



**Linnéuniversitetet**

Institutionen för datavetenskap, fysik och matematik

Examensarbete i Datavetenskap

# Nätverksoptimering

*- Bästa möjliga tillgänglighet till lägsta möjliga  
länkkostnad*



*Författare: Jimmy Abrahamsson*

*Handledare: Patrik Brandt*

*Termin: VT12*

*Kurskod: 1DV41E*

## Abstrakt

Denna uppsats behandlar nätverksoptimering, med fokus på att få fram den bästa möjliga tillgängligheten till lägsta möjliga kostnad, i form av länkar. I studien tas en teoretiskt grundad hypotes om en metod fram för att lösa detta problemet. Samt genomförs ett test där metoden appliceras på ett studieobjekt för att bekräfta huruvida metoden verkar fungera eller inte.

Resultatet blir slutligen en metod som genom att analysera tillgängligheten, länk redundansen samt beräkna antal oberoende vägar mellan noder i ett nätverk. Kan genom att jämföra resultat från före en förändring med resultat från efter en förändring lyfta fram de förändringar som medför förbättringar. Varpå ett nätverk kan optimeras till bästa möjliga tillgänglighet till lägsta möjliga kostnad, i form av länkar.

**Nyckelord:** Nätverksoptimering, tillgänglighet, länk redundans, oberoende vägar

## Abstract

This paper deals with network optimization, with a focus on getting the best possible availability to the lowest possible cost, in the form of links. In this study a theoretically based hypothesis on a method is developed to solve this problem. It also contains a test where the method is applied to a study object to confirm whether the method seems to work or not.

The result is finally a method that analyzing the availability, link redundancy and calculate the number of independent paths between nodes in a network. Can by comparing results from before the change with results from following a change to highlight the changes with the improvements. To which a network can be optimized for best availability at the lowest possible cost, in the form of links.

**Keywords:** Network Optimization, availability, link redundancy, independent paths

# Innehåll

1.INTRODUKTION.....	1
1.1 Ämnesområde och relevans.....	1
1.2 Problemformulering och frågor.....	2
1.3 Målformulering och nytta.....	2
1.4 Ansats och syfte.....	2
1.5 Avgränsningar och disposition.....	2
2.BAKGRUND.....	3
2.1 Grundläggande termer.....	3
2.2 Oberoende vägar (Independent paths).....	3
2.3 Länk redundans.....	4
2.4 Tillgänglighets metrik.....	5
2.5 Hierarkisk topologi.....	6
2.6 Beslutsträd (Decision trees).....	7
3.METOD.....	8
3.1 Ansats och urval.....	8
3.2 Tillvägagångssätt.....	8
3.3 Studieobjekt.....	9
3.4 Genomförande.....	9
4.RESULTAT.....	15
4.1 Optimeringsmetoden.....	15
5.DISKUSSION.....	16
5.1 Erfarenheter och fortsättning.....	17
A.REFERENSER.....	18

# 1. INTRODUKTION

Nätverksoptimering innebär att hitta den bästa (optimala), lösningen för en nätverksdesign. Detta kan vara för att optimera nätverket för bästa genomströmning eller som i fallet med denna uppsatsen, bästa möjliga tillgänglighet till lägsta möjliga kostnad. Kostnad i detta fallet syftar till antal länkar i nätet.

Tillgänglighet är främst en mätning av pålitlighet av nätverk som måste vara i drift, i genomsnitt, istället för kontinuerligt. Oftast är detta det som är mest önskvärt för de flesta nätverk [1].

Tillgängligheten hos ett nätverk har alltid setts som viktig när man ska bedöma dess prestanda [2]. Därför är det även viktigt att man planerar sitt nätverk därefter. Exempelvis genom att ha redundans i sitt nätverk. Detta då all utrustning har en tendens att gå sönder för eller senare [3]. Varpå det gäller att vara förbered om man vill undvika driftstörningar i sitt nätverk, eller med andra ord ha en hög tillgänglighet [3].

Uppsatsen kommer att handla om hur ett nätverk kan optimeras för tillgänglighet. Genom att skapa redundanta vägar och samtidigt hålla nere antal länkar, som normalt snabbt växer i redundanta nätverk.

Arbetet kommer att presentera ett par tillvägagångssätt för att analysera redundansen och tillgängligheten i ett nätverk. Dessa används sedan för att utvärdera ett nätverk och komma fram till förbättringar som ökar tillgängligheten till lägsta möjliga kostnad, i form av länkar.

Studien utgår enbart från en litteraturstudie av tidigare forskning kring ämnet.

I uppsatsen kommer det sedan från punkt till punkt beskrivas hur CSLAB nätverkets tillgänglighet optimeras, medan antal länkar hålls till ett minimum. Detta främst för att testa studiens teoretiskt grundade hypotes i ett nätverk.

## 1.1 Ämnesområde och relevans

Inom området nätverksdesign finns det tidigare arbeten som går in på tillgänglighet och optimering [1][2]. J. P. Sauvés och F. E. Silva Coelhos arbete håller sig främst till att utvärdera tillgänglighet utan någon direkt optimering. Medan H. C. Cankayas, A. Lardies och G. W. Esters arbete tar upp både tillgänglighet och optimering, dock med en riktning mot fiber nät där förstärkare används på länkar. Båda arbetena tar upp sätt att analysera tillgängligheten och förbättra tillgängligheten med redundans. Studien knyter samman dessa två punkterna till en teoretiskt grundande hypotes om en metod för att optimera nätverkstillgängligheten. Inom ramen för det här arbetet ses optimering som den bästa möjliga tillgängligheten till den lägsta möjliga kostnaden i form av antal länkar.

## 1.2 Problemformulering och frågor

Frågan som ställs i detta arbete lyder:

Hur optimerar man ett nätverk med tillgänglighet som huvudkriterier. Samtidigt som man även håller ner kostnaden i form av länkar mellan noder till ett minimum.

Problemet denna uppsats behandlar är hur detta görs för att få fram den mest kostnads effektiva lösningen. Samtidigt som man kan garantera en viss tillgänglighets nivå på nätverket.

