

## ОПТИМИЗИРАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА КОРПОРАТИВНА МРЕЖА

Розалина Димова, Николай Стоянов, Васил Къдрев

### CORPORATE NETWORK RELIABILITY OPTIMIZATION

Rozalina Dimova, Nikolai Stoyanov, Vasil Kadrev

**Резюме:** Статията представя изследване на надеждността на корпоративна мрежа в зависимост от използваните протоколи за маршрутизация, топологията и резервирането на мрежата. Получените резултати показват, че за повишаване на надеждността на корпоративна мрежа резервиране трябва да се прилага за ключови елементи в мрежата, които се намират на високо ниво в йерархията и обслужват най-голям трафик.

**Ключови думи:** корпоративна мрежа, EIGRP, маршрутизация

**Abstract:** The paper presents a study of the corporate network reliability depending on the protocols used, the topology and reservation of the network. The results show that reliability of enterprise networks need backup of key network elements at a higher hierarchy level.

**Keywords:** corporate network, EIGRP, routing

#### I. ВЪВЕДЕНИЕ

Широкото разпространение на корпоративните мрежи поставя въпроса за тяхната надеждност. При детерминирани методи за достъп до преносна среда на всяка станция, включена в локалната мрежа, се заделя част от общата пропускателна способност на средата. Основният недостатък на този тип методи за достъп е, че поради случайния характер на обменната информация в компютърните мрежи, се получава малък коефициент на използване на пропускателната способност на средата. При недетерминирани методи за достъп съобщителната среда се разпределя или предоставя изцяло на станциите, които имат готови за предаване съобщения. Такъв подход води до много по-добро използване на пропускателната способност на средата, но е значително по-сложен за реализация. Съществен проблем при този тип методи е колизията. При адаптивните недетерминирани методи стратегията на станциите за ползване на съобщителната среда не е фиксирана предварително, а се изменя съобразно с трафика. При изследването е използван Ornet 14.5 с цел определяне на времето за изчисляване на мрежовия протокол STP (Spanning Tree Protocol), който предвижда съкращаване пътя на данните с цел предотвратяване на нежелани повторения в топологията при промяна на броя на устройствата в корпоративна мрежа [2, 3].

#### II. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВРЕМЕТО ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА STP

Изследванията показаха, че времето за изчисляване на STP зависи от броя на устройствата само при някои топологии. При запазване на разстоянието между базовия комутатор и устройствата, то зависи само при кръгова топологията поради ограничения брой на връзките към базовия комутатор. При топологиите тип звезда и йерархична има промяна само когато добавяните устройства са на по-голяма дистанция от базовия комутатор (фиг. 1).

При смесена топология се изисква повече време за настройване на STP поради по-големия брой връзки между устройствата [1].

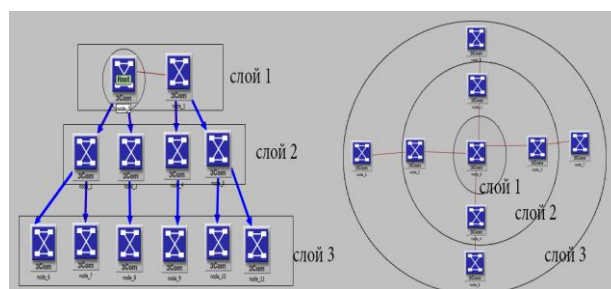
За определяне на времето за изчисляване на STP в зависимост от резервирането на пътя в мрежата са симулирани многослоести мрежи от йерархичен тип и тип звезда с

възможността за поставяне на резервни връзки. Разгледани са няколко сценария. За базови комутатори са избрани оптималните възможности, тоест за йерархичния тип се избира най-високото ниво от мрежата, а за тип звезда централния комутатор.



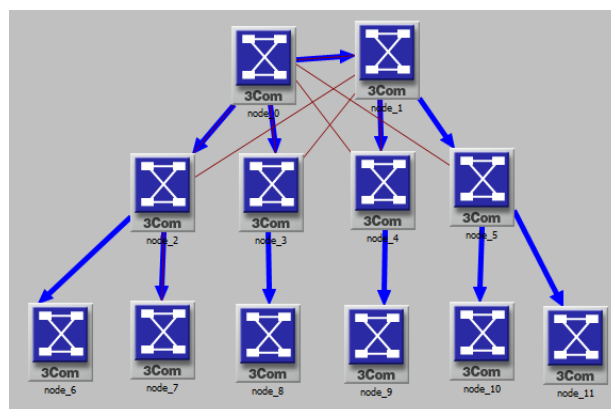
Фиг.1. Време за настройване на STP при йерархична топология при различен брой устройства.

В първия случай се разглеждат двете мрежи без никакви резервни връзки (фиг.2).



Фиг. 2. Първи сценарий.

