Enhancing DRR Algorithm Using Load Balancing Algorithms To Overcome Congestion Scenarios In SDH Networks

Dr. Afif SAKKOUR*
Sewar MOSTAFA**

(Received 25 / 4 / 2024. Accepted 23 / 4 / 2025)

□ ABSTRACT □

The gradual transition to the Synchronous Digital Hierarchy (SDH) and the Synchronous Optical Network (SONET) structures has been taking place over the last two decades. These are standards providing high-speed digital information transmission technologies using the principle of synchronous hierarchy. This shift has been a result of network expansion and the increasing volume of data transmitted across various types of communication networks. SDH networks were initially designed based on pre-existing semi-synchronous digital hierarchy (Plesiochronous Digital Hierarchy - PDH) topologies. Over time, these networks have been updated to arrive at the most suitable structure for networks facing congestion, which includes a main ring (Federal ring) and a set of subsidiary rings (Access rings). Additionally, a cost-effective design algorithm for SDH networks, named Dimensioning, Routing, and Ring Assignment (DRR), has been developed. DRR divides the network design process into three levels (network dimensioning, routing, and ring design), affecting the flexibility and performance of the network. In this research, we will focus on comparing the performance of DRR under normal traffic conditions and congested scenarios through simulating a 12-node SDH network using Python code. Finally, we will present the simulation results under congested conditions with the implementation of two load balancing algorithms: Static Round Robin and Dynamic Central Queue. We will compare the percentage of traffic successfully delivered in both cases. The results prove that DRR is the least expensive and the best algorithm in normal traffic conditions, yet it highlights the issue of incorrect deliveries caused by congestion. The results also indicate that applying Round Robin with DRR is the optimal solution to achieve 100% correct deliveries without any delay, while applying Central Queue with DRR also eliminates incorrect deliveries but also shows noticeable delay.

Keywords: SDH networks, Federal ring, Access rings, DRR algorithm, static load balancing algorithms, dynamic load balancing algorithms, percentage of successful deliveries

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

***Associate Professor, Department of Communication and Electronics Engineering, Faculty of mechanical and electrical engineering, Lattakia University, Latakia, Syria. E-mail: afifsakkour@gmail.com**
****Master Student, Department of Communication and Electronics, Faculty of mechanical and electrical engineering, Lattakia University, Latakia, Syria** E-mail: sewar.mostafa@tishreen.edu.sy

تحسين خوارزمية DRR باستخدام خوارزميات موازنة الحمل للتغلب على حالات الازدحام في شبكات SDH

د. عفيف صقور*

سوار مصطفى**

(تاريخ الإيداع ٢٥ / ٤ / ٢٠٢٤. قُبِل للنشر في ٢٣/ ٤ / ٢٠٢٥)

ملخّص

يتم الانتقال التدريجي إلى البنية الهرمية المتزامنة synchronous Digital Hierarchy (SDH) و (SONET) Synchronous Optical Network منذ بداية العقدين الأخيرين وهما معياران يوفران تقنيات نقل المعلومات الرقمية عالية السرعة باستخدام مبدأ الهرمية المتزامنة وكان ذلك نتيجة توسع الشبكات و تزايد حجم البيانات المنقولة عبر شبكات الاتصالات بمختلف أنواعها ،تم تصميم شبكات (SDH) بداية بطبولوجيات تعتمد على بنى الهرمية الرقمية شبه المتزامنة Plesiochronous digital hierarchy (PDH) الموجودة مسبقاً ومع مرور الزمن تم تحديثها حتى تم التوصل إلى البنية الأنسب للشبكات التي تعاني من الازدحام وهي البنية التي تحتوي حلقة رئيسية(Federal ring) واحدة ومجموعة من الحلقات الفرعية (Access ring) كما تم التوصل إلى خوارزمية تصميم (SDH) ذو التكلفة الأقل التي تقسم عملية تصميم الشبكة إلى ثلاث مستويات (أبعاد الشبكة، التوجيه في الشبكة وتصميم الحلقات) فسميت DRR(Dimensioning ,Routing, Ring assignment,) ، يؤثر تصميم (DRR) على المرونة والأداء في الشبكة.

في بحثنا هذا سنهتم بمقارنة أداء (DRR) في حالات المرور العادي وفي حالات الازدحام من خلال محاكاة لشبكة (SDH) تتكون من ١٢ عقدة باستخدام كود بايثون. أخيراً سنقوم بعرض المحاكاة وفق حالة الازدحام ولكن مع تطبيق خوارزميتي موازنة الحمل الستاتيكية Round Robin والديناميكية Central queue ومقارنة نسب المرور الذي تم تسليمه بشكل صحيح في كلا الحالتين. تثبت النتائج أن DRR هي الخوارزمية الأقل تكلفة والأفضل في حالات المرور العادية، إلا أنها توضح مشكلة التسليمات الخاطئة التي تسببها حالات الازدحام، كما تظهر النتائج أن تطبيق Round Robin مع DRR هو الحل الأمثل لتحقيق 100% تسليمات صحيحة دون أي تأخير زمني و تطبيق Central queue مع DRR يلغي التسليمات الخاطئة أيضاً ولكن مع وجود تأخير زمني ملحوظ .