## 1.3 Målformulering och nytta

Målet med uppsatsen är att ta fram en teoretiskt grundad hypotes om en metod för att få den bästa möjliga tillgängligheten till lägsta möjliga kostnad. Den kommer sedan att testas på ett studieobjekt i form av nätverket CSLAB<sup>1</sup>.

I arbetet kommer även en konvertering av nätverket till en hierarkisk topologi att göras. Med en hierarkisk topologi så förenklas utbyggnads möjligheten av nätverket. Utan att man då behöver påverka den optimerade delen av nätverket, som tagits fram i denna studien.

## 1.4 Ansats och syfte

För att angripa problemet så måste först tidigare teorier kring området tas fram. Detta främst på utvärdering och analysering av nätverks tillgänglighet. Men även på redundans som är en orsak till ökad tillgänglighet. Ytterligare så behövs en metod för att hjälpa till att fatta beslut om en förändring i nätverket är en förbättring. Det vill säga tillgängligheten ökas medan kostnaden hålls nere till ett minimum.

## 1.5 Avgränsningar och disposition

I uppsatsen kommer enbart en teoretiskt grundad hypotes om möjligt tillvägagångssätt för att lösa problemet att tas fram. Den kommer att baseras på att ge den bästa möjliga tillgängligheten till lägsta möjliga kostnad, i form av antal länkar i nätverket. Uppsatsen kommer inte att ha något fokus på eventuell utrustning i nätverket. Även om detta kan förekomma för att enklare förklara ett avsnitt.

---

<sup>1</sup> Ett nätverk på Linnéuniversitetet, skapat för att utföra laborationer i ett avskilt nät.

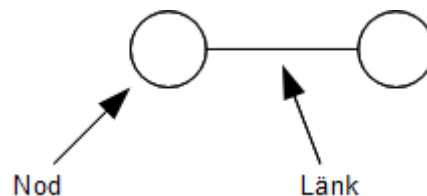
## 2. BAKGRUND

I detta kapitlet beskrivs tekniska begrepp, termer och teorier som är väsentliga för studien. I kapitlet beskrivs oberoende vägar, länk redundans, hierarkisk topologi samt en tillgänglighets metrik. Slutligen beskrivs även beslutsträd.

### 2.1 Grundläggande termer

Några första grundläggande termer som kommer användas flitigt i denna uppsatsen är följande:

- Nod, representerar en enhet till exempel router, switch eller slutanvändare.
- Länk, representerar anslutningen mellan två noder.

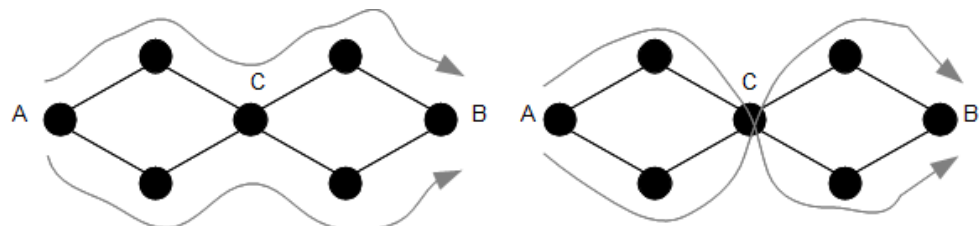


Figur 1: Graf med hänvisning för nod och länk.

### 2.2 Oberoende vägar (Independent paths)

En oberoende väg (independent path) är en väg (path) mellan två noder som inte är beroende av samma länk eller nod som en annan väg mellan dessa två noder använder [4]. I fortsättningen kommer independent path att benämnas oberoende vägar och path kommer benämnas väg.

För att dela upp det hela lite så finns det två olika sorter av oberoende vägar: länk-oberoende och nod-oberoende. Länk-oberoende väg är när två vägar ansluter mellan ett par noder, utan att dela någon länk. Figur 2 visar två exempel på hur detta kan se ut. Nod-oberoende väg är när två vägar ansluter mellan ett par noder, utan att dela någon nod, förutom start och slut nod. [4]



Figur 2: Länk-oberoende vägar. [4]

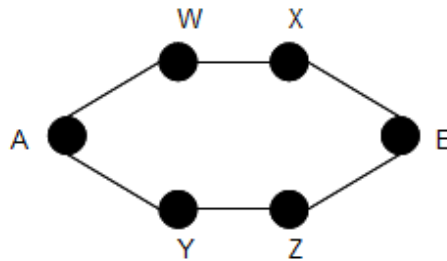
Som man kan se i figur 2 så har den två länk-oberoende vägar men bara en nod-oberoende väg eftersom båda vägarna måste gå genom nod C. [4]

Antalet oberoende vägar mellan ett par noder kan inte överstiga antalet länkar i nätverket. Då varje väg måste innehålla minst en länk och denna länk får inte delas med någon annan väg. Detta kan även kallas för anslutningsmöjligheten mellan två

noder. Till exempel om ett par noder bara har en independent path mellan dem så är de kanske mera tunnare anslutna jämfört med ett par som har flera. [4]

I anslutningen som visas i figur 2, mellan nod A och B, formar nod C en ”flaskhals” därför att det bara finns en nod-oberoende väg mellan nod paret. Detta leder oss in på cut sets som är antal noder eller länkar vars bortfall kommer bryta anslutningen mellan ett par noder. Cut sets har även de två olika varianter som är länk cut set och nod cut set. Principen för dessa varianter är att länk cut set syftar på antal länkar vars bortfall bryter anslutningen, nod cut set är det samma fast för noder. [4]

Menger’s teorem är en viktig teorem i graf teori som behandlar storleken av cut sets. Menger’s teorem säger att om det inte finns någon cut set av storlek mindre än  $n$  mellan ett par noder, så måste det finnas minst  $n$  oberoende vägar mellan noderna. [4]



Figur 3: Graf med två oberoende vägar. [4]

