

Reglering av nätverk med begränsad kapacitet

Felix Agner

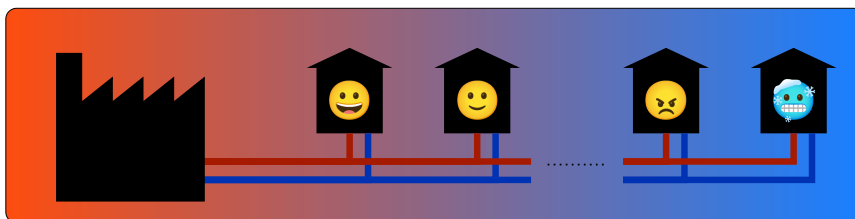
Institutionen för Reglerteknik

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *Control of Capacity-Constrained Networks in a District Heating Setting*, januari 2025. Avhandlingen kan laddas ner från: <http://www.control.lth.se/publications>

En riktigt kall vinterdag drar in över en liten stad som i vanliga fall hålls varm av ett fjärrvärmenät. Det kalla vädret gör att de automatiska styrsystemen i stadens byggnader kickar igång. Styrventiler i varje byggnad öppnas för att öka flödet av vatten som går genom byggnadernas fjärrvärmecentraler. Genom alla de rör som kopplar ihop byggnaderna i nätet ökar nu flödet av vatten. Detta leder till stora tryckförluster på grund av ökad friktion i rören. Pumparna i det lokala kraftvärmeverket går redan i full fart för att trycksätta systemet och möta det stora värmebehovet, så nu när tryckförlusterna ökar uppstår problem. Längst ut i nätet gör tryckförlusterna att trycket i systemet är för lågt. De byggnader som befinner sig långt borta från kraftvärmeverket får inte det vatten de behöver för att hålla värmen uppe.

Det här är ett exempel på ett system där kapacitetsbrist råder. De tillgängliga resurserna kan inte möta behovet hos alla de som är inkopplade i nätet. Liknande exempel återfinns i många tekniska system där flera aktörer delar på samma resurser: I de sydsvenska elnäten diskuteras kapacitetsbristen allt mer flitigt. Bredbandsnäten har i hastig takt byggts ut för att kunna täcka behovet hos de uppkopplade kunderna. Smarta kamerasystem behöver distribuera lagrings- och beräkningsresurser i nätet dynamiskt.

I system likt de här exemplen är många enheter sammankopplade, och



Ett fjärrvärmenät förses med värme från ett kraftvärmeverk. När det blir väldigt kallt ute kan behovet av värme vara för stort för att kunna mötas med nätets begränsade kapacitet. När det händer får byggnader nära värmekällan det varmvatten de behöver, medan byggnader längre bort märker att flödet sinar.

varje enhet har ofta ett eget styrsystem som försöker reglera en last. De här systemen designas ofta för att vara decentraliserade. Med det menas att varje styrsystem bara mäter och reglerar lokalt. Till exempel kan styrsystemet för fjärrvärmecentralen i ett hus mäta temperaturer och flöden lokalt, men inte i grannens hus. Utöver detta kommunicerar inte styrsystemen med varandra. Den här decentraliserade design-strukturen har många fördelar. Det behövs ingen avancerad kommunikationsutrustning, och nya enheter kan enkelt anslutas till nätverket.

Den fullt decentraliserade strukturen är dock inte perfekt. I exemplet med den kalla vinterdagen ser vi en anledning till varför. Om alla styrsystem agerar utan kännedom om tillståndet i resten av nätverket så kan det uppstå obalans i hur resurser fördelas. Den här avhandlingen tacklar frågan om hur styrsystem kan designas så att de fördelar en begränsad resurs på ett optimalt sätt. Avhandlingen fokuserar på fjärrvärmesystem, och hur flödet av varmvatten ska fördelas i "kall vinterdag"- exemplet.

En intressant slutsats från avhandlingen är att den enkla, decentraliserade lösningen som finns i dagens fjärrvärmesystem i viss mån är optimal. Med den designen levereras så stor mängd totalt flöde som möjligt. Men även om den totala mängden flöde maximeras så betyder det inte att den är rättvist fördelad. Avhandlingen visar också hur man med små och enkla utvecklingar av nuvarande system kan se till att flödet fördelas mer rättvist i systemet. De byggnader som tidigare blev kalla får mer värme, genom att övriga styrsystem minskar sitt eget flöde.