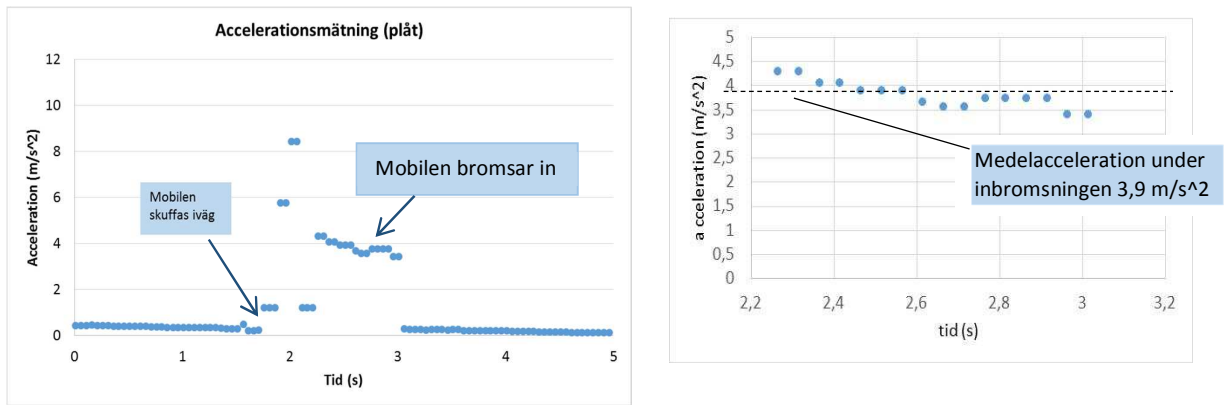
Syftet med experimentet är att bekanta sig med accelerometers funktion och samla in data från ett enkelt försök där mobilen glider (bromsar in) på ett plant underlag. Accelerationsdata kan användas för att bestämma glidfriktionskoefficienten mellan mobilen och underlaget.

Utrustning:

- Smartmobil/surfplatta med accelerometer och sensorapplikation.
- Tillräckligt långt plant underlag (gärna flera olika: trä, plåt, laminat).

Utförande:

- Aktivera accelerometern i din sensorapplikation.
- Ställ in mät hastigheten på minst 10 Hz (maximal samplingtid 0,1 s).
- Starta mätningen och knuffa iväg mobilen i y-riktningen. När mobilen stannat, stoppar du mätningen. Se till att mobilen inte roterar så mycket på underlaget under rörelsen.
- Överför datafilen till dator och analysera den med lämpligt program.
- För analysen behöver vi spara enbart y-komponenten av accelerationsdatat samt tidpunkterna om vi så önskar.



Figur 3. Data från ett försök med en mobil som glider på en diskbank av plåt. Kompletta dataserie till vänster, ett urklipp till höger. Samplingsfrekvensen i detta försök var 20 Hz.

I urklippet till höger ser man att accelerometern visar ganska konstant värde under glidfasen. Denna konstanta acceleration används för att bestämma glidfriktionskoefficienten mellan mobilen och plåtytan. Friktionskoefficienten fås då direkt utgående från sambandet $ma = \mu mg$ vilket ger $\mu = \frac{a}{g} = 0,4$.

Experiment 2: Rotationsförsök med kontorsstol

Syftet med experimentet är att bekanta sig med mobilens gyroskop och att illustrera hur rotationshastigheten hos en kontorsstol minskar med tiden.

Utrustning:

- Smartmobil/surfplatta med gyroskop.
- Roterande föremål, t.ex. kontorsstol, hjul eller karusell.

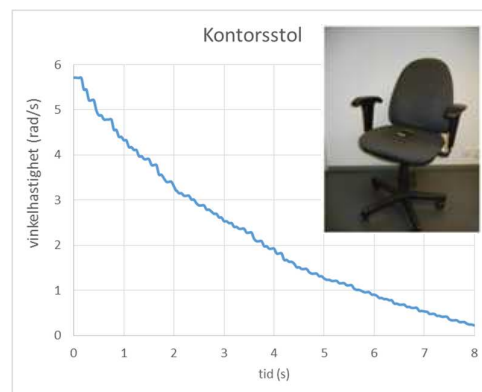
Utförande:

- Aktivera gyroskopet i din sensorapplikation.
- Ställ in mät hastigheten på minst 5 Hz (beror på hur länge rotationen pågår och varierar)
- Placera mobilen vågrätt. Starta mätningen och försätt föremålet i rotation. Stoppa mätningen vid valfri tidpunkt.
- Överför datafilen till dator analysera den med lämpligt program.
- Endast z-komponenten ω_z och vektorn med mättidpunkter behövs. Klipp ut den del av inspelningen som motsvarar rotationssekvensen. Nollställ tiden och omvandla till sekunder.