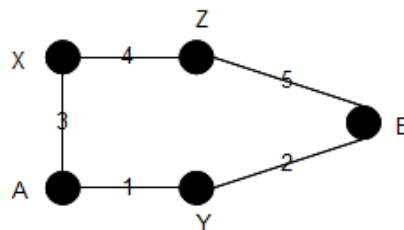
Om man nu testa detta på grafen i figur 3, så får vi flera cut sets mellan nod A och B då en cut set inte behöver vara unik. De cut sets vi får är  $\{W, Y\}$ ,  $\{W, Z\}$ ,  $\{X, Y\}$  och  $\{X, Z\}$  som alla är de minsta cut set som behövs för att bryta anslutningen mellan node A och B. Men det huvudsakliga är att det behövs minst två noders bortfall för att bryta upp A och B. Vilket i sin tur säger att vi har minst två oberoende vägar i grafen. Dessa är genom W, X samt Y, Z. [4]

### 2.3 Länk redundans

Länk redundans kan definieras som länkar som måste tas bort för att dela nätverket i flera komponenter. [5]

$$\text{Link\_resilience} = t / m$$

Antalet skadade eller bortplockade länkar =  $t$  och antal länkar från början =  $m$ . Ju högre länk redundansen är desto svårare är det att dela nätverket. Länk redundansen redovisas som ett procentuellt värde. [5]



Figur 4: Ring topologi.

För att få fram länk redundansen på topologin i figur 4 så väljer man först länkar på måfå. Ta sedan bort dessa om nätverket är anslutet. [5]

I studien görs slump val av länkar med slump nummer generatoren random.org<sup>2</sup> som säger att vi ta bort länk 4. Då nätverket fortfarande är anslutet går vi vidare och ta nu bort länk 1. Vi har efter detta delat nätverket i två komponenter, en som innehåller nod X och A samt ett med övriga noder. Resultatet blir då att  $t = 2$  och  $m = 5$ ,  $link\_resilience = 2 / 5 = 0,4$  eller 40%.

I andra topologier än just en ring topologi så hade de kunnat var intressant att utföra detta flera gånger för att få ett genomsnitt men då en ring topologi alltid behöver minst två länkar för att separeras så kommer snitt bli precis 40% i fallet ovan.

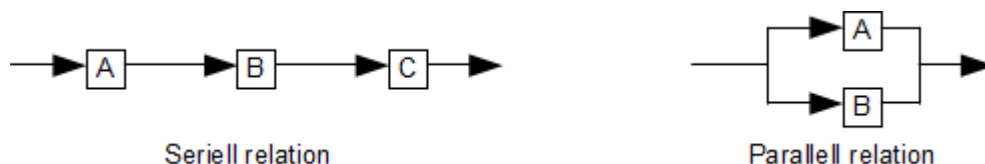
## 2.4 Tillgänglighets metrik

Tillgänglighet är den mängden tid ett system eller nätverk levererar sin tjänst. Det är även sannolikheten att ett system levererar denna tjänsten över sin livstid. Ett systems eller komponents tillgänglighet,  $A$ , kan räknas ut med följande: [6]

$$A = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

Mean time between failure (MTBF) står för den genomsnittliga tiden som ett system är uppe (tillgängligt) innan det slutar fungera. Mean time to recovery (MTTR) är den genomsnittliga tiden det ta för ett system att återställas efter att det slutat fungera. [6]

Ett redundant systems tillgänglighet är relativt till procenten av tid som något av systemen eller båda är tillgängliga. [3]



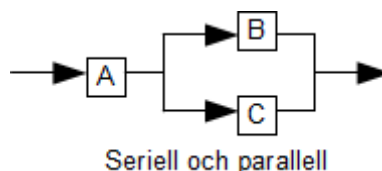
Figur 5: Tillgänglighets block diagram. [3]

Formeln för seriell relation blir: [3]

$$A = A_A A_B A_C$$

Och för parallell relation: [3]

$$A = 1 - (1 - A_A) (1 - A_B)$$



Figur 6: Tillgänglighets exempel. [3]

För att ge ett exempel på hur detta kan appliceras tittar vi på figur 6 och säger att tillgängligheten för A är 99.9% och 99.75% för B och C. Man börjar då med att räkna ut den parallella relationen först.  $A = 1 - (1 - 0,9975) * (1 - 0,9975) = 0,999937$

2 <http://www.random.org/>



eller avrundat till 99,9994%. Efter detta räknas den seriella relationen,  $A = 0,999 * 0,999994 = 0,998994$  vilket då ge den totala tillgängligheten 99,8994% eller den årliga nere tiden 8,8 timmar. [3]

Den årliga nere tiden får man fram med:

$$\text{Årlig\_nere\_tid} = (7*24*365) - ((7*24*365) * A)$$

För att räkna med skottåren använder man 8766 timmar per år [3].

När man karakterisera en tjänsts uppförande med hjälp av tillgänglighets metrik, bör man tänka på följande:

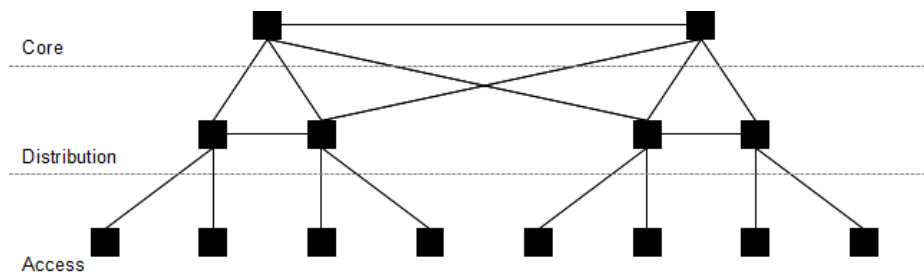
- Tillgänglighet är ett idealt värde. Och hög tillgänglighet uppnås inte med enskilda nätverks delar, utan med hjälp av en mix av system och anslutningar. Oberoende av värde, så är ett system alltid benägen för single point of failures. [3]
- Tillgänglighet kan dölja antalet fel. Då ett system med fem nior (99,999%) har en årlig nere tid på 5 minuter. Vad detta inte säger är om det är en gång á 5 minuter eller 5 gånger á 1 minut. [3]
- Förbättringar för att öka tillgänglighet och pålitlighet är kostsamt. Samt att det är utsatt för avfärdad avkastning (dismissing return). Vilket betyder att ju mer man driver upp tillgängligheten och pålitligheten desto mer kostar ytterligare förbättringar. [3]