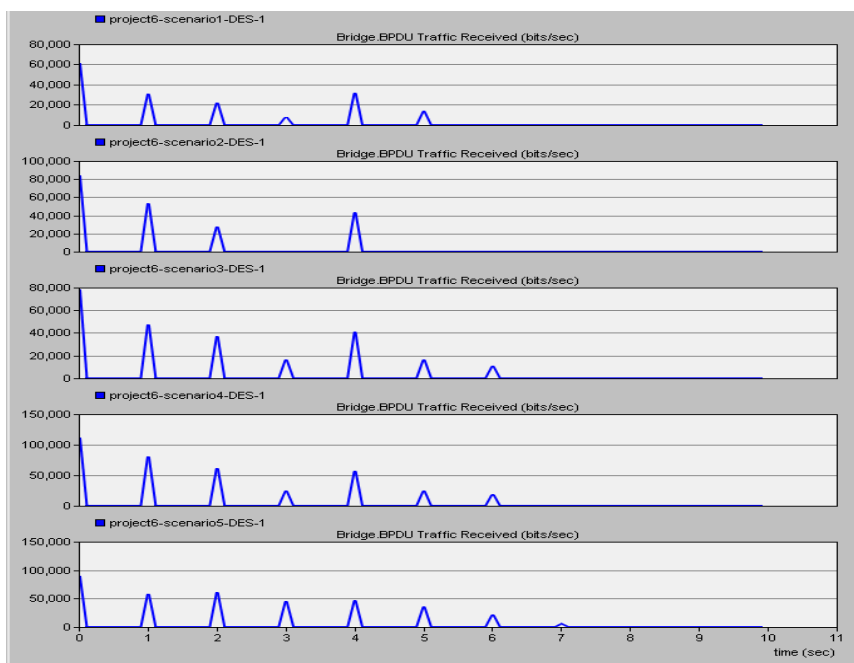
Във втория сценарий се разглежда мрежа със силна резервираност между първия и втория слой с цел да се изследва влиянието върху времето за настройване на STP спрямо другите сценарии (фиг. 3).



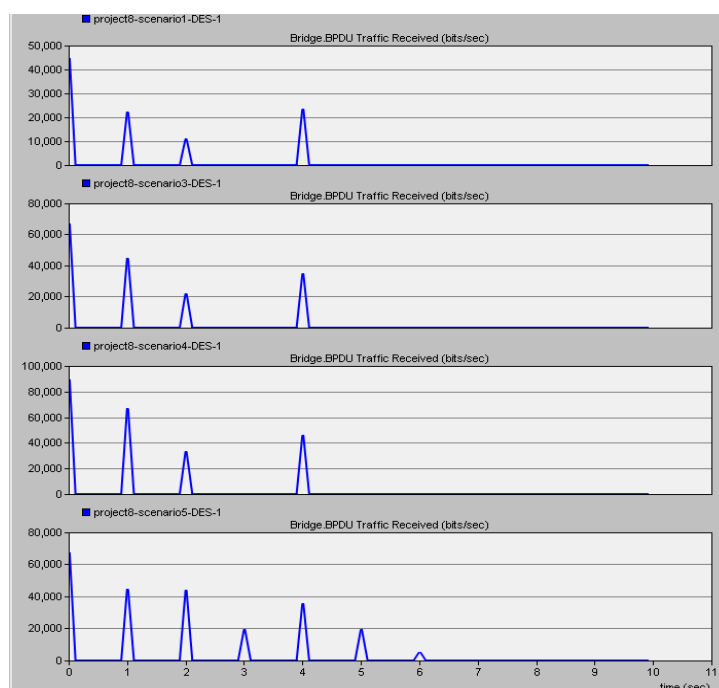
Фиг.3. Втори сценарий.

В третия сценарий всички устройства от втория слой са едно до друго, а в четвъртия сценарий резервираността е разположена между втория и третия слой. Петият сценарий е с резервираност между устройствата от третия слой на мрежата. Това е сценарий, при който резервираността се намира максимално далеч от базовия комутатор. Резултатите от втория сценарий показват, че с увеличаване на директните връзки към базовия комутатор

времето за изчисляване на STP намалява. От друга страна, разполагането на връзките, които не са директно свързани към базовия комутатор, но са в близост до него, довежда до минимална промяна във времето спрямо времето от първия сценарий, в който няма резервирани връзки (фиг. 4 и фиг. 5).



Фиг.4. Резултати от всички сценарии при йерархична топология.



Фиг.5. Резултати от сценарии при топология звезда.

Сценарий пет показва, че резервираността в края на мрежата довежда до значително увеличаване на времето за настройване на STP.

Резултатите показват, че местоположението на базовия комутатор е от значение само при топологиите тип звезда и йерархичен тип поради разликата в броя на връзките между отделните устройства. Броят на устройства не оказва такова влияние, каквото оказва разстоянието от базовия комутатор до най-отдалечения комутатор. С увеличаване на това разстояние и времето се увеличава. Тази зависимост е в сила за всички топологии освен топологията всеки със всеки, където базовият комутатор има връзка към всички други устройства.

Резултатите показват, че за да се оптимизира времето за избор на базов комутатор при смесени топологии, трябва да се избира устройството с най-голям брой връзки към другите устройства, както и в близост до резервираността на мрежата (фиг.4, фиг.5).