الكلمات المفتاحية: شبكات SDH ، الحلقة الأساسية ،الحلقات الفرعية ، خوارزمية DRR ،خوارزميات موازنة الحمل الستاتيكية، خوارزميات موازنة الحمل الديناميكية ،نسبة التسليمات الصحيحة.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ مساعد، قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية. البريد الإلكتروني:afifsakkour@gmail.com

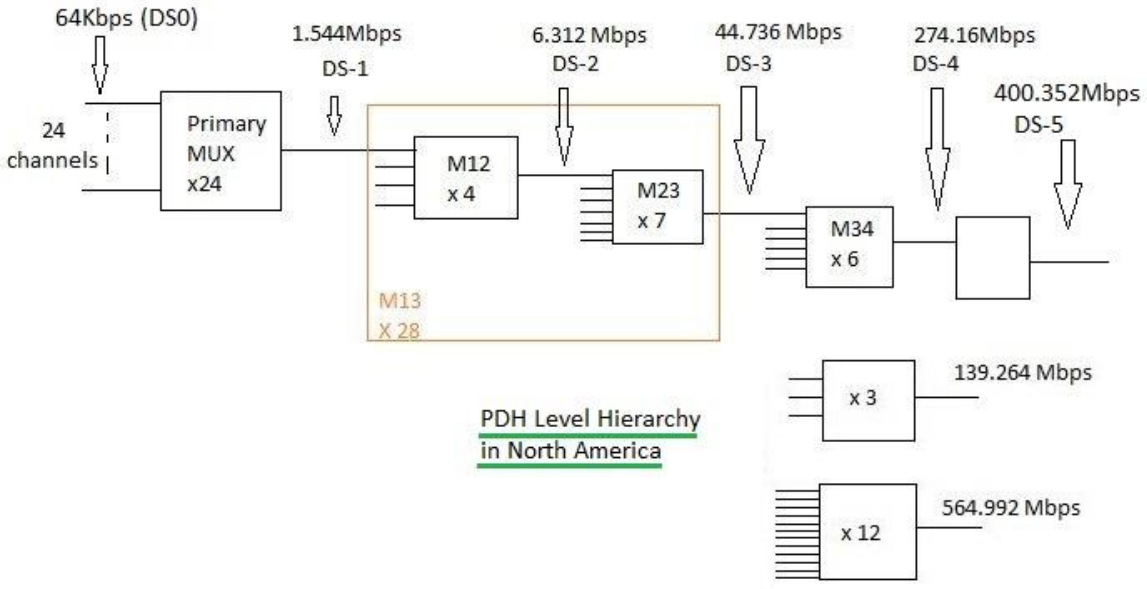
**طالبة (ماجستير)، قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية. البريد الإلكتروني:sewar.mostafa@tishreen.edu.s

مقدمة:

استخدمت PDH بشكل أساس في شبكات الاتصالات اللاسلكية وشكلت البنية التحتية الأساسية لنقل المعلومات ولكن الطلب المتزايد لتلك الخدمات، وزيادة تعقيد المعلومات المنقولة، تزايد حجمها كالفيديوهات والصور، الحاجة إلى سرعات نقل عالية، وتوسع الشبكات وتغير تصاميم الطوبولوجيا أدى إلى الحاجة إلى بنية جديدة تتناسب مع حجم المتطلبات الجديدة، لذا يتم الانتقال التدريجي إلى بنية SDH و SONET وهما معياران يوفران تقنيات نقل المعلومات الرقمية عالية السرعة المستخدمة في الاتصالات. تعتمد هذه الشبكات على تقنية تزامن الإشارات الرقمية، إذ يتم تجميع البيانات الرقمية من مصادر مختلفة ونقلها على الخطوط بالتزامن مع ساعة داخلية لتحسين جودة الاتصال والحد من الضوضاء الناتجة عن عدم التزامن.

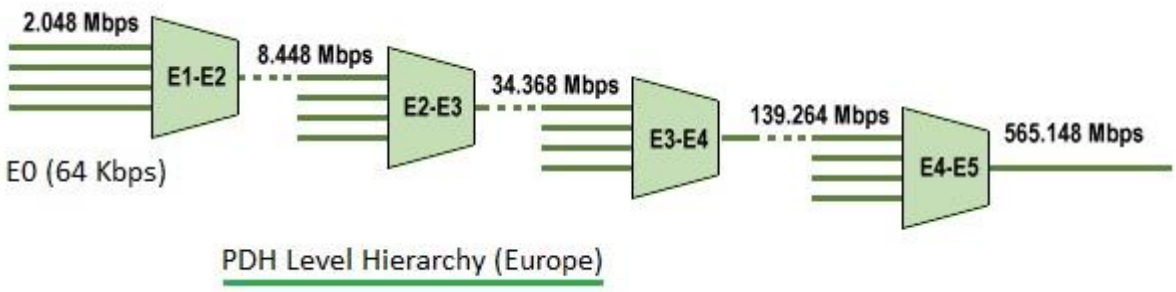
تم تطوير معيار SDH من قبل المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات European Telecommunications Standards Institute (ETSI) وتم عدّه إحدى معايير الاتحاد الدولي للاتصالات International Telecommunication Union (ITU) أما معيار SONET فتم تطويره من قبل المعهد الوطني الأمريكي للمعايير American National Standards Institute (ANSI).