## 2.5 Hierarkisk topologi

Hierarkisk topologi är den mera kända svenska termen för Tiered topologies och Hierarchical topologies. En Hierarkisk topologi består utav olika lager, Cisco använder sig främst utav lagren core, distribution och access. [7]

För att definiera funktionen hos olika lager används här den definition som Cisco använder sig av. Cisco säger då att access lagret huvuduppgift är att tillhandahålla ett sätt för att ansluta slutanvändare till nätverket i form av datorer, skrivare mm. Distributions lagret tillhandahåller sammankoppling mellan access lagret och core lagret. Core lagret sköter anslutningen mellan enheterna i distributions lagret, och refereras ibland till nätverkets backbone. [7][8]

I en hierarkisk topologi kan en nod i ett lager anslutas till alla eller bara några av noderna i det högre lagret. Figur 7 visar detta på ett sätt där två av distributions lagrets noder är anslutna till båda noderna i core lagret. Medan de andra två enbart ansluter till en nod vardera. Genom att ansluta noderna på detta sätt så kan man öka nätverkets prestanda samtidigt som man minskar sårbarheten. [3]

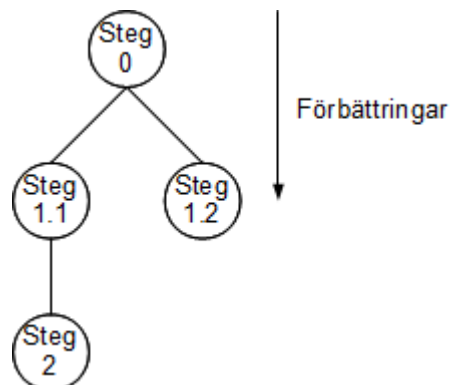


Figur 7: Hierarkisk topologi. [3]

## 2.6 Beslutsträd (Decision trees)

Ett beslutsträd används för att sammanställa alla olika alternativ. Varje nod i trädet representerar en lösning, och varje länk representerar en förändring som skulle förbättra lösningen. I toppen av trädet finns ursprungs modellen av nätverket. [2]

Figur 8 visar hur ett beslutsträd kan se ut med det oförändrade nätverket som steg 0. Följt av två olika förändringar som leder till två olika lösningar (steg 1.1 och steg 1.2). Ytterligare så finns lösningen steg 2 som är en lösning efter att förändringar gjorts på lösningen i steg 1.1.



Figur 8: Besluts träd.

## 3. METOD

Detta kapitlet tar upp tillvägagångssättet som har använts för studiens utförande. Kapitlet beskriver också hur studieobjekt ”CSLAB” har använts för att komma fram till studiens resultat.

### 3.1 Ansats och urval

Uppsatsen har använt en litteraturstudie för att samla in information inom området och skaffa en hög kunskap om ämnet. Denna kunskap är sedan återgiven i kapitel 2, genom egen tolkning.

För att hitta litteraturen som används i denna studien så har sökord som ”Network Design”, ”Network planning” använts. Detta även i kombination med och utan ”optimization”. De sökmotorerna som har använts är IEEE och OneSearch för Linnéuniversitet.

Urvals processen av relevant information har grundats kring redundans, tillgänglighet och nätverksdesign. Tillgänglighet och nätverksdesign är de tydligaste då dessa mer exakt pekar på det som studien vill ta upp. Redundans är dock en viktig del för att kunna förbättra tillgängligheten utöver en enskild enhets tillgänglighet.

All litteratur är publicerat på 2000-talet, även om vissa metoder i dem är mycket äldre så anser jag att dessa har granskats på nytt och därför känns väldigt aktuella.

### 3.2 Tillvägagångssätt

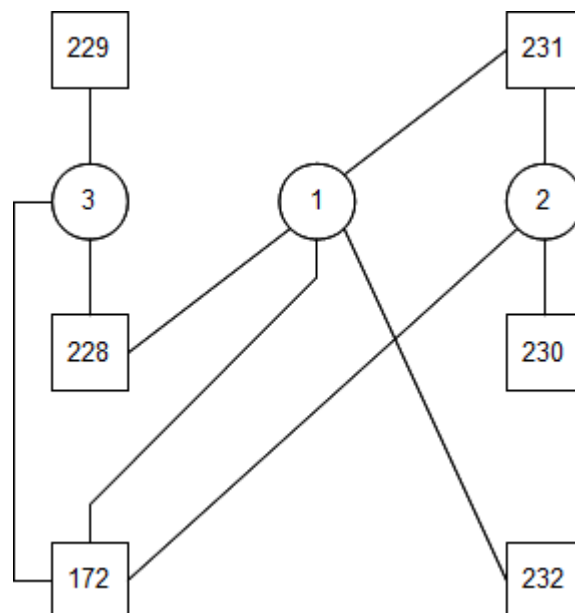
För att få fram en metod för att ta fram den bästa möjliga tillgängligheten i ett nätverk till lägsta möjliga kostnad, i form av länkar. Användes grundidéer från [2], där man beskriver en metod för att förbättra tillgängligheten i ett fibernät. Denna metoden går ut på att tillgängligheten mellan två noder räknas fram. Varpå ett besluts träd sedan används för att hitta den bästa lösningen när förändringar på nätverket görs. Detta genom att jämföra resultaten från de olika stegen i beslutsträdet.