Att fundera på:

- Hur snabb är rotationen i början?
- Vid vilken tidpunkt roterar stolen ett varv på 3 sekunder?
- Beskriv hur rotationen minskar med tiden.
- Hur många varv roterar stolen under 8 sekunder?

Samplingsfrekvensen i detta försök var 10 Hz.



Experiment 3: Bestämning av avståndet till rotationscentrum vid cirkulär rörelse

Syftet med laborationen är att studera hur samverkan av accelerometern och gyroskopet kan användas. Med hjälp av dessa data kan man bestämma rotationsradien för en cirkulär rörelse.

Kort teoretisk bakgrund

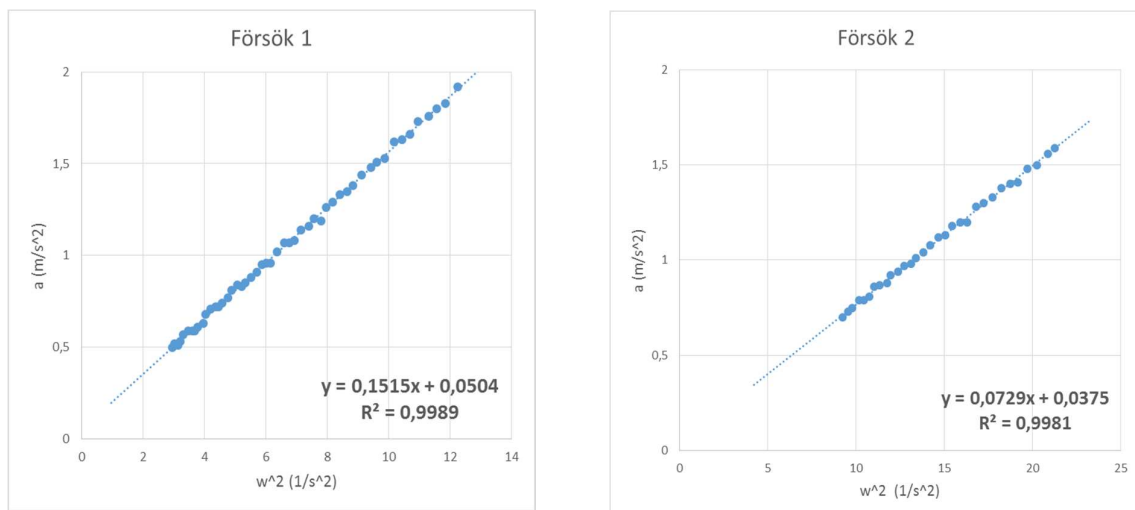
Då ett föremål roterar i en plan cirkulär bana med en viss vinkelhastighet ω påverkas föremålet av en centripetalacceleration a_c som är riktad mot rotationscentrum. Sambandet kan till beloppet skrivas som $a_c = r \cdot \omega^2$, där r är avståndet till rotationscentrum. Om vi har information om centripetalaccelerationen och vinkelhastigheten kan alltså avståndet till rotationscentrum bestämmas ur experimentellt uppmätta data.

Utrustning:

- Smartmobil/surfplatta med accelerometer och gyroskop.
- Roterande föremål, t.ex. kontorstol, hjul eller karusell.

Utförande:

