LUND UNIVERSITY

Reglering och kommunikation med störande brus

Johannesson, Erik

2011

Link to publication

Citation for published version (APA):
Johannesson, E. (2011). Reglering och kommunikation med störande brus. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund University.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Download date: 18. Dec. 2025

Reglering och kommunikation med störande brus

Erik Johannesson, Reglerteknik, LTH, Lunds Universitet
En populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen
Control and Communication with Signal-to-Noise Ratio Constraints, oktober 2011.
Avhandlingen kan laddas ner från http://www.control.lth.se/publications

Hur kan man på bästa möjliga sätt skicka data, till exempel en ljudsignal, när kommunikationen störs av brus och ändå måste ske snabbt? Och hur kan man på bästa sätt styra en process när styrsystemet begränsas av dålig kommunikation? Dessa frågor har undersökts i avhandlingen *Control and Communication with Signal-to-Noise Ratio Constraints*. Resultatet är en metod som kan användas för att, i vissa förhållanden, hitta ett svar på båda frågorna. Avhandlingen bidrar också till att öka förståelsen för samspelet mellan kommunikation och reglering.

De två första avsnitten i den här sammanfattningen beskriver de två problem som har studerats i avhandlingen. Det sista avsnittet handlar om avhandlingens resultat.

I. Snabb kommunikation med störningar

När vi pratar i mobiltelefon med någon förväntar vi oss självklart att det inte tar någon märkbar tid för ljudet att komma fram och att ljudkvaliteten är så bra att det går att höra vad man säger. Även om vi oftast kan ta detta för givet idag, så är mobil kommunikation ett väldigt svårt problem, och det har har krävts stora tekniska framsteg för att detta ska vara möjligt.

I stort sett all typ av kommunikation drabbas av någon form av störningar. När man t.ex. skickar data över en radiolänk så är det aldrig exakt samma sak som kommer fram i andra änden. För att kommunikationen ändå ska fungera används en teknik som kallas *kodning*. Kodning innebär att det meddelande som ska skickas översätts till ett språk som passar de begränsningar som finns i kommunikationskanalen och minskar känsligheten för störningar.

Kodning behöver inte vara något komplicerat. Ett exempel på kodning är när man pratar med någon i en bullrig miljö och säger samma sak flera gånger tills man får en bekräftelse på att meddelandet kommit fram. Detta kallas för en repetitionskod. Ett exempel på en kod som många känner till är Morse-alfabetet, se Figur 1, som utvecklades för att skicka meddelanden med en telegraf.

Genom att förenkla ett kommunikationsproblem så kan man göra en matematisk modell som beskriver både kodningen och störningarna. Då kan man räkna på hur effektiv en viss kod är — hur bra kvalitet det blir på de meddelanden som kommer fram, även om de drabbas av störningar. På så sätt kan man försöka hitta den bästa möjliga koden för varje fall. Eftersom man gjort förenklingar så är det inte säkert att det man kommer fram till kan användas direkt i praktiken. Men den analys man gjort kan bidra till en grundläggande förståelse av problemet, vilket kan vara till stor nytta.

På 40-talet skapade en forskare vid namn Claude Shannon en teori för kommunikation. Den teorin har bland annat visat på de grundläggande begränsningar som finns inom

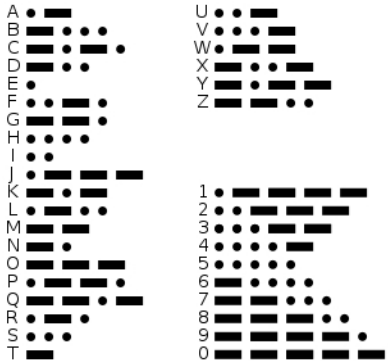

Fig. 1. Morse-alfabetet. En prick motsvarar en kort signal och ett streck motsvarar en lång signal.

kommunikation, och har utgjort en del av grunden för dagens informations- och kommunikationssamhälle. Även om Shannons arbete har varit enormt betydelsefullt så finns det saker som teorin inte behandlar. Den tar till exempel inte hänsyn till hur lång tid det tar att koda ett meddelande. Den allra bästa kodningen kan i vissa fall kräva att man väntar oändligt länge. I praktiken får man därför göra kompromisser — kodningssystem som är “tillräckligt bra”.