I metoden som tas fram här byts dock delen för att analysera tillgängligheten ut mot en något enklare metod samt en metod för att analysera länk redundansen. Detta görs på grund av att tillgänglighets analysen i [2] är anpassad för fibernät, medan denna studiens metod är avsedd för TP-kabel nät. Vilket gör att analysen inte har någon nytta utav att beräkna tillgängligheten av förstärkare för fiberkablar. Utan mera bör fokuseras runt noderna. Dock används analysen för länk redundansen för att få med påverkan av tillgängligheten vid förlust av länkar. Detta för att förstärka den kanske något enkla tillgänglighets analysen som nu används.

För att även se till så att man inte bara använder sig av till exempel dubbla länkar mellan noder så analyseras nätverket även genom att räkna antal oberoende vägar, främst de nod-oberoende vägarna. Genom att göra detta kan man se om en möjlig alternativ väg har en flaskhals, i form av en gemensam nod eller länk.

### 3.3 Studieobjekt

Här beskrivs topologin för CSLAB nätverket, som i denna studien används som studieobjekt.



Figur 9: CSLAB nätverket.

I figur 9 visas topologin för CSLAB nätverket. Detta nätverket består utav sex stycken noder (172, 228, 229, 230, 231 och 232), som ska ses som access noder. Klienter och servrar använder sedan dessa noderna för att ansluter till nätverket. Noderna 1-3 används endast för att koppla samman de sex access noderna. Önskemålet med nätverket är att de övriga fem access noderna ska ha bästa möjliga tillgänglighet till de resurser som finns anslutna till access nod 231, till minsta möjliga antal länkar. Ytterligare så routare alla access noder, utom nod 172. Detta betyder att trafik från nod 229 bara kan gå genom noderna 3, 228 och 1 för att nå 231. Och inte genom noderna 3, 172, 1 till nod 231.

### 3.4 Genomförande

För att visa hur metoden kan användas så redovisas här genomförandet av metoden på CSLAB nätverket.

#### Steg 0

För att ha något att jämföra våra resultat med samt veta om vi förbättra eller försämrar nätverket så analyseras det ursprungliga nätverket först. Detta görs genom att använda tillgänglighets metriken som gicks igenom under kapitel 2. Då vi inte har några värden för en nods upp tid eller hur snabbt den kan repareras när den går sönder så används här en tillgänglighet på 99,5%. Detta bara för att få ett värde att jämföra med när vi gör förbättringar i nätverket.

För att beräkna tillgängligheten till nod 231 från resp. nod används formlerna från kapitel 2.4. Exempelvis skulle den fullständiga formeln mellan nod 229 och 231 bli:

$$A = A_3 * A_{228} * A_1$$

Mellan nod 172 blir formeln något mera komplicerad då den även innehåller två olika parallella förhållande. Första parallella förhållandet blir mellan länken mellan nod 172 och nod 1 och det seriella förhållandet som noderna 3 och 228 skapar. Då ingen tillgänglighet sätts på länkar i denna uträknings metod så kommer en länk alltid att ses som uppe och därför ha en tillgänglighet på 100%. Resultatet av ovanstående parallella förhållande kan därför förenklas till att det är 100%, då länken inte kan vara mera än alltid uppe. Hela formeln för tillgängligheten mellan nod 172 och 231 kan förenklas till enbart det parallella förhållandet mellan nod 1 och 2.

$$A = 1 - (1 - A_1) * (1 - A_2)$$

Tillgänglighets formeln för noderna 228, 230 och 232 blir i stort det samma. Förutom att nod 228 kommer använda nod 1 istället för nod 2.

$$A = A_1 \text{ eller } A = A_2$$

Beräkningarna från formlerna ger tillgängligheten till nod 231 från:

Nod 228, 230 och 232 = 99,5%, nod 229 = 98,5% samt nod 172 = 99,9975%.

Ytterligare analyser består av att inspektera antal oberoende vägar samt göra en länkredundansberäkning på nätverket.

För att beräkna länk redundansen används formeln från kapitel 2.3.

$$\text{Länk\_redundans} = t / m$$

För att få fram  $t$ , numreras alla länkar varpå slump generatoren random.org används för att slumpa fram en länk som ska tas bort. Fortsätt plocka bort länkar till dess att nätet separeras till olika komponenter. De antal länkar som då tagits bort är värdet  $t$ . För att få en mera pålitlig siffra av länk redundans så har  $t$  tagits fram tio gånger varpå ett medel räknats fram till formeln:

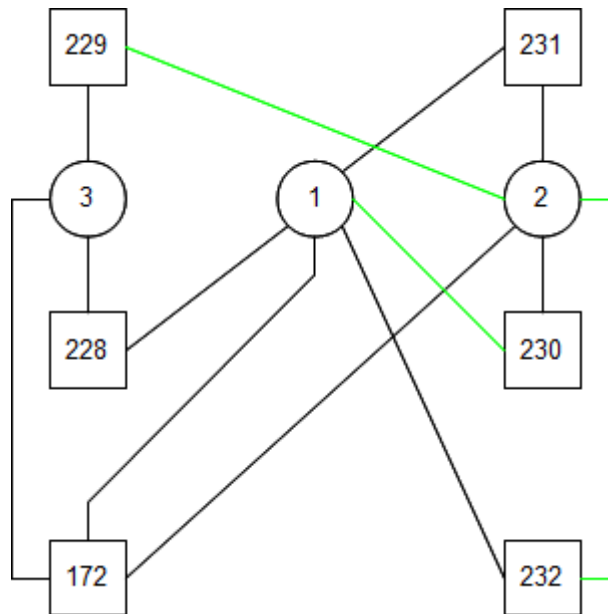
$$\text{Länk\_redundans} = t_{\text{medel}} / m$$

Detta resulterar då i en länk redundans på 13% som i det hela helt kommer från att nod 172 har redundantanta länkar till nod 231. Vad gäller antal oberoende vägar så har enbart nod 172 flera än en men dessa är då även nod-oberoende. Detta då det finns en väg genom nod 1 och en genom nod 2. Den väg som även finns genom nod 3 och senare genom nod 1 blir ju dock inte oberoende eftersom den måste dela både nod 1 och länken mellan nod 1 och nod 231 med en annan väg.