Протоколът EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) използва следните параметри, за да изчисли метриката на даден път: честотна лента, закъснение, натоварване и надеждност. За целите на изследването са симулирани три подмрежи (фиг. 6). За основа на мрежата са избрани четири маршрутизатора, които са свързани в топология всеки със всеки, за да се осигури по-голяма стабилност на мрежата. Крайните устройства се свързват към основата на мрежата през комутатори, които дават възможност на мрежата да се разширява при нужда. За по-добро разделяне на VoIP трафика от друг трафик, IP телефоните са свързани към други комутатори. Всички връзки в мрежата са стандартни 100Mbps, а само връзките между Router3 и Router2, както и Router2 и Router4 са оптични 1Gbps.

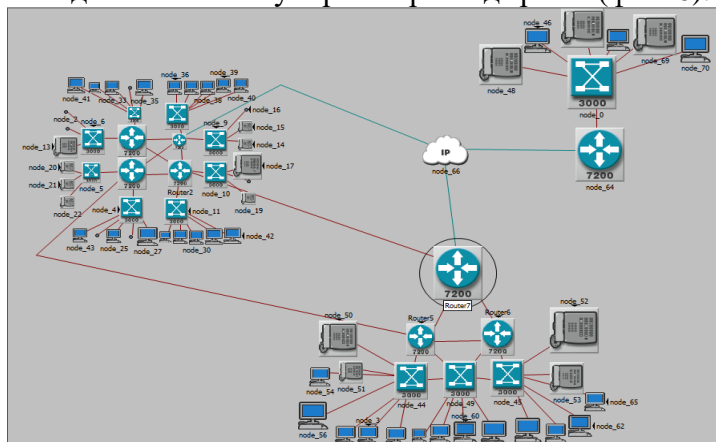
Вторият офис е симулиран в йерархична топология, като най-високото ниво се състои от три маршрутизатора Cisco 7201, свързани с 1Gbps. Второто и третото ниво се състоят от комутатори Cisco 3000. VoIP телефони осигуряват комуникация между трите офиса. Телефоните са свързани към комутаторите от второ ниво, за да се осигури по-добра производителност на VoIP.

За третия офис е избран маршрутизатор Cisco 7200 и комутатор 3000 поради това, че офисът е представителен. При него резервираността на мрежата и възможностите за разширяване са минимални. Връзката между двата главни офиса се осъществява чрез два директно свързани оптични кабела Gbps, а връзката към третия офис се осъществява чрез интернет доставчик.

### III. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА EIGRP ПРИ ИЗГРАЖДАНЕТО НА КОРПОРАТИВНА МРЕЖА

Протоколът EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) използва следните параметри, за да изчисли метриката на даден път: честотна лента, закъснение, натоварване и надеждност.

За целите на изследването са симулирани три подмрежи (фиг. 6).



Фиг.6. Корпоративна мрежа.

За основа на мрежата са избрани четири маршрутизатора, които са свързани в топология всеки със всеки, за да се осигури по-голяма стабилност на мрежата. Крайните устройства се свързват към основата на мрежата през комутатори, които дават възможност на мрежата да се разширява при нужда. За по-добро разделяне на VoIP трафика от друг трафик, IP телефоните са свързани към други комутатори. Всички връзки в мрежата са стандартни 100Mbps, а само връзките между Router3 и Router2, както и Router2 и Router4 са оптични 1Gbps.

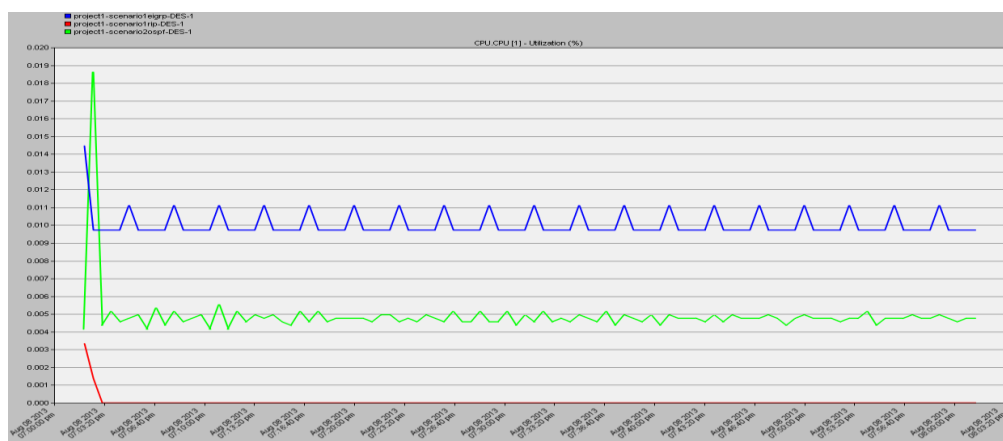
Вторият офис е симулиран в йерархична топология, като най-високото ниво се състои от три маршрутизатора Cisco 7201, свързани с 1Gbps. Второто и третото ниво се състоят от комутатори Cisco 3000. VoIP телефони осигуряват комуникация между трите офиса. Телефоните са свързани към комутаторите от второ ниво, за да се осигури по-добра производителност на VoIP.