Det första problemet som har studerats i den här avhandlingen handlar om att hitta den bästa möjliga kodningen när det finns ett bestämt krav på hur lång tid det får ta att koda. För att det ska bli möjligt att analysera problemet matematiskt så har en hel del förenklingar fått göras. Bland annat så undersöks bara en viss typ av relativt enkla koder.

Utöver tidsbegränsningen så ingår det också i problemet att hantera störningar i den uppmätta signalen. Det kan till exempel handla om att filtrera bort störande bakgrundsljud när du pratar i telefon, så att en större del av ljudet som skickas består av din röst.

II. Reglering med kommunikationsbegränsningar

Reglerteknik handlar om att styra processer så att de beter sig på ett önskat sätt. Även om reglerteknik som ämne inte är så välkänt så finns reglering i princip överallt, både i tekniska system och i våra egna kroppar. Ett exempel är automatisk farthållning i bilar, som ser till att en jämn hastighet hålls trots att lutningen på vägen kan variera. Ett annat exempel är storleken på pupillerna i våra ögon, som regleras för att ge lagom mycket ljusinsläpp.

Oftast är inte detta någonting man behöver tänka på. När regleringen fungerar så märks den i princip inte. Värre är det när den inte gör det! Tjernobyl-olyckan och de två mest uppmärksammade JAS-krascherna är exempel på detta.

Det mest grundläggande verktyget i reglerteknik är återkoppling: Man mäter någonting (till exempel temperaturen

Fig. 2. En burktelefon leder oundvikligen till kommunikationsbegränsningar. (Foto: Kit Cowan, Flickr.com, Creative Commons)

i ett rum) och leder in mätsignalen i en *regulator*. Regulatorns uppgift är att bestämma, baserat på mätningen, hur systemet ska påverkas (till exempel att öka effekten på luftkonditioneringen eller att sätta på ett element). Målet är att det uppmätta värdet ska överensstämma med det önskade.

På senare tid har det blivit vanligare att bygga stora och komplexa reglersystem, med komponenter på olika platser. Eftersom detta kräver att de olika delarna i systemet kan kommunicera med varandra, har många forskare börjat undersöka hur reglering påverkas av kommunikationsbegränsningar.

För att illustrera problemet kan du tänka dig följande situation: Du sitter på passagerarplatsen i en bil där föraren har en ögonbindel. Det är din uppgift att säga till föraren hur hon ska svänga för att hålla kvar bilen på vägen. Detta är i sig inte så lätt, men kan gå bra om inte hastigheten är för hög. Om er kommunikation däremot begränsas, så skulle problemet bli mycket svårare. Till exempel om ni bara får prata genom en burktelefon (se Figur 2) medan ni samtidigt har hög musik på bilradion. I det fallet skulle det kanske gå bättre om ni på förhand kom överens om ett antal kommando-ord som var lätta att höra — alltså en slags kod.

Reglering med kommunikationsbegränsningar uppkommer också i mobil kommunikation. I mobilnätet finns det basstationer som var och en har radiokontakt med de mobiltelefoner som finns i närheten, se Figur 3. För att kommunikationen mellan basstationen och telefonerna ska fungera måste alla telefonerna sända signaler med lagom styrka. Om någon telefon sänder med för låg effekt så kommer anslutningen att brytas, och om någon sänder med för hög effekt så kommer den att överrösta de andra. Effekten som telefonerna sänder med regleras av basstationen, som säger åt dem att höja eller sänka den. Eftersom små förflyttningar av telefonen kan göra att radioförbindelsen till basstationen förändras kraftigt sker detta tusentals gånger per sekund. En del av datan som skickas mellan telefonen och basstationen måste alltså användas till den här effektregleringen. Men eftersom man vill ha så mycket utrymme som möjligt kvar för att skicka ljud och annan information, så är det viktigt att regleringen kan klara sig med begränsad kommunikation.

Det andra problemet som har studerats i avhandlingen handlar om en process som ska regleras av en regulator som är uppdelad i två delar. Den ena delen av regulatorn gör en mätning av processen, kodar mätresultatet och kommunicerar med den andra delen av regulatorn, som sedan räknar ut hur processen ska styras. Genom att göra en matematisk modell av problemet så kan man försöka räkna ut hur den bästa möjliga regulatorn ska arbeta för att styra processen

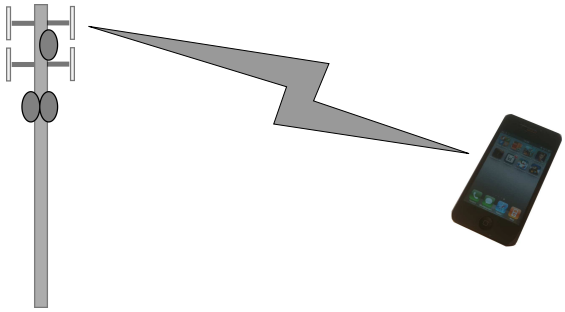

Fig. 3. Kommunikation mellan mobiltelefon och basstation. Effekten som telefonen sänder med måste regleras för att anslutningen ska fungera och inte störa andra anslutningar för mycket.

och hantera kommunikationen mellan sina delar.

Precis som i kodningsproblemet som beskrevs tidigare har en hel del förenklingar fått göras för att problemet ska kunna hanteras matematiskt. Förhoppningen är att vi ska veta mer om hur man kan reglera processer på bästa sätt när kommunikationen är begränsad och att lösningen till problemet ska bidra till en bättre förståelse av det grundläggande samspelet mellan reglering och kommunikation.

III. Lösningen på problemen

Båda problemen som har beskrivits kan, efter förenklingar, beskrivas som matematiska optimeringsproblem. Sådana problem består i allmänhet av en funktion som beskriver hur bra en lösning är, och ett antal ekvationer som beskriver vilka begränsningar som finns.

I det första fallet anger funktionen, för varje tänkbart kodningssystem, vilken kvalitet det blir på den mottagna signalen. I det andra fallet säger den hur bra regleringen är, för varje tänkbar regulator. I båda fallen finns det en ekvation som beskriver begränsningarna i kommunikationen. De båda problemen som har beskrivits leder till optimeringsproblem som är ganska lika. I båda fallen visar det sig tyvärr att optimeringsproblemet är ganska svårt att jobba med. Framför allt så har det tidigare varit okänt om det går att lösa det med en dator inom en rimlig tid.

Avhandlingens främsta bidrag är en metod för att lösa den här typen av optimeringsproblem. Idén är att lösa problemet i två steg: I det första steget tänker man sig att det sammanlagda beteendet hos hela kodningssystemet eller regulatorn är bestämt, men att de individuella delarna ska utformas. En optimering av dessa delar ger då den bästa lösningen för just det fallet. Resultatet av den optimeringen är också att man kan se hur bra prestanda man kan få för varje helhet. Med hjälp av den informationen kan man ställa upp ett nytt optimeringsproblem för att optimera över hela kodningssystemet eller regulatorn.

Båda de här stegen visar sig vara mycket enklare att arbeta med än det ursprungliga problemet. I avhandlingen har det också visats hur man kan göra för att lösa problemen med hjälp av en dator. Resultatet är en effektiv metod för att hitta optimala kodningssystem och regulatorer, för en viss typ av modell.

Innan resultaten kan få praktisk användning så återstår det för framtida forskning att undersöka hur man kan lösa motsvarande problem när man använder mer realistiska modeller av respektive problem. Förhoppningsvis kan den här avhandlingen bidra med en viktig pusselbit i det arbetet.