När det ursprungliga nätverket är analyserat så kan förbättringar börja arbetas fram. Exempelvis redundantanta länkar så att alla noder får minst två oberoende vägar till nod 231.

## Steg 1

Efter en förbättring gjorts så analyseras nätverket på nytt och jämförs med de resultat man ha från steg 0. Detta gör att en träd struktur likt den i figur 9 skapas där roten är den ursprungliga topologin och förbättringar är grenar som man kan bygga vidare på om de visar sig vara förbättringar annars går man tillbaka till steget innan.



Figur 10: CSLAB förbättrings steg1.

I Figur 10 visas tre länkar som lagts till för att förbättra tillgängligheten. Länkarna ser till att noderna 228, 229, 230 och 232 får två nod-oberoende vägar till nod 231. För att kontrollera förbättringarna om några, görs de analyser och beräkningar, som gjordes för steg 0.

Tillgängligheten beräknas nu med formeln för nod 228 (och liknande nod 229)

$$A = 1 - (1 - (A_3 * A_{229} * A_2)) * (1 - A_1)$$

För nod 230 och 232 blir formeln:

$$A = 1 - (1 - A_1) * (1 - A_2)$$

Liknande som vid steg 0 så ger nod 172 ett nytt parallellt förhållande men då den blir med enbart en länk på ena sidan så kan den ignoreras. Vilket ger samma formel och resultat för nod 172 som tidigare.

Beräkningarna från formlerna ger tillgängligheten till nod 231 från:

Nod 228 och 229 = 99,9925%, nod 230 och 232 = 99,9975% samt nod 172 = 99,9975%.

Länk redundansens beräkning förändras inget utan resultatet blir 25,4%. Detta är nästan en fördubbling mot vad ursprungs nätverket i steg 0 hade.

Som analysen tydligt visar så har nätverket förbättrats mycket både genom att det finns två nod-oberoende vägar för alla noder till nod 231. Samt att länk redundansen

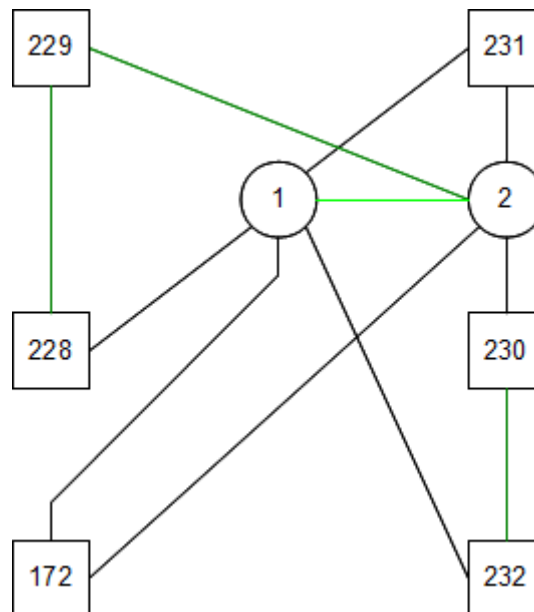


Länk redundansen blir här nu 27% vilket är något bättre än tidigare steg. Notera även att antal nod-oberoende vägar för varje nod fortfarande är två.

### Steg 3

Under de olika stegens analyser och beräkningar så har det uppkommit att om en av länkarna mellan nod 1 eller 2 och nod 231 går ner så kommer med stor sannolikhet en av noderna 172, 228, 229, 230 och 232 att kopplas bort från nätverket om en annan länk försvinner.

På grund av detta testas ett sista steg för att komma fram till det optimala nätverket.



Figur 12: CSLAB förbättrings steg3.

I sista steget som visas i figur 12 så har en länk mellan nod 1 och 2 lagts till för att förbättra länk redundansen. Länk redundansen är det enda som förändras då oberoende vägar förblir det samma. Och tillgänglighets metriken förändras inte då den nya länken bara skapar parallella förhållande mot enkla länkar. Resultatet för formeln blir då liknande det som kom fram när tillgänglighets formeln för nod 172 togs fram i början av kapitlet.

Länk redundansen med den nya länken blir nu 39,6%. Detta ger en ökning på ca 47% i länk redundans vilket kan ses som en förbättring värd sin extra länk.

Efter detta kan man dock se på topologin att det kommer kosta många länkar och kanske även ett par noder för att kunna förbättra den mera. Detta främst grundat på att det inte går att göra några flera oberoende vägar. Utan att lägga till minst en länk per nod för att skapa en tredje oberoende väg.

En oberoende väg skulle behöva ligga till grunden för att förbättra tillgängligheten ytterligare. Annars skulle alla vägar som inte va oberoende bilda flaskhalsar som skulle resultera i noll tillgänglighets förbättring.

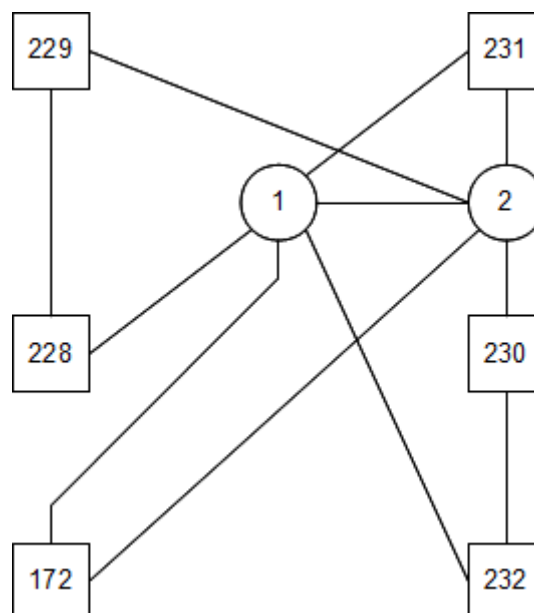


### Beräknat resultat

Resultatet för genomförande på studieobjektet blir då nätverket som visas i figur 13. Tabell 1 visar ursprungsvärdena och slutresultat värdena för tillgänglighet samt länk redundans.

Tabell 1: Resultat CSLAB.