За третия офис е избран маршрутизатор Cisco 7200 и комутатор 3000 поради това, че офисът е представителен. При него резервираността на мрежата и възможностите за разширяване са минимални.

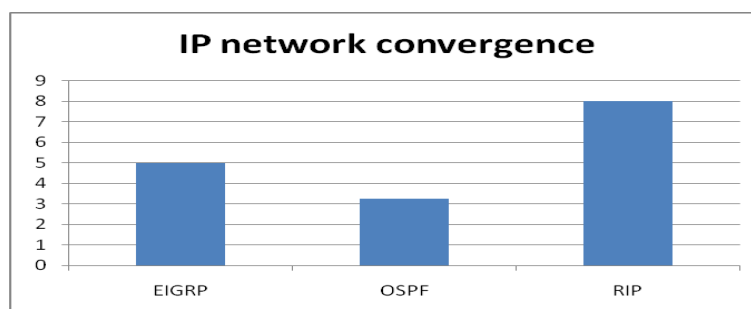
Връзката между двата главни офиса се осъществява чрез два директно свързани оптични кабела 1 Gbps, а връзката към третия офис се осъществява чрез интернет доставчик.

### 3.1. Сравнение на протокола EIGRP с RIP и OSPF

Направено е сравнение между протокола EIGRP и маршрутизиращите протоколи RIP и OSPF по времето за опознаване на мрежата (фиг. 7, фиг. 8). времето за обмяна на маршрутизиращите таблици между маршрутизаторите (фиг. 9) и средния трафик, използван от EIGRP/OSPF/RIP за опознаване на мрежата и поддържането ѝ (фиг. 10).



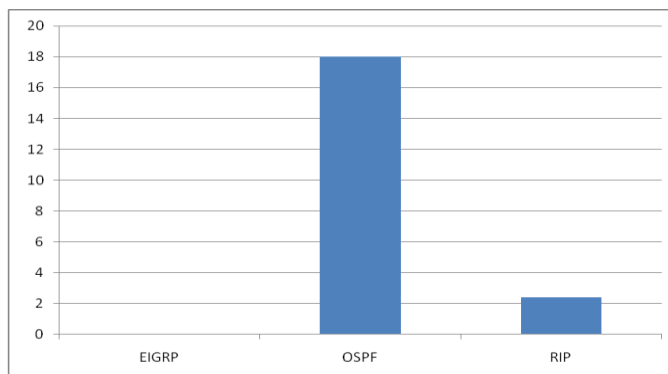
Фиг.7. Използване на процесора на маршрутизатор при EIGRP/OSPF/RIP.



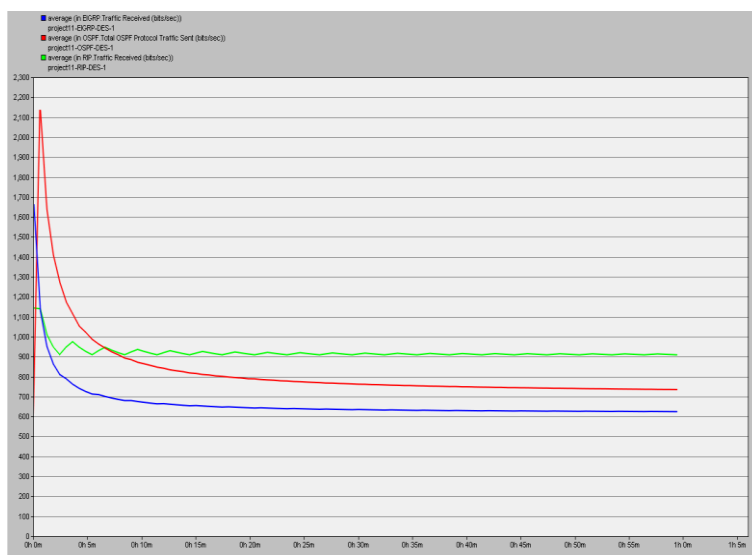
Фиг.8. Време за опознаване на мрежата от EIGRP/OSPF/RIP.

## ОПТИМИЗИРАНЕ НА НАДЕЖНОСТТА НА КОРПОРАТИВНА МРЕЖА РОЗАЛИНА ДИМОВА, НИКОЛАЙ СТОЯНОВ, ВАСИЛ КЪДРЕВ

Натоварването на мрежата е динамичен параметър, който се изменя от 0 за ненатоварена връзка до 255 са натоварена връзка. За да се избегне неправилното конфигуриране на коефициентите на пътищата в мрежата обикновено този параметър се отчита на всеки 5 мин. от всички устройства. За целта на изследването всички връзки освен тези между двата главни офиса са оставени със стандартните си параметри.

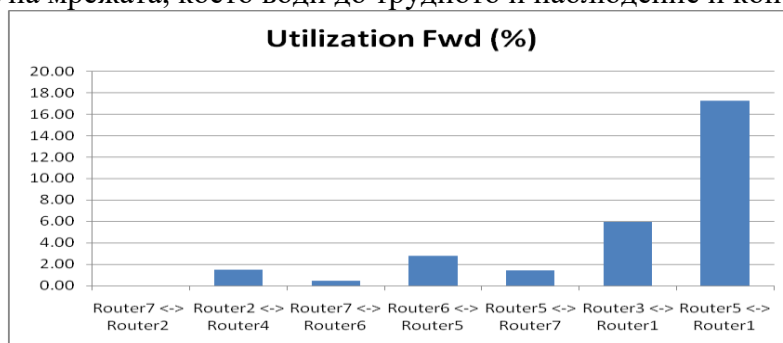


Фиг.9. Време за обмен на маршрутизиращите таблици между маршрутизаторите.

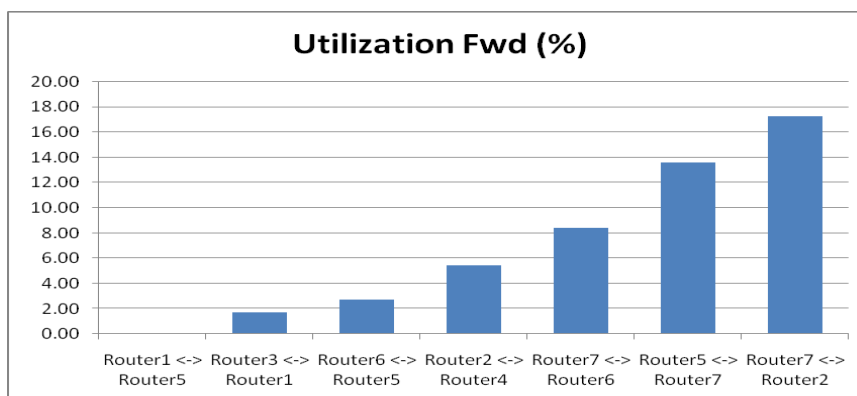


Фиг.10. Среден трафик използван от EIGRP/OSPF/RIP за опознаване на мрежата и поддържането ѝ.

Графиките на фиг. 11 и фиг. 12 показват, че използването на параметъра натоварване в метричното уравнение може да доведе до резки промени на трафика и малко изменение на натоварването. Включването на този параметър не е желателно, тъй като намалява предвидимостта на мрежата, което води до трудното и наблюдение и контрол.



Фиг.11. Използването на 1Gbps връзки в права посока при 75% натоварване на връзката между R7 и R2 и 25% между R5 и R1.



Фиг.12. Използване на 1Gbps връзки в права посока при 75% натоварване на връзката между R5 и R1 и 25% между R7 и R2.

Резултатите от изследването показват, че протокол EIGRP има най-добри параметри.

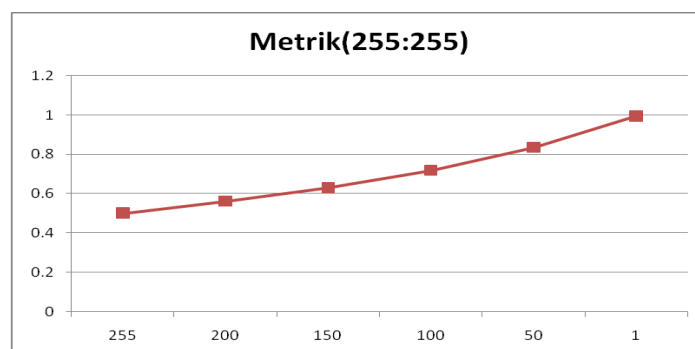
Това се дължи на използвания DUAL алгоритъм, който показва най-голямо бързодействие и генерира по-малък трафик за опознаване и поддържане на мрежата. Със своята сложна метрика протоколът показва много по-добро маршрутизиране на трафика.

Възможността да се направлява административно трафичния поток дава по-голяма свобода на управление на трафика. Въпреки че протоколът поддържа следене на повече параметри от стандартно зададените, тяхната употреба трябва да бъде избягвана поради непредсказуемостта на мрежата при ползването им.

### 3.2 Оптимизиране на маршрутизиращия протокол

EIGRP изпраща информация към другите маршрутизатора само когато настъпи промяна в мрежата, и то само за настъпилата промяна, а не цялата маршрутизираща таблица. Това намалява изчислителната мощ, необходима на комутатора, за да поддържа информацията в три основни таблици. Метриката позволява да се оптимизира надеждността на мрежата като се използват коефициентите.

Фигури 13 и 14 показват, че при тези коефициенти ще се намали 2 пъти дължината на най-сигурния път.

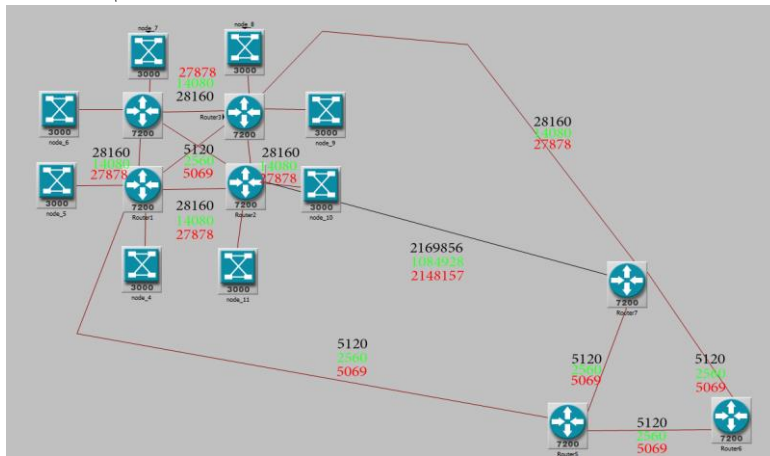


Фиг.13. Метрика при коефициенти K5=255, K4=255.

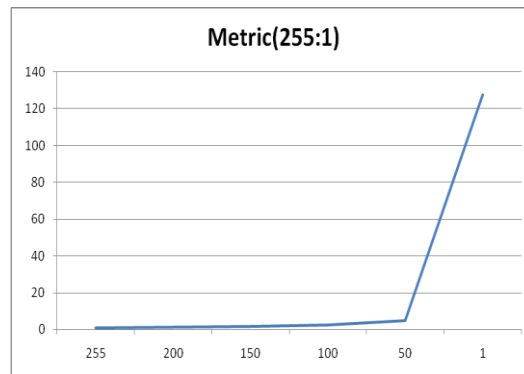
Метрика, настроена със стойности на K5=255, K4=1 е удобна за мрежи, в които не се използва неравномерно балансиране на трафика, тъй като в балансирането могат да бъдат включени пътища с не много висока надеждност (фиг. 15 и 16).

## ОПТИМИЗИРАНЕ НА НАДЕЖНОСТТА НА КОРПОРАТИВНА МРЕЖА РОЗАЛИНА ДИМОВА, НИКОЛАЙ СТОЯНОВ, ВАСИЛ КЪДРЕВ

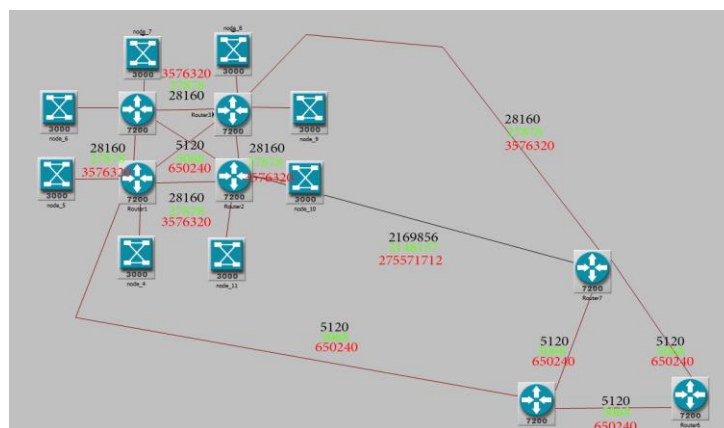
За изградената мрежа избирам метрика  $K5=255$ ,  $K4=255$ , тъй като кривата му е плавно нарастваща и разликата между максималната и минималната стойност са най-отдалечени една от друга за разлика от  $K5=255$ ,  $K4=1$ , което ще доведе до ясно разграничаване на пътищата.



Фиг.14. Изменение на метриката при  $K5=255$  и  $K4=255$ .



Фиг.15. Коэффициенти  $K5=255$  и  $K4=1$ .



Фиг.16. Изменение на метриката при  $K5=255$  и  $K4=1$ .

### 3.3. Оптимизиране на топологията на мрежата

Резултатите показват, че мрежата в първия офис има четири критични случая и осем със средно влияние върху трафика (фиг. 17). Причината за това е, че мрежата е изградена без резервираност между маршрутизаторите и комутаторите.

За да компенсира това ще бъдат разгледани два варианта с резервни пътища.



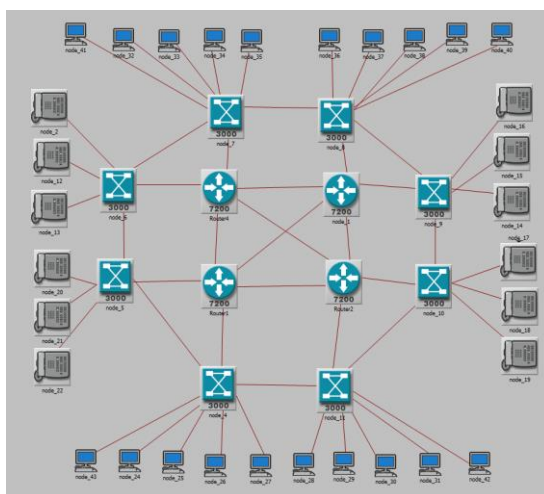
При първия вариант всички комутатори се свързват в топология пръстен, за да се осигурят множество резервни пътища при прекъсване на работа на някои от маршрутизаторите (фиг. 18).

Във втория вариант всеки маршрутизатор ще се свърже към още един съседен комутатор, за да се осигури резервираност на пътищата между устройствата (фиг. 19).

Out of 18 failure cases analyzed, this table shows the top 10 cases with worst overall network performance. These failures had the most adverse impact on the network.

Failed Objects	Affected Flows	Overutilized Links	Overutilized Interfaces	Total Number of Critical Violations
None (baseline case)	0%	0	0	0
Router3	38%	0	0	1
Router1	38%	0	0	1
Router4	38%	0	0	1
Router2	36%	0	0	1
node_10 <-> Router1	26%	0	0	0
Router4 <-> node_5	24%	0	0	0
Router3 <-> node_6	24%	0	0	0
Router2 <-> node_9	24%	0	0	0
Router4 <-> node_4	15%	0	0	0
Router2 <-> node_8	15%	0	0	0

Фиг.17. Описание на всички случаи.



Фиг.18. Първи вариант.

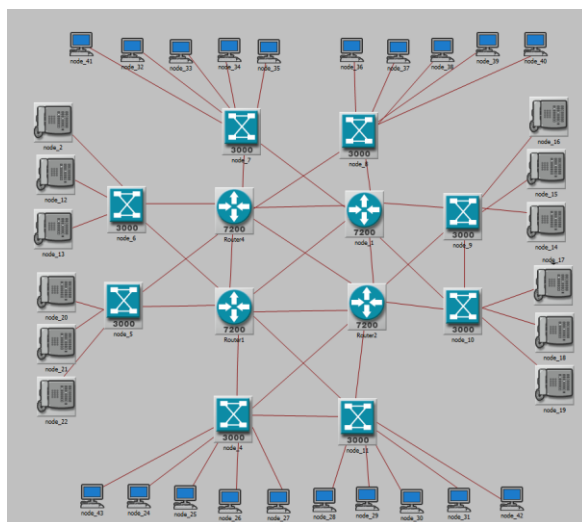
Вторият вариант показва по-добри параметри на промяна на потока на трафика при прекъсване на устройства или връзка. От друга страна вариантът ще може бързо да се пренастрои във вариант едно, ако е необходимо и обратно. Въпреки че теоретично вариант едно може да може да възстанови от повече от едно прекъсване на устройство или връзка, той ще бъде по-труден за поддържане поради факта, че при пускане на крайно устройство не се знае кое DHCP първо ще отговори на заявката му за IP. Тоест е възможно в даден момент няколко крайни устройства, свързани към един и същ комутатор, да са в различни подмрежи, което би довело до по-трудно отстраняване на проблем в мрежата.

За да се отстрани двата критични случая във втория офис, които се получават при прекъсване на връзката между крайните устройства и централния комутатор, добавяме

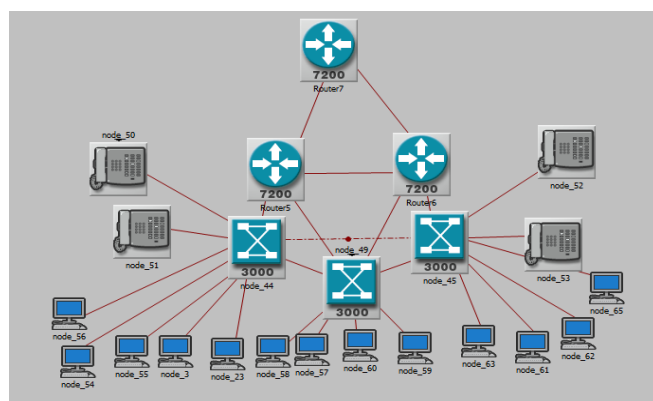
**ОПТИМИЗИРАНЕ НА НАДЕЖНОСТТА НА КОРПОРАТИВНА МРЕЖА**  
**РОЗАЛИНА ДИМОВА, НИКОЛАЙ СТОЯНОВ, ВАСИЛ КЪДРЕВ**

една връзка между двата крайни комутатора, за да се намали ефекта при спиране на работа на централния комутатор (фиг. 20, 21, 22).

Най-големият недостатък на мрежата в третия офис е, че целият трафик минава през един комутатор и маршрутизатор. Този офис е представителен, не се предявяват големи изисквания към неговата резервираност и затова неговата оптимизация няма да бъде разглеждана.



Фиг.19. Втори вариант.



Фиг.20. Втори офис с мрежа с добавена връзка.

Out of 7 failure cases analyzed, this table shows the top 3 cases with worst overall network performance. These failures had the most adverse impact on the network.

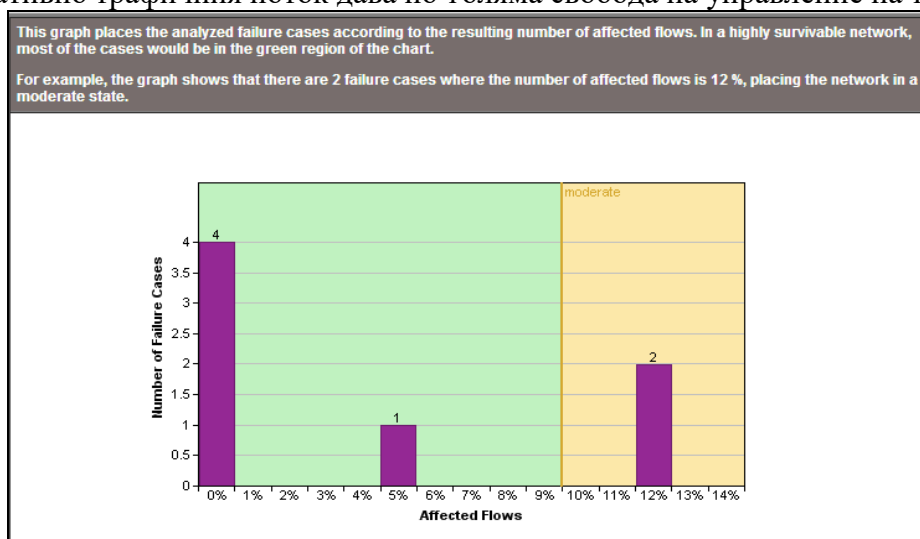
Failed Objects	Affected Flows	Overutilized Links	Overutilized Interfaces	Total Number of Critical Violations
None (baseline case)	0%	0	0	0
node_45 <-> Router6	12%	0	0	0
node_59 <-> node_49	12%	0	0	0
Router5	5%	0	0	0

Фиг.21. Описание на всички случаи.

Надеждността на мрежата изразява възможността и да се възстанови от максимален брой повреди на устройствата, без да се губи или затрудни възможността за комуникация и на крайните устройства. Затова резервираността на мрежата главно трябва да се прилага при ключови елементи в мрежата, които се намират на високо ниво в йерархията на мрежата и през които протича най-голям обем от трафика в мрежата.

#### IV. ИЗВОДИ

Протоколът от трето ниво на OSI модела EIGRP показва най-добри параметри при проведените изследвания на корпоративната мрежа. Направените сравнения показват, че със своята сложна метрика протоколът реализира много по-добро маршрутизиране на трафика спрямо OSPF и RIP протоколи. Възможността му да се направлява административно трафичния поток дава по-голяма свобода на управление на трафика.



Фиг.22. Изменение на трафика във всички случаи.

Резултатите показват, че включването на параметъра натоварване не е желателно, тъй като намалява предвидимостта на мрежата, което води до по-трудно наблюдение и контрол на мрежата. Надеждността на мрежата изразява възможността и да се възстанови от максимален брой повреди на устройствата без да се губи или затрудни възможността за комуникация и на крайните устройства. Разгледани са варианти на резервиране връзките между устройствата. Изводите са, че резервираността на мрежата трябва да се прилага за ключови елементи в мрежата, които се намират на високо ниво в йерархията на мрежата и през които се обслужва голяма част от трафика в мрежата.

#### ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ:

- [1] Cisco Learning Network [online]. [viewed 12 April 2013]. Available from: <https://learningnetwork.cisco.com>
- [2] BOORSTYN, R. and H. FRANK. Large-Scale Network Topological Optimization. *IEEE Transactions on Communications* [online]. 1977, vol. 25(1), pp. 29-47 [viewed 18 April 2013]. IEEE Xplore Digital Library. ISSN 0090-6778. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org>
- [3] Bellman–Ford algorithm. *Wikipedia* [online]. [viewed 12 April 2019]. Available from: <https://en.wikipedia.org>
- [4] REXFORD, J. Route Optimization in IP Networks. *Handbook of Optimization in Telecommunications* [online] Springer-Verlag US, 2006, pp. 679-700 [viewed 12 April 2013]. Springer. ISBN 978-0-387-30165-5; eISBN 978-0-387-30165-5. Available from: <https://www.springer.com>

#### Информация за авторите:

доц. д-р Розалина Димова, Катедра „Съобщителна техника“ при факултет „Електроника“ на Технически университет - Варна, ул. Студентска № 1, Тел.: 052383350, e-mail: [rdim@abv.bg](mailto:rdim@abv.bg)  
 Николай Стоянов, Катедра „Съобщителна техника“ при факултет „Електроника“ на Технически университет - Варна, ул. Студентска № 1, Тел.: 052383350.  
 доц. д-р Васил Къдрев, Департамент “Телекомуникации” при НБУ, ул. Монтевидео № 21, 2-609, Тел.: 02 8110609, e-mail: [vkadrev@nbu.bg](mailto:vkadrev@nbu.bg)

#### Contacts:

Assoc. Prof. Rozalina Dimova, PhD, Department Telecommunications, Faculty Electronics of TU – Varna, 1 Studentska St., Tel: 359 52 383350, e-mail: [rdim@abv.bg](mailto:rdim@abv.bg).

---

**ОПТИМИЗИРАНЕ НА НАДЕЖНОСТТА НА КОРПОРАТИВНА МРЕЖА**  
**РОЗАЛИНА ДИМОВА, НИКОЛАЙ СТОЯНОВ, ВАСИЛ КЪДРЕВ**

---

Nikolay Stoyanov, Department Telecommunications, Faculty Electronics of TU – Varna, 1 Studentska St., Tel: 359 52 383350.

Assoc. Prof. Vasil Kadrev, PhD, Department Telecommunications, 21 Montevideo St., 2-609, Tel: 359 2 8110609, e-mail:vkadrev@nbu.bg.

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 06.01.2014

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 11.03.2014