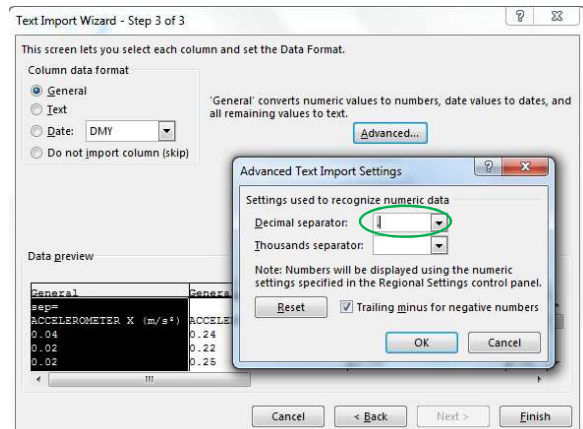
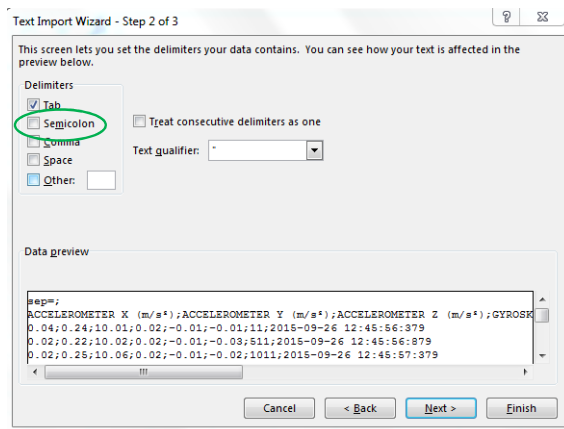
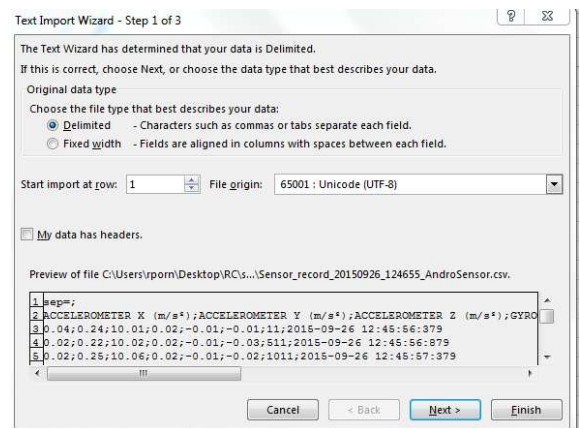
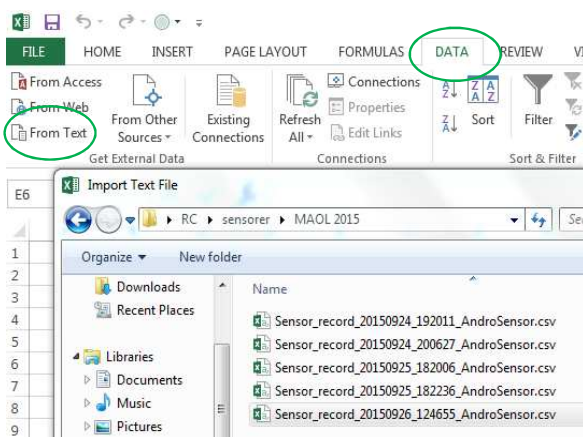
- Aktivera accelerometern och gyroskopet i din sensorapplikation.
- Ställ in mät hastigheten på minst 2 Hz (beror på hur länge rotationen pågår och varierar)
- Placera mobilen på ett visst avstånd från rotationscentrum. Sätt mobilen vågrätt och med y-axeln vinkelrät mot rotationsradien. Detta leder till att $a_c = |a_x|$ och $\omega = |\omega_z|$. Starta mätningen och försätt mobilen i rotation. Stoppa mätningen vid valfri tidpunkt. Se till att få tillräckligt med mätpunkter.
- Överför datafilen till dator och analysera den med lämpligt program.
- För analysen behövs z-komponenten av gyroskopdata ω_z och x-komponenten av accelerometerdata a_x . Klipp ut den egentliga rotationssekvensen.
- Rita data i ett koordinatsystem med ω^2 på x-axeln och a_c på y-axeln. Anpassa en rät linje till mätpunkterna. Avläs rotationsradien r som riktningskoefficienten för linjen.



Figur 4: Två rotationsförsök. Till vänster blev rotationsradien ca 15 cm och i försöket till höger ca 7 cm. Detta stämmer väl med försökssituationen. Den konstanta termen beror på att sensorerna inte riktigt visar noll då mobilen är stilla. Samplingsfrekvensen i detta försök var 2 Hz.

Dataöverföring: från mobil till graf (experiment 3)

- Skicka datafilen från smartmobilen/surfplattan till din epost. Spara csv-filen på datorn.
- Starta Excel och importera csv-filen.
 - Klicka på DATA-fliken och på From Text. Välj korrekt fil och klicka på Import.
 - I Step 1 of 3 klicka på Next (inga ändringar torde behövas här).
 - I Step 2 of 3 ändra Tab till Semicolon (semikolon används som separationstecken i filen) och klicka på Next.
 - I Step 3 of 3 klicka på Advanced och ändra Decimal separator från kommatecken till punkt. Klicka Ok och sedan Finnish.
 - I sista steget välj cell där data ska klistras in. Spara Excel filen.



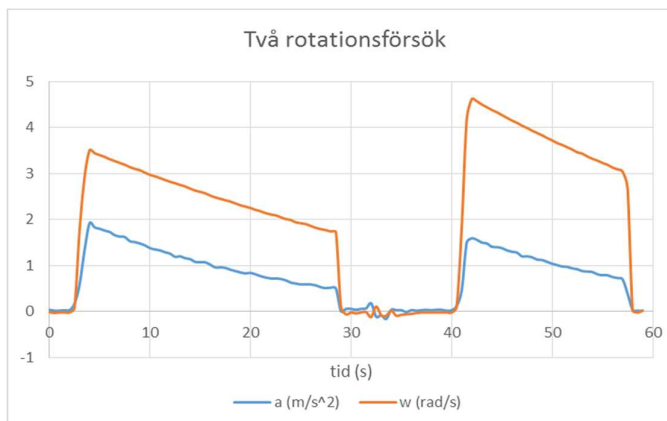
- Nu borde Excel-filen ha ett utseende som påminner om exemplet nedan. Här är både accelerometerdata och gyroskopdata lagrat. Samplingstiden är satt till 0,5 s.

| | ACCELEROMETER X (m/s ²) | ACCELEROMETER Y (m/s ²) | ACCELEROMETER Z (m/s ²) | GYROSKOP X (rad/s) | GYROSKOP Y (rad/s) | GYROSKOP Z (rad/s) | Tid sedan start i ms | YYYY-MO-DD HH-MI-SS_SSS |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | sep= | | | | | | | |
| 3 | 0,04 | 0,24 | 10,01 | 0,02 | -0,01 | -0,01 | 11 | 2015-09-26 12:45:56:379 |
| 4 | 0,02 | 0,22 | 10,02 | 0,02 | -0,01 | -0,03 | 511 | 2015-09-26 12:45:56:879 |
| 5 | 0,02 | 0,22 | 10,02 | 0,02 | -0,01 | -0,03 | 1011 | 2015-09-26 12:45:57:379 |
| 6 | 0,02 | 0,25 | 10,06 | 0,02 | -0,01 | -0,02 | 1511 | 2015-09-26 12:45:57:879 |
| 7 | 0,03 | 0,24 | 10,04 | 0,02 | -0,01 | -0,02 | 2011 | 2015-09-26 12:45:58:379 |
| 8 | 0,03 | 0,23 | 10,05 | 0,02 | -0,01 | -0,02 | | |

Vi behöver enbart ACCELEROMETER X samt GYROSKOP Z. Vi kan använda tidsvektorn eller så kan vi skriva in en ny med början från 0 s och med tidsskillnaden 0,5 s. De övriga kolumnerna kan strykas.

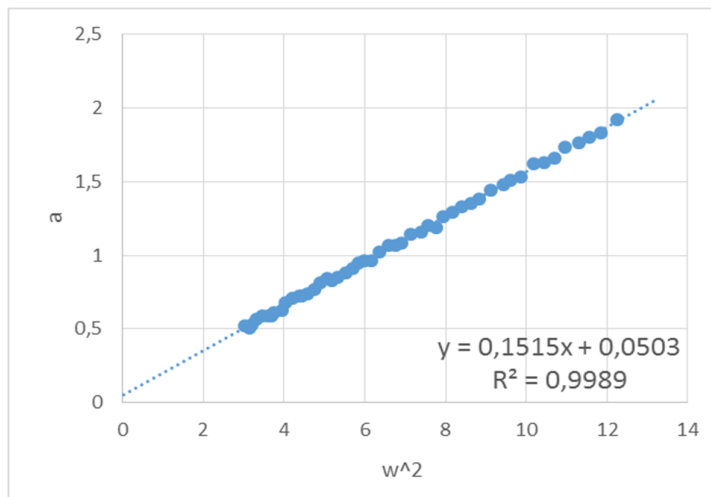
4. Efter redigering ser dokumentet ut som nedan. Vi konstruerar en xy-graf som illustrerar rotationsförsöken.

| t (s) | aX (m/s ²) | wZ (rad/s) |
|-------|------------------------|------------|
| 0 | 0,04 | -0,01 |
| 0,5 | 0,02 | -0,03 |
| 1 | 0,02 | -0,02 |
| 1,5 | 0,03 | -0,02 |
| 2 | 0,03 | -0,02 |
| 2,5 | 0,17 | 0,08 |
| 3 | 0,58 | 1,74 |
| 3,5 | 1,33 | 2,91 |
| 4 | 1,92 | 3,5 |
| 4,5 | 1,83 | 3,44 |
| 5 | 1,8 | 3,4 |



5. För att bestämma rotationsradien klipper vi ut data som motsvarar de båda försöken (försök1: t=4 s till t=28 s; försök2: t=43 s till t=57 s). Vi konstruerar kolumnerna ω , ω^2 samt a och utför linjär regression på de två sista. Resultatet ses nedan.

| w | w ² | a |
|------|----------------|------|
| 3,5 | 12,25 | 1,92 |
| 3,44 | 11,8336 | 1,83 |
| 3,4 | 11,56 | 1,8 |
| 3,36 | 11,2896 | 1,76 |
| 3,31 | 10,9561 | 1,73 |
| 3,27 | 10,6929 | 1,66 |
| 3,23 | 10,4329 | 1,63 |
| 3,19 | 10,1761 | 1,62 |



6. Rotationsradien i detta fall blir alltså ca 15 cm.