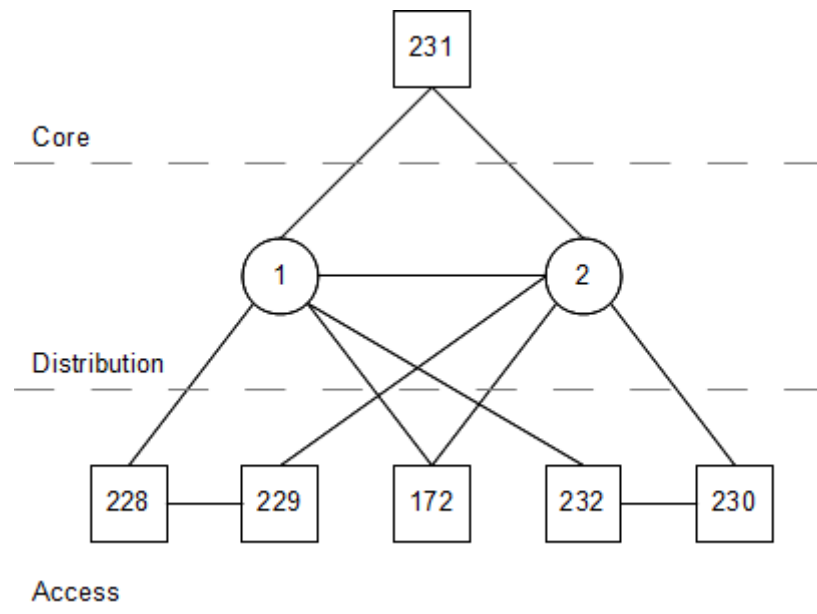
	Länk redundans	Nod 231 till				
		Nod 172	Nod 228	Nod 229	Nod 230	Nod 232
Ursprung	13,0%	99,9975%	99,5%	98,5%	99,5%	99,5%
Slutresultat	39,6%	99,9975%	99,995%	99,995%	99,995%	99,995%



Figur 13: Slutresultat.

Som man kan se främst med värdena i tabell 1 så har länk redundansen fått en ökning på ca 200%. Medan tillgängligheten enbart ökat för noderna 228, 229, 230 och 232. Där nod 229 har fått den bästa ökningen.

En sista sak som görs med nätverket är att ändra om topologin till en hierarkisk topologi. Detta görs för att förenkla val av hårdvara för att kunna trimma tillgängligheten ytterligare, samt för att underlätta framtida utbyggnader av nätverket. I core lagret sätts nod 231, i distributions lagret hamnar nod 1 och 2. Samt i access lagret placeras nod 172, 228, 229, 230 och 232. Hur detta kan se ut visas i figur 14.



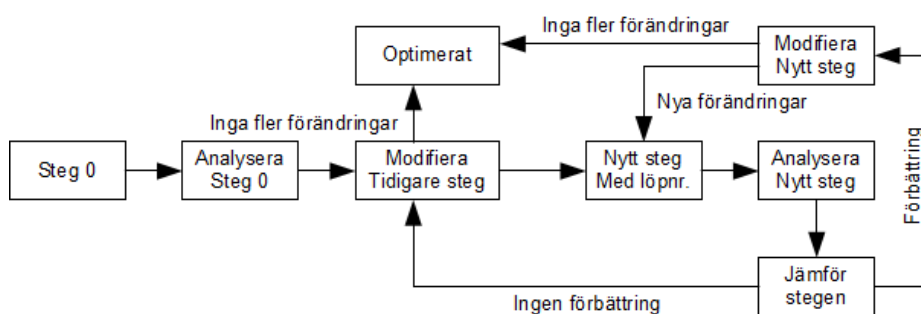
Figur 14: CSLAB hierarkisk topologi.

## 4. RESULTAT

Detta kapitlet innehåller metoden för att optimera ett nätverks tillgänglighet. Där optimeringen är baserad kring den bästa möjliga tillgängligheten till den minsta möjliga kostnaden, i form av länkar.

### 4.1 Optimeringsmetoden

Optimeringsmetoden som är slutresultatet i studien blir en metod som knyter samman teorierna om beslutsträd, tillgänglighets metrik, länk redundans och oberoende vägar. Figur 15 redovisar flödesschemat för framtagen metod.



Figur 15: Flödesschema för optimeringsmetoden.

I flödesschemat betecknar steg 0 rotnoden i beslutsträdet (se kap 2.6) och nytt steg med löp-nummer en nod som innehåller en förändring från tidigare nod i beslutsträdet.

Steg 0 är ett nätverks ursprungliga utformning som analyseras för att få fram tillgängligheten, länk redundansen och antal oberoende vägar. Analysen utförs

genom att man räknar fram tillgänglighets metriken (se kap 2.4), länk redundansen (se kap 2.3) samt kontrollera antal oberoende vägar (se kap 2.2) som finns för en nod till en annan nod. Analysen av steg 0 tillhandahåller värden för att kunna jämföra de första förändringarna som görs på nätverket.

I flödesschemats steg (modifiera tidigare steg) så förändrar man nätverket med förhoppning om att det ska öka tillgängligheten. Detta görs alltid mot det tidigare steget. När en förändring gjorts så namnger man den förändringen till steg med löpnummer efter vad som beskrivs i kapitel 2.6. Tex en förändring av steg 0 resulterar i steg 1 eller 1.1 om man inte är nöjd med förändringen och gör flera förändringar med steg 0 som grund.

När ett tidigare steg är förändrat till ett nytt steg så genomförs en analys av det nya steget. Analysen utförs på liknande sätt som för steg 0 tidigare. Efter analysen så använder man resultaten för att jämföra med de som togs fram för tidigare steg. Har man vid denna jämförelsen inte fått en förbättring så följer man flödesschemat tillbaka till (modifiera tidigare steg). Om man dock har en förbättring så går man till flödesschemats steg (modifiera nytt steg) där man förändrar det nya steget med förhoppning om att öka tillgängligheten.

När flödesschemat leder tillbaka till en modifiering och man konstaterar att ingen modifiering kan göras för att förbättra tillgängligheten till effektiv kostnad så har nätverket den bästa möjliga tillgängligheten till lägsta möjliga kostnad.

För att en förändring ska vara effektiv så ska minst länk redundans förbättringen procentuellt vara högre än tillkomsten av antal länkar. Exempelvis som i kapitel 3.3 och studieobjektet mellan steg 0 och steg 1 där tre länkar till kom i nätverket. Vilket då va en länk ökning på 30%. Medan länk redundansen gick från 13% i steg 0 till 25,4% i steg 1 vilket då ger en ökning på 95,4%. Detta var då en effektiv förändring då länk ökningen bara va 30% medan länk redundansen ökning va 95,4%.

## 5. DISKUSSION

Metoden som presenteras i kapitel 4 går i grunden ut på att analysera ett nätverks tillgänglighet och länk redundans. Efteråt görs förändringar, varpå en ny analys görs så att resultaten från de två olika analyserna kan jämföras för att se om man fått fram en förbättring på tillgängligheten. Optimering av nätverket nås när man inte längre kan förbättra nätverket utan att gå emot några grundregler, som att hålla länk antalet till ett minimum.

Uträkningen av tillgänglighets metriken är ett bra sätt för att få fram ett procentuellt värde för hur mycket upp tid en nod och även vägen/vägarna mellan två noder har. Även om ett fast värde på 99,5% används i kapitel 3 så ger det ändå en reflektion över förbättrad eller försämrad tillgänglighet. När det kommer till uträkning av länk redundansen så kan den bli väldigt tids krävande i lite större nätverk. Detta främst då slumpen spelar en viss roll i hur många länkar som kan tas bort innan nätverket separeras i flera komponenter. Vilket resulterar i att länk redundansen varierar lite gång till gång. Det sätt som användes vid genomförandet i kapitel 3 för att minska denna skillnaden var att genomföra beräkningen av länk redundans tio gånger och sedan ta ett medel från detta. Att beräkningen utföres tio gånger är enbart baserat på

ett slumpmässigt valt tal för att få bort några av de spikar och svackor som uppkom vid några tidigare beräkningar.

Den stora anledning till att räkna antal oberoende vägar mellan två noder är för att två nod-oberoende vägar är bättre än två länk-oberoende vägar. Detta då två länk-oberoende vägar delar på en nod någonstans på vägen och om den går ner så går båda vägarna ner.

Metoden som har tagits fram i denna studien bör fungera lika bra på andra nätverk, på samma sätt som den fungerade på studieobjektet i uppsatsen. Då tillgänglighetsanalysen har förenklats jämfört med den som H. C. Cankaya, A. Lardies och G. W. Ester beskriver i sin avhandling, så skulle deras metod kanske vara att föredra för fibernät. Detta betyder inte att metoden i denna studien inte skulle kunna ge liknande resultat. Utan enbart att metoden här inte är på något sätt testad på fibernät. Dock då uträkningen av länk redundans är tidskrävande, så kan metoden ha en viss begränsning där den inte är att föredra på större nätverk

Det som kan tas från metoden och dess tillämpning på studieobjektet. Är att slutresultatet från genomförandet tyder på att den bästa möjliga tillgängligheten till lägsta möjliga kostnad, i form av länkar, har uppnåtts. Om detta även är sant om förändringarna implementeras i praktiken är en annan fråga som inte kan besvaras i denna studien.

## 5.1 Erfarenheter och fortsättning

Innan studien var min kunskap om nätverksoptimering mycket liten. Nu efter studien känner jag att man har bra koll på hur man teoretiskt kan förbättra tillgängligheten i ett nätverk.

Förslag till fortsatt arbete inom området kan vara att pröva denna teoretiskt grundade hypotesen i praktiken. Man får då även riktiga värden för nodernas tillgänglighet. Samt skulle man även få riktiga värden på tillgängligheten mellan två noder.

Ytterligare så hade det varit intressant att se om uträkningen av länk redundansen kunde förändras. Både för att göra den mindre tidskrävande, samt mer exakt utan att använda sig av ett medel värde från flera uträkningar. Detta skulle även kunna göra metoden mindre begränsad då den troligen skulle fungera bättre på större nätverk.

Ett sätt att anpassa metoden för större nätverk och även ett förslag för fortsatt arbetet hade varit att göra ett program baserat på metoden. Detta programmet hade då kunna genomföra flera tester på mycket kortare tid och på så sätt effektiviserat metoden avsevärd.

## A REFERENSER

- [1] J. P. Sauvé och F. E. Silva Coelho, "Availability Considerations in Network Design" in *Dependable Computing, 2001. Proceedings. 2001 Pacific Rim International Symposium, 17-19 Dec 2001, Seoul, Sydkorea*. Tillgänglig: IEEE Xplore, <http://www.ieee.org>. [Accessed: 5 april 2012]
- [2] H. C. Cankaya, A. Lardies och G. W. Ester, "Network design optimization from an availability perspective" in *Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium. NETWORKS 2004, 11th International, 13-16 Juni 2004, Wien, Österrike*. Tillgänglig: IEEE Xplore, <http://www.ieee.org>. [Accessed: 5 april 2012]
- [3] M. Liotine, *Mission-Critical Network Planning*, Norwood, MA, USA: Artech House, 2003, pp. 9-29, 42-47.
- [4] M. E. J. Newman, *Networks: An Introduction*, New York: Oxford University Press, 2010, pp. 145-150, 333-344.
- [5] T. G. Lewis, *Network Science: Theory and Applications*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009, pp. 378, 410-428.
- [6] C. Oggerino, *High Availability Network Fundamentals*, Indianapolis, IN ,USA: Cisco Press, 2001, pp. 5-18
- [7] W. Lewis, *LAN Switching and Wireless*, Indianapolis, IN ,USA: Cisco Press, 2008, pp. 2-10
- [8] D. Hucaby, *CCNP Switch 642-813: Official Certification Guide*, Indianapolis, IN ,USA: Cisco Press, 2010, pp. 249-264.