تستخدم SDH وSONET مبدأ الهرمية المتزامنة والتي تعني أن الإشارات المدخلة إلى النظام يتم مزامنتها جميعاً مع نبضة ساعة مرجعية وهذه النبضة تكون على التردد نفسه في كل من الإرسال والاستقبال. وذلك على عكس PDH التي تستخدم نبضات ساعة مختلفة لمزامنة الإشارات المدخلة كلاً على حدى، وهذا يعني القليل من الاختلاف في التزامن يمكن وصفها بشبه المتزامنة بين الإرسال والاستقبال، وهذه الآلية قد تسبب بعض التأخير أو الأخطاء كما أنها تقوم بنقل كميات معلومات محدودة .



الشكل(١): PDH في أميركا الشمالية

يوضّح الشكل(٢) المعيار DS المستخدم في أميركا، إذ يتكون الخط الواحد من 24 قناة سعة كل قناة 64kbps.



الشكل(٢): PDH في أوروبا

يستخدم المعيار E في أوروبا، إذ يتكون الخط من ٣٠ قناة كل قناة سعتها 64kbps. وحسب الأشكال الموضحة نرى محدودية PDH في السعات ومعدلات النقل العالية، فبالمقابل تم تطوير SDH كمعيار أوروبي و SONET كمعيار أميركي.

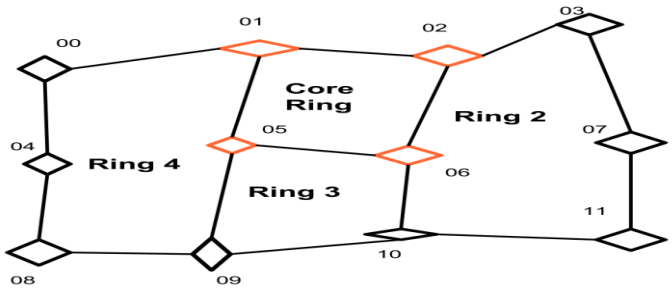
D و E يقابلها وحدة STM في SDH وإن STM-1 تتسع لـ٦٣ من E1 و ٨٤ من DS1 .معدل النقل في STM هو 155.52 Mbps. يوضّح الشكل(٣) هرمية SDH.

SONET	SDH LEVELS	BIT RATE
STS-1 / OC-1	—	51.84 Mbps
STS-3 / OC-3	STM-1	155.52 Mbps
STS-12 / OC-12	STM-4	622.08 Mbps
STS-24 / OC-24	—	1244.16 Mbps
STS-48 / OC-48	STM-16	2488.32 Mbps
STS-192 / OC-192	STM-64	9953.28 Mbps

الشكل(٣): هرمية SDH و SONET

١- طوبولوجيا SDH الأفضل:

صممت شبكات SDH بطوبولوجيات مختلفة فكانت الطوبولوجيا الأفضل لتخديم الشبكات الكبيرة هي الطوبولوجيا التي تعتمد مجموعة من عقد الشبكة كحلقة رئيسة وتسمى Federal ring (الشكل(٤)) وهي الحلقة التي ينتهي إليها جميع عقد المستخدمين وكل بياناتهم وكل عقدة من عقد المستخدمين تشكل Access ring أو حلقة فرعية خاصة ببيانات مستخدم معين أو عدة مستخدمين.



الشكل (٤): طوبولوجيا الشبكات الكبيرة في SDH

٢-١- التجهيزات المستخدمة في شبكات SDH:

تُجهّز كل حلقة من الشبكة بمجموعة من العتاد الصلب العالي التكلفة المخصص لبنية SDH الحديثة تحديداً مثل:

Multi Service Switching Platform(MSSP):وهو جهاز توجيه للبيانات يدعم الاتصالات الضوئية عالية السرعة عادة يتم وصله مع العقد التي تنتمي إلى الـ Federal ring وعدد من Access rings المختلفة ليستخدمها.

Add /drop multiplexer(ADM):عنصر مهم في الشبكات الضوئية يقوم بدمج عدد من الترددات المنخفضة ضمن حزمة واحدة من الضوء .أي يقوم بإقحام تردد منخفض ضمن ترددات عالية add أو إزالة تلك الترددات drop .

Digital cross connect (DXC): وهو تجهيزة تدعم التبديل بالدارات وتسمح للترددات المنخفضة أن تنقل مع الترددات العالية.

Multi Service Provisioning Platform(MSPP): وهو DXC+ADM مبدل يدعم التبديل بالدارات والرزم للاتصالات الضوئية.

تتقسم كلفة الشبكة بين كلفة الكابلات والألياف وكلفة الحلقة بتجهيزاتها السابقة.

تمثّل كلفة الحلقة مجموع كلف العقد التي تنتمي إليها متضمنة العناصر السابقة. أي مما سبق الكلفة الرئيسية للشبكة هي كلفة MSSP,MSPP,ADM,DXC.

وإن عدم وجود تلك العقد يقيد بارامترات أخرى في الشبكة لذا من الضروري وجود العقد السابقة ولكن بأقل تكلفة ممكنة.[4-1]

تم اقتراح العديد من الخوارزميات لتصميم شبكات SDH بأقل تكلفة ممكنة كان أهمها الخوارزمية DRR في [5] .

أهمية البحث وأهدافه:

تناول هذا البحث دراسة الخوارزمية DRR المقدمة في [5] وهي خوارزمية لتصميم شبكات SDH بأقل تكلفة ممكنة وذلك من خلال البحث في جعل DRR تتعامل مع حالات الازدحام واقتراح تقنيات للتغلب على مشاكل التسليمات الخاطئة.

أُثبت سابقاً أن DRR هي خوارزمية التصميم الأقل تكلفة، ولكن يوضّح هذا البحث أن DRR تواجه صعوبة في حالات الازدحام وتسبّب نسبة تسليمات خاطئة (الرسائل التي لم تصل إلى هدفها) .

يقدّم هذا البحث محاكاة لشبكة SDH تتكون من ١٢ عقدة تطبق عليها DRR بحالة الازدحام . إذ يقترح بالاعتماد على المحاكاة تقنيات يسهل دمجها مع DRR في حالات الازدحام بهدف سد الثغرات في DRR وجعلها خوارزمية التصميم الأقل تكلفة والأعلى كفاءة.

طرائق البحث ومواده:

تمت محاكاة شبكة SDH مكونة من ١٢ عقدة وبعرض حزمة ٢١٩٨Mbps وتم توجيه الـ traffic فيها باستخدام خوارزمية shortest path routing ،حيث تتكون الشبكة من ٧حلقات بنفس الطوبولوجيا المذكورة سابقاً (حلقة رئيسية واحدة ومجموعة من الحلقات الفرعية)،وتم تطبيق السيناريوهين التاليين:

٤-١- تم توجيه traffic ذو حجم يتناسب مع عرض الحزمة في الشبكة ليمثل حالات المرور العادية ودراسة الشبكة في تلك الحالة لتقييم أداء DRR .

٤-٢- تم زيادة حجم الـ traffic ليمثل حالات الذروة والازدحام في الشبكة التي تسببت بمشكلة التسليمات الخاطئة وفي هذه الحالة تم تطبيق خوارزميتي Round Robin وCentral queue .

تم إنشاء السيناريوهات السابقة بواسطة خوارزميات متعددة تُرجمت إلى كود بايثون تمت كتابته وتشغيله على منصة Google Collaboratory التي تعنى بكتابة وتطوير وتشغيل أكواد البايثون.

٢- الدراسة النظرية:

٢-١- مبادئ خوارزمية DRR :

Dimensioning (حساب سعة الشبكة والعقد المرتبطة بها): يعني حساب سعة الشبكة تحديد المصادر الخاصة بالشبكة للتأكيد على قدرتها دعم طلب الـtraffic الأعظمي وهي :عرض الحزمة والـ hardware الخاص بالعقد.

Routing(التوجيه):وهو القيام بتحديد خوارزمية توجيه مناسبة للشبكة بحيث يتم الاستخدام الأمثل لجميع الطرق الممكنة في هذه الشبكة وهناك العديد من خوارزميات التوجيه المستخدمة مثل: shortest path routing التي تعتمد على اتخاذ المسار ذي عدد القفزات الأقل بين المصدر والمنبع وهي خطوة مهمة جداً في تصميم الشبكة .

Assignment Ring(الإسناد إلى حلقة معينة):يعرف الـ ring assignment في الشبكات على أنها إسناد تدفقات الـ traffic المتعددة إلى حلقات معينة في الشبكة ،الهدف من ذلك ضمان أن تدفقات الـ traffic موزعة على كل حلقات الشبكة لتجنب التزاحم وتقليل حالات الفشل إلى أقل ما يمكن .

يتركز مفهوم الخوارزمية عملياً على عملية تقليل عدد الحلقات المستخدمة في الشبكة من خلال دمجها معاً في حلقات أكبر فتقل عدد التجهيزات المخصصة لكل حلقة وهو الأسلوب الأوفر من حيث التكلفة ولا يؤثر سلباً على حجم الـ traffic الموجه في ظروف الشبكة العادية .[7-5].

٢-٢- مفهوم موازنة الحمل (load balancing):

هو المفهوم الذي يقوم بتوزيع traffic الشبكة على مسارات مختلفة بهدف تقليل التزاحم بمسار معين وبهدف الاستخدام الأمثل لكافة مصادر الشبكة وتجنب استنزاف أحدها .

أنواع خوارزميات موازنة الحمل : تقسم خوارزميات موازنة الحمل إلى نوعين رئيسين:

٢-٢-١- خوارزميات موازنة الحمل الستاتيكية :

هي التي تمتلك معلومات النظام الأساسية الثابتة والتي تقرر على أساسها توزيع الحمل أي أنها تقرر آلية التوزيع قبل البدء بنقل المعلومات ،تقرر عقدة رئيسية واحدة توزيع أحمال الـ traffic على مسارات متعددة وتقوم العقد الأخرى بتنفيذ قراراتها. تهدف الخوارزميات الستاتيكية بشكل رئيس إلى تجنب التزاحم وتقليل تأخير وصول المعلومات إلى هدفها بشكل رئيسي، ولكن واحدة من سلبياتها أنها غير قادرة على التأقلم مع التغيرات التي تطرأ على الشبكة فعند بدء تنفيذ العمليات تكون قد انتهت عملية التوزيع ولا إمكانية للتعديل في ذلك. يوجد أربع أنواع لخوارزميات موازنة الحمل الستاتيكية:

- **خوارزمية Round Robin:**

تقوم الخوارزمية بتقسيم الـtraffic بالتساوي بين العقد بشكل متسلسل حيث ترقم العقد وتخصص لها جزءاً معيناً حتى تصل آخر تسلسل لتعود من البداية لأول تسلسل، ويكون عمل كل عقدة مستقلاً عن الآخر.

تعد Round Robin أحد الخوارزميات البسيطة التي لا تتطلب قدرة معالجة كبيرة وتستخدم بشكل رئيس في سيرفرات HTTP ،ولكن أهم سيئاتها ضعف أدائها في البيئات ذات الأحمال التي لا يمكن تقسيمها إلى حيزات زمنية متساوية .

- **الخوارزمية العشوائية :**

هي التي تقسم الـ traffic إلى عقد عشوائية دون أي ترتيب معين ،على الرغم من عشوائية التوزيع فقد أظهرت هذه الخوارزمية أداءً عالياً.

- **خوارزمية الإدارة الرئيسية:**

توظف عقدة رئيسية تدرس حالة الشبكة والـ traffic والمصادر المتوافرة وعلى أساسه تحدد التوزيعات.

- **خوارزمية العتبة :**

هي الخوارزمية التي تقسم حالة المصادر المتوافرة إلى أقسام يفصل بينها عتبات معينة فمثلاً تحدد حجماً للـ traffic معيناً تسميه العتبة وتصنف على أساسه العقد فالعقدة التي يمر فيها traffic أعلى من العتبة المحددة تكون مزدحمة وتستبعد من التوزيع بينما العقدة ذو الـ traffic الأدنى تدخل في التوزيع.

٢-٢-٢- خوارزميات موازنة الحمل الديناميكية:

في هذه الخوارزميات يتم تحديث معلومات الشبكة باستمرار وتتغير آليات التوزيع معها بهدف التأقلم مع بارامترات الشبكة المتبدلة باستمرار. يوجد منها نوعان:

- **خوارزمية Central queue:**

تقوم الخوارزمية بتخزين كل الـ traffic في عقدة مركزية وتسلسله حسب أقدميته في صف من الـ traffic المتتالي فتعطي الأمر بتوصيل الـ traffic الأقدم أولاً ،تضيف إلى الصف أي traffic جديد ولا تعطي الأمر بإرساله حتى ترسل كل ما هو أقدم منه.

- **خوارزمية Local queue:**

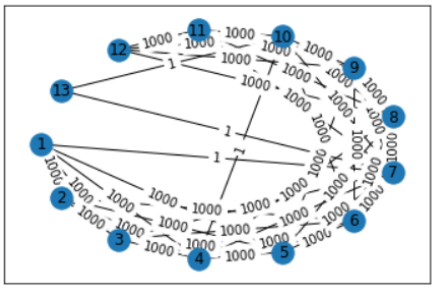
تدير الخوارزمية العمل من خلال عقدة تسميها local manager يحتوي كل الـ traffic ،وتحدد عدداً من العقد الفرعية التي تسميها local host في حالة عدم مشغولية الـ Local host يرسل طلب إلى الـ local manager أنه جاهز لاستقبال traffic فيقارن الـ local manager الـ traffic فيه مع عتبة معينة ويقرر أن يرسل أو لا يرسل له [8,9,10,11].

النتائج والمناقشة:

٣-٢- دراسة فعالية DRR في حالات حركة المرور العادية:

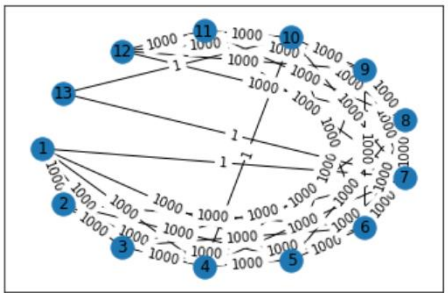
تم تقليل الحلقات في كل مرة بدءاً من ٧ حلقات وصولاً حتى حلقتين تدريجياً ، وتمت دراسة حجم الـ traffic المارة في الشبكة في الحالة الطبيعية ودراسة نسبة التسليمات التي تمت بشكل صحيح [5,12].

```
Percentage of successful deliveries: 100.00%
Total traffic: 14642
Average traffic per trial: 1.4642
Total routed traffic: 14642.0
```



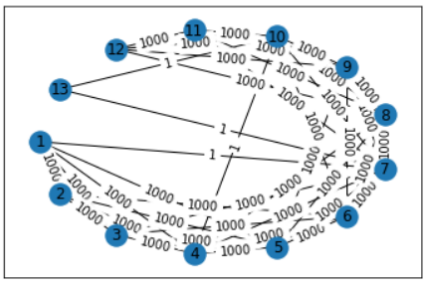
الشكل(٦): النتائج عندما عدد الحلقات=6

```
Percentage of successful deliveries: 100.00%
Total traffic: 14623
Average traffic per trial: 1.4623
Total routed traffic: 14623.0
```



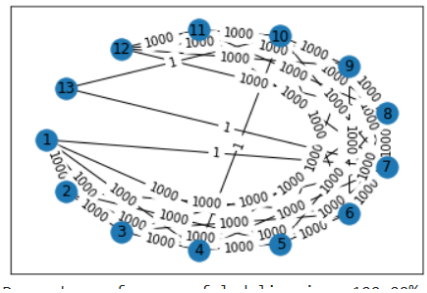
الشكل(٥): النتائج عندما عدد الحلقات =7

```
Percentage of successful deliveries: 100.00%
Total traffic: 14685
Average traffic per trial: 1.4685
Total routed traffic: 14685.0
```



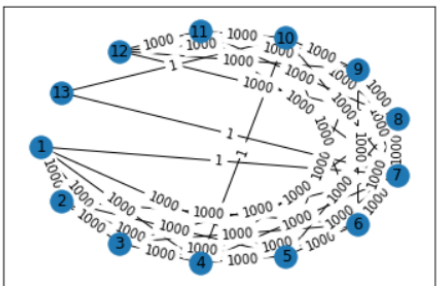
الشكل(٨): النتائج عندما عدد الحلقات=4

```
Percentage of successful deliveries: 100.00%
Total traffic: 14705
Average traffic per trial: 1.4705
Total routed traffic: 14705.0
```



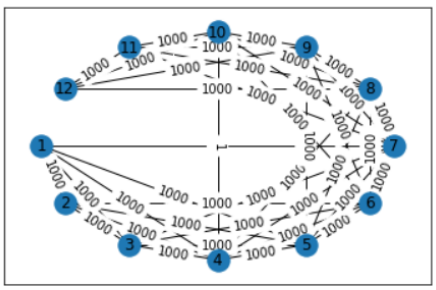
الشكل(٧):النتائج عندما عدد الحلقات=5

```
Percentage of successful deliveries: 100.00%
Total traffic: 14536
Average traffic per trial: 1.4536
Total routed traffic: 14536.0
```

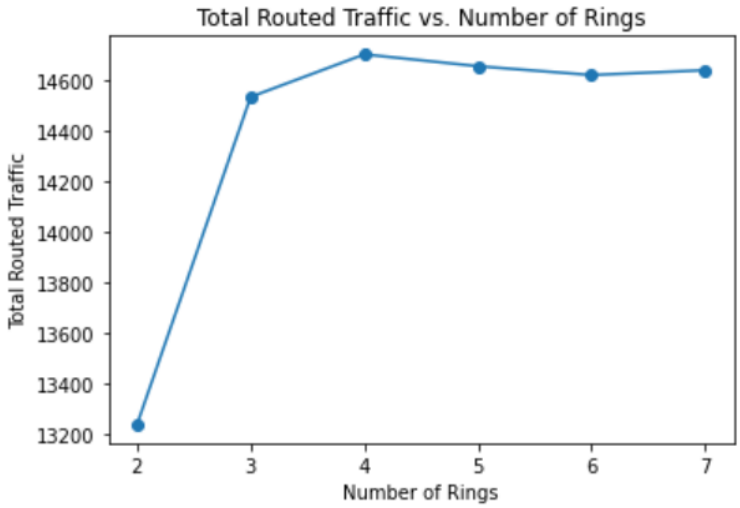


الشكل(١٠): النتائج عندما عدد الحلقات=2

```
Percentage of successful deliveries: 100.00%
Total traffic: 13236
Average traffic per trial: 1.3236
Total routed traffic: 13236.000000000002
```



الشكل(٩):النتائج عندما عدد الحلقات=3



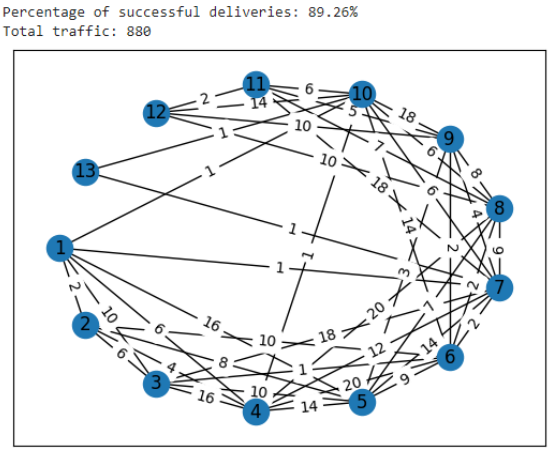
الشكل(١١):المرور كتابع لعدد الحلقات

نلاحظ من الشكل(١١) أن عدد الحلقات ٤ هو العدد المناسب لمرور أعلى traffic، إذ يقلل من تكلفة الشبكة ذات الـ سبع والست حلقات وبذلك تكون DRR أقل تكلفة ،كما نلاحظ أن نسبة التسليمات الصحيحة 100% وهو ما تم إثباته مسبقاً بطرائق مختلفة في [5].

٤-٢- دراسة فعالية DRR في حالات الازدحام :

ندرس DRR مع البارامترات السابقة نفسها، ولكن مع تطبيق traffic عالٍ يمثل حالة الازدحام ويحاكي أوقات الذروة في الشبكة.

نلاحظ من الشكل(١٢) أن النتائج تشير إلى وجود 89.26% تسليمات صحيحة؛ أي أن 10.74% من الـ traffic لم تصل إلى هدفها أو سُلّمت إلى وجهة خاطئة وذلك نتيجة الازدحام واستنزاف الـ Federal ring.



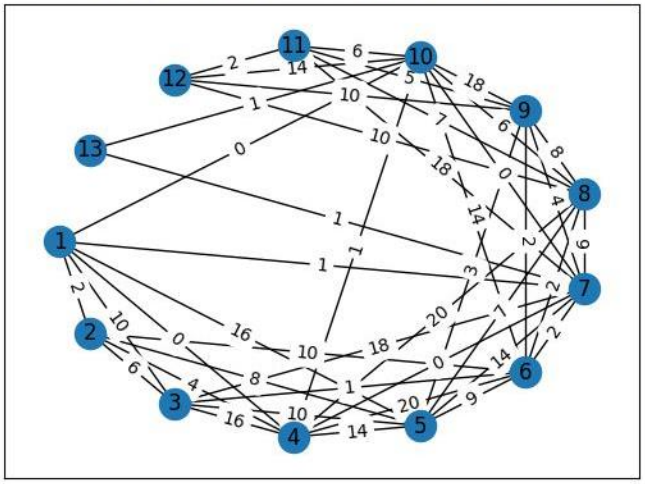
الشكل(١٢):النتائج في حالة الازدحام

قام البحث باختبار حلين للمشكلة السابقة وهما تطبيق خوارزمية Round Robin وتطبيق خوارزمية Central queue.

٢-٥- تطبيق خوارزمية Round robin مع DRR :

بما أن الـ Federal ring هي الحلقة التي سيمر منها كل الـ traffic، لذا ستكون الحلقة الأعلى حملاً والأكثر عرضة للازدحام والسبب الرئيس للتسليمات الخاطئة. لتجاوز ما سبق نطبق Round robin على الـ Federal ring تحديداً مع الإبقاء على DRR. يوضّح الشكل(١٣) النتائج التي تم التوصّل إليها.

```
Average latency before Round-Robin Routing: 4.61 units of latency
Successful deliveries after Round-Robin Routing: 100.00%
Average latency after Round-Robin Routing: 0.00 units of latency
```

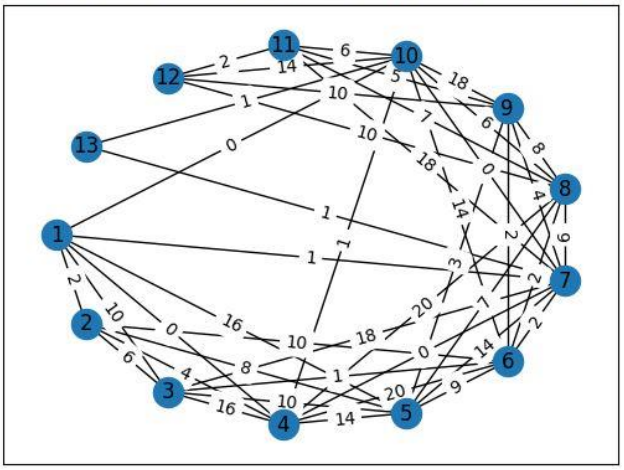


الشكل(١٣):النتائج بعد تطبيق Round Robin

٢-٦- تطبيق خوارزمية Central queue مع DRR :

نطبق Central queue على الـ federal ring مع الإبقاء على DRR فنحصل على النتائج الموضّحة في الشكل(١٤).

```
Successful deliveries before Central Queue Routing: 91.54%
Average latency before Central Queue Routing: 4.70 units of latency
Successful deliveries after Central Queue Routing: 100.00%
Average latency after Central Queue Routing: 8.19 units of latency
```



الشكل(١٤):النتائج بعد تطبيق Central queue

نلاحظ في الحالتين السابقتين تجاوز مشكلة التسليمات الخاطئة والحصول على نسبة 100% تسليمات صحيحة وهو الهدف الرئيس من تطبيق الخوارزميتين ولكن مع خوارزمية Central queue نلاحظ وجود تأخير زمني بمقدار ٤,١٢ وحدة زمنية وبتطبيق Round robin نلاحظ انعدام التأخير تماماً.

نستنتج مما سبق أن Round robin هي الحل الأمثل لمشكلة التسليمات الخاطئة في الشبكة المصممة السابقة عند استخدام DRR بنتائج 100% تسليمات صحيحة وتأخير زمني معدوم .

على الرغم من ذلك يمكننا استخدام Central queue مع DRR بهدف التسليم الصحيح للمعلومات وذلك في التطبيقات التي تعير اهتماماً أقل لبارامتر التأخير.

الاستنتاجات والتوصيات:

قدمت هذه الدراسة محاكاة برمجية لشبكة تتكون من حلقة رئيسية ومجموعة من الحلقات الفرعية عند تطبيق خوارزمية DRR عليها. أثبتت النتائج أن الخوارزمية فعالة في حالة المرور الطبيعي. أضافت الدراسة توضيحاً لمشكلة التسليمات الخاطئة مع DRR في حالة الازدحام كما قدمت الدراسة حلولاً لتلك المشكلة من خلال تطبيق خوارزميتي توزيع الحمل الستاتيكية والديناميكية. أثبتت النتائج أن Round robin هي الحل الأمثل للشبكة المصممة سابقاً بنتائج مثالية وأن خوارزمية central queue تصلح لحل مشكلة التسليمات الخاطئة في DRR ولكنها تسبّب تأخيراً زمنياً أيضاً. نقترح تصميم شبكة بطوبولوجيا مختلفة ودراسة كفاءة DRR المطبقة عليها وتطبيق خوارزميات توزيع حمل أخرى.

References:

[1] Nisha Mittal and Maninder Kaur "Introduction to Synchronous Digital Hierarchy (SDH)", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 112 – No. 7, February 2015..

[2] Sourabh Singhal "Comparison between Synchronous Digital Hierarchy and Plesiochronous Digital Hierarchy", International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), Volume 5, Issue 7, July 2016

[3] Samrat De, Suvra Nath, and Debabrata Sarddar "Synchronous Digital Hierarchy (SDH) and Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) Technologies - A Comparison,", International JournalofComputerApplications(0975–8887),Volume108–No.3,December 2014.

[4] Vikas Verma and Sandeep Arya "Comparative Study of Plesiochronous Digital Hierarchy and Synchronous Digital Hierarchy", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Volume 2, Issue 12, December 2013

[5] Tope R. Karem, H. Anthony Chan," A Low-Cost Design of Next Generation SONET/SDH Networks with Multiple Constraints. ", March ,2007.

[6] O. Goldschmidt, et al, "SONET/SDH Ring Assignment with Capacity Constraints," ACM J. on Discrete Applied Mathematics, vol 129, issue 1, pp.99-128, June 2003.

[7] E. M Macambira, et al "A novel integer programming formulation for the k-SONET Ring Assignment problem" Available online:www.public research.att.com/~mgcr/doc/kstrap.pdf.

[8] Abhijit A. Rajguru, S.S. Apte," A Comparative Performance Analysis of Load Balancing Algorithms in Distributed System using Qualitative Parameters" International

Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), ISSN: 2277-3878, Volume-1, Issue-3, August 2012.
[9] Sandeep Sharma, Sarabjit Singh, and Meenakshi Sharma," Performance Analysis of Load Balancing", Algorithms World Academy of Science, Engineering and Technology 38 2008
[10] Zhou," Comparative analysis of metaheuristic load balancing algorithms for efficient load balancing in cloud computing" ,Journal of Cloud Computing,2023
[11] Mark van der Boor , Sem C. Borst, Johan S.H. van Leeuwaarden and Debankur Mukherjee,"Scalable load balancing in networked systems: A survey of recent advances",arXiv,2021
[12] https://github.com LAST VISIT 15/3/2024