

## دراسة وتحليل النماذج الرياضية و الاحتمالية المعتمدة في نمذجة خوادم بروتوكول التأشير SIP ضمن الشبكات السلكية واللاسلكية

د. غسان محمد \*

م. علي أحمد زعرور \*\*

(تاريخ الإيداع 2020/ 6/25 . قُبِلَ للنشر في 2020/10/8)

### □ ملخص □

تم في هذا العمل تحليل النماذج الرياضية والإحصائية المستخدمة في نمذجة خوادم البروكسي الخاصة بـ بروتوكول تأشير بدء الجلسة (SIP (session initiation protocol) في الشبكات السلكية واللاسلكية بالاعتماد على المنحنيات البيانية لمتوسط زمن الانتظار ومتوسط زمن الاستجابة للزبائن في النظام، والغرض من ذلك هو تحديد أفضل النماذج المتبعة في عملية التصميم. تمت الدراسة باستخدام برنامج MATLAB بالإضافة إلى حزمة simquick لنمذجة النظم ومحاكاتها ضمن برنامج Excel.

بالنسبة لشبكات الاتصال اللاسلكية فإن آلية التحليل تكون مختلفة نوعاً ما عما هو في نظيرتها السلكية وذلك نتيجة الأخذ بعين الاعتبار لإحدى أهم المشاكل التي تتعرض لها هذه الأنواع من الشبكات وهي مشكلة التأخير في عمليات التسليم HAND-OFF. والغرض من ذلك هو فصل رسائل البروتوكول عن الرسائل المختلفة و المتبادلة عبر الشبكة.

الكلمات المفتاحية : بروتوكول تأشير بدء الجلسة ، (SIP (session initiation protocol) ، نظرية الأرتال وبروتوكولات التأشير ، نمذجة خوادم البروكسي ، SIP PROXY SERVER.

\* استاذ مساعد في قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات - من كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سوريا .  
\*\* طالب دراسات عليا - قسم هندسة تكنولوجيا الاتصالات - في كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس - سوريا .

## Study and analysis of the mathematical and probabilistic models adopted in modeling SIP signaling servers within wired and wireless networks

Dr . Ghassan Mohamed \*  
Eng . Ali Ahmed Zarour \*\*

(Received 25/6/2020. Accepted 8/ 10/2020)

### □ ABSTRACT □

In this work, the mathematical and statistical models used in modeling the SIP (session initiation protocol) proxy protocols in wired and wireless networks were analyzed thin has been done based on the graphical curves of the average standby time and the average response time for customers in the system. The purpose is determine the best models used in the design process. Using MATLAB software in addition to simquick package for model and simulate in systems within Excel, have been based.

For wireless networks, analysis mechanism is somewhat different from that of its wired counterpart, the reafor is taking into account one of the most important problems facing these types of networks, which is the problem of delay in delivery operations HAND-OFF .The purpose is separate the protocol messages from the different messages exchanged via the network.

**key word :** SIP (session initiation protocol), frame theory and signaling protocols, proxy server modeling, SIP PROXY SERVER.

---

\* Assistant Professor in the Department of Communications Technology Engineering - from the Faculty of Information and Communications Technology Engineering - Tartous University – Syria .

\*\* Postgraduate student- Communications Technology Engineering Department - Faculty of Information and Communications Technology Engineering - Tartous University – Syria .

## 1- مقدمة :

أدى التطور الكبير و الانتشار الواسع للإنترنت والأجهزة الداعمة له إلى تطوير أنظمة بديلة لتقنيات الاتصال القديمة (PSTN) Public Switched Telephone Network أو (ISDN) Integrated Service Digital Network حيث أصبح بالإمكان إجراء المكالمات الصوتية و الفيديوية بين أي نقطتين من سطح الأرض باستخدام بروتوكولات شبكة الإنترنت [1].

إنّ تحقيق مثل هذه الأنواع من الاتصالات ولاسيما ما يتعلق بنقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VOIP) (Voice Over Internet Protocol) يتطلب القيام بتأسيس جلسات خاصة لتحقيق الاتصال بين طرفيات المستخدم بأقل تكلفة محتملة وأعلى جودة ممكنة [1].

يتناول البحث نمذجة أحد أهم بروتوكولات التأشير وهو (SIP) (session initiation protocol) المستخدمة لإنشاء جلسات الاتصال والتحكم بها وإنهاءها بغية ربط أطراف المستخدمين بأسرع وقت ممكن وبأقل تكلفة محتملة لتحسين أداء الشبكة و جودة الخدمة المقدمة عن طريق تطبيق مبادئ و أساسيات نظرية الأرتال في النظام [3].

## 2- هدف البحث وأهميته :

الهدف العام للبحث هو التوصل إلى أفضل نموذج احتمالي يمكن أن يتم اعتماده كنموذج خاص لنظام خادم البروكسي الخاص ببروتوكول التأشير SIP، ومحاكاة النظام لتبيان مدى قدرة الخوادم المصممة وفق النموذج المعتمد على تحسين تجربة المستخدم من خلال تقليل متوسط زمن الاستجابة لطلبات الاتصال المتوالية. تأتي أهمية البحث من كون بروتوكول التأشير SIP وعلى الرغم من قدراته وكفاءته العالية في العمل إلا أنه لم يتم اعتماده من قبل لجنة الاتحاد الدولي للاتصالات ITU حتى الآن ما دفع الباحثين إلى العمل على ابتكار آليات وطرق جديدة لرفع سويات الأداء ولاسيما أن المنهج المتبع في عمليات النمذجة لمحاكاة الأداء هو المنهج الإحصائي الخاضع لقوانين ومبادئ نظرية الاحتمال الأمر الذي شكل دافعاً لمجموعة مهندسي شبكة الإنترنت (IETF) للمضي قدماً في هذا المجال بغية وضع محددات وأساسيات للنظام ليتم اعتماده كنموذج موحد ومعترف به من قبل لجنة الاتحاد.

## 3- طرق البحث وموارده :

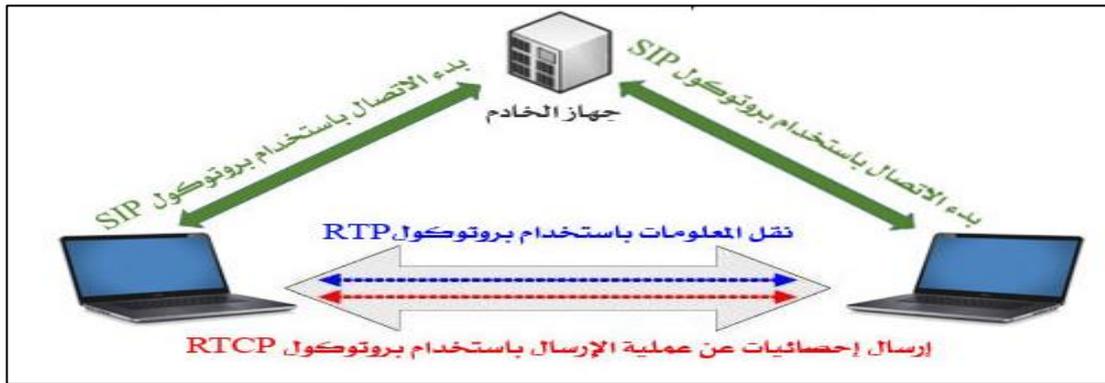
اعتمد البحث على مجموعة من الموارد المتعلقة بدراسات إحصائية بحتة لتمثيل نظام البروتوكول وفق منهج علمي منتظم قائم على مبادئ الاحتمال وأساسيات نظرية الأرتال بحيث يتم بناء النظام وفق النموذج المدروس ومحاكاته بالاعتماد على برنامج MATLAB بالإضافة إلى حزمة simquick في برنامج EXCEL.

## 4- تعريف البروتوكول SIP :

وهو اختصار لـ (session initiation protocol) يوصف على أنه بروتوكول للاتصال المباشر الخاص بإعداد جلسات الاتصال للسماح بنقل المكالمات الصوتية و الفيديوية عبر شبكة الإنترنت، يستخدم البروتوكول SIP لإنشاء وتعديل وإنهاء جلسات الاتصال بين زوج أو أكثر من المشتركين بأحد تطبيقات VOIP ضمن شبكة الإنترنت وشبكات ال GSM المتنوعة [2].

تم توحيد البروتوكول بشكل أساسي ضمن الوثيقة RFC 2543 عام 1999 وفي العام 2002 تم تنقيح المواصفات ضمن الوثيقة RFC 3261 وذلك من قبل مجموعة مهندسي شبكة الانترنت (IETF) وليس من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) [2].

يُظهر الشكل -1- آلية عمل البروتوكول SIP بالتزامن مع العديد من البروتوكولات الأخرى التي تحدد وسائط الجلسة مثل بروتوكول وصف الجلسة (SDP) وبروتوكولات النقل الموثوق وغير الموثوق (UDP, TCP) و بعد أن يتم تأسيس الاتصال يتم تبادل الوسائط عبر بروتوكول النقل في الزمن الحقيقي (RTP) [4].



شكل -1- عملية الاتصال باستخدام بروتوكولات SIP , RTP , RTCP

## 5- مكونات ورسائل البروتوكول SIP :

### 1-5 الوكيل ( User Agent ) UA :

تسمى عناصر الشبكة التي تستخدم بروتوكول بدء الجلسة للاتصال SIP بوكلاء المستخدم (UA) حيث يقوم وكيل المستخدم (UA) بتنفيذ وظيفة الوكيل للزبون (UAC (User Agent Client) عندما يطلب الزبون خدمة معينة ، وهو نفسه يستخدم كوكيل للمخدم (UAS (User Agent Server) عند يستجيب الخادم لهذا الطلب [5].

### 2-5 مخدم البروكسي ( Proxy Server ) :

وهو مخدم خاص يقوم بدور كل من الوكلاء الخاصين بكل من المستخدمين والخوادم و دوره الأساسي هو التوجيه بالشبكة و مهمته إرسال الطلبات من كيان إلى آخر أقرب للهدف كما يمكنه أن يقوم بتنفيذ سياسات الإدارة من حيث إعطاء سماحيات للمستخدمين بغية إجراء أو تنفيذ المكالمة أو منعهم إذا لزم الأمر ، كما يمكنه التعديل على بنية الرسائل بغية إعادة توجيهها [5].

### 3-5 المسجل ( Registrar ) :

المسجل أو خادم التسجيل غالباً ما يكون مخدم البروكسي و خادم المسجل في بنية واحدة أي جهاز مخدم واحد قادر على تلبية الوظيفتين معاً. تكمن الوظيفة الأساسية للمسجل في تقديم خدمة تسجيل الموقع للوكيل وهي إحدى أهم الخدمات المرتبطة بأجيال شبكات GSM المختلفة لضمان نجاح عمليات التسليم HAND-OFF . ترتبط هذه الخدمة ارتباطاً وثيقاً ب عناوين IP وعناوين SIP URL حيث يتم ربط كل عنوان من هذه العناوين مع الخادم أو البرج المرتبط به [5].

### 4-5 خادم إعادة التوجيه ( Redirect server ):

غالباً ما يكون خادم إعادة التوجيه منفصلاً عن الخوادم السابقة و وظيفته الأساسية النقل بين القطاعات المختلفة من الشبكة نفسها بالإضافة إلى كونه بوابة الربط مع الشبكات الأخرى إضافةً إلى قدرته على العمل كخادم بروكسي أيضاً [5].

### 5-5 رسائل بروتوكول SIP :

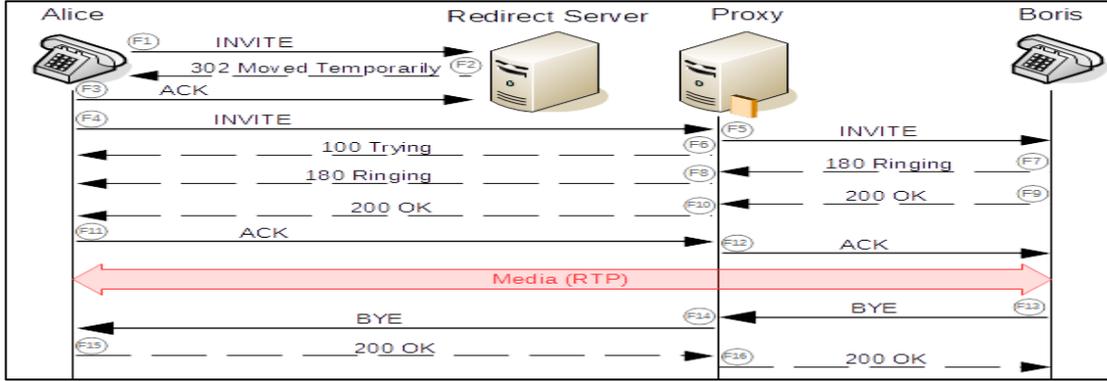
يعتبر البروتوكول SIP أحد أهم بروتوكولات التأشير المستندة إلى النص حيث أنه يملك بنية مشابهة لتلك الخاصة ب البروتوكول HTTP .وعليه يلاحظ وجود نوعين مختلفين من رسائل SIP وهما : رسائل الطلب ورسائل الاستجابة .يحتوي السطر الأول من تعريف رسالة الطلب على طريقة تحديد طبيعة الطلب ، وعنوان SIP URL للطلب وثم للوجهة ، بحيث يتم الإشارة إلى المكان الذي يجب إرسال الطلب إليه .أما السطر الأول من تعريف الاستجابة يشير إلى رمز الاستجابة والذي يمكن أن يساعد المستخدم على تحديد نوع الخطأ إذا ما وقع أثناء عملية الاتصال ( [2],[5] ).

### 1-5-5 رسائل الطلب :

تشمل رسائل الطلب على نوعين من أنواع الرسائل وهي رسائل INVITE المرسلة لإنشاء الجلسة ورسالة BYE المرسلة لإنهائها ( [2],[5] ).

### 2-5-5 رسائل الاستجابة :

تشمل رسائل TRYING و RINGING مع آليات المصادقة OK و ACK ( [2],[5] ).  
يبين الشكل -2- كل من مكونات البروتوكول ورسائله المتبادلة لإنشاء جلسات الاتصال والتحكم بها.



شكل -2- مكونات رسائل البروتوكول SIP

## 6- طول رسائل البروتوكول SIP :

تم استنتاج القيم الواردة في الجدول -1- من الدراسة المرجعية الواردة في المرجع [8] من خلال تقسيم متوسط زمن الانتظار لكل رسالة من رسائل البروتوكول SIP على متوسط زمن الاستجابة الكلي للنظام وبذلك فإن الجدول ويعتمد الدراسة المرجعية [8] يصف طول الرسالة وفقاً للنموذج الاحتمالي M/M/1 وهو ما سيتم استخدامه لاحقاً في عمليات الحساب لزمن الخدمة والانتظار لكل نوع من أنواع الرسائل في الشبكات السلكية.

جدول -1- طول كل رسالة من رسائل البروتوكول SIP

الرسالة	INVITE	RINNING	ACK	BYE	OK
عامل الطول	$3 * 10^{-8}$	$2.8 * 10^{-8}$	$2.6 * 10^{-8}$	$2.4 * 10^{-8}$	$2.2 * 10^{-8}$

## 7- تحليل أداء البروتوكول SIP :

يقصد بتحليل أداء البروتوكول معرفة قدرة خوادم الشبكة على العمل عن طريق حساب متوسط زمن التأخير لإنشاء الاتصال وتبادل البيانات عبر الشبكة بالإضافة إلى متوسط زمن الاستجابة لكل نوع من أنواع رسائل البروتوكول SIP المستخدمة في إعداد و إنشاء جلسات الاتصال والتحكم بها وذلك باستخدام برنامج MATLAB وحزمة simquick في الإكسل [3].

تقسم الدراسة إلى قسمين بالاعتماد على آلية الاتصال :

- 1- بروتوكول SIP بالنسبة لشبكات الاتصال اللاسلكي .
- 2- بروتوكول SIP بالنسبة لشبكات الاتصال السلكي .

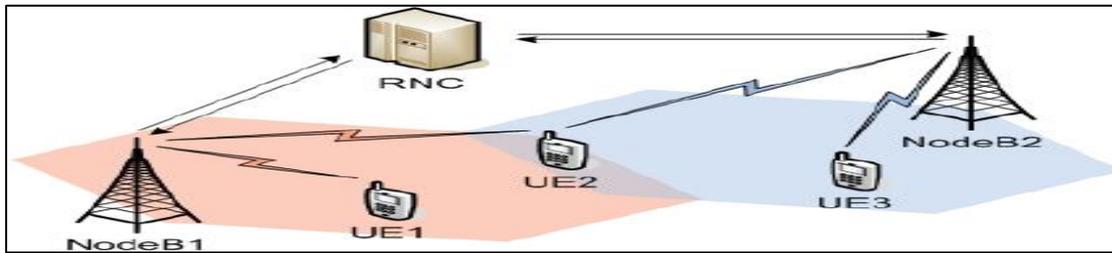
### 1-7 بروتوكول SIP بالنسبة لشبكات الاتصال اللاسلكي :

بالنسبة لشبكات الاتصال اللاسلكية المتمثلة بشبكات الأجيال المتلاحقة من أنظمة الـ GSM بدءاً من شبكات الجيل الثالث 3G وما يليها وهو ما يعرف باسم شبكات الجيل المقبل (NGN) - next generation network تتم آلية العمل من خلال استخدام النموذج M/G/1 مع تطبيق لسياسات الأولوية وذلك بإعطاء أولوية عليا لرسائل البروتوكول SIP مقارنة مع باقي الرسائل المتبادلة عبر الشبكة اللاسلكية أو شبكة الإنترنت وذلك بغية فصل هذه الرسائل عن بعضها البعض وبذلك تتمكن من دراسة زمن التأخير لرسائل

بروتوكول SIP دون غيرها وهذا كله يتم تطبيقه على طرفية الخادم (UAS). يُشار إلى سبب استخدام النموذج الاحتمالي M/G/1 ذو زمن خدمة خاضع لقانون توزيع عام (G) هو أن وكيل المخدم (UAS) ملحق بمحطة القاعدة (BTS) (base transceiver station) لذا لا يمكن تصميمه بنموذج ذو نمط خدمة خاص لأن الرسائل الواردة إلى المحطة القاعدية مختلفة عن بعضها البعض من حيث البنية وآلية الترخيم [6].

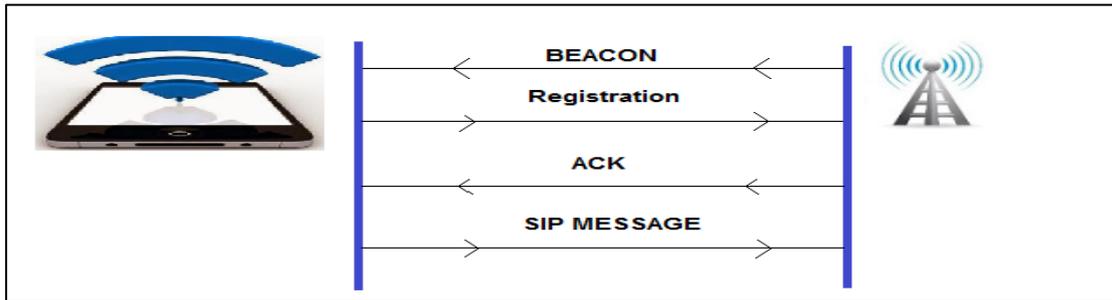
أما بالنسبة لطرفية المستخدم (UAC) وباقي محطات الشبكة يتم اعتماد النموذج M/M/1 بدون أفضليات وذلك بغية الأخذ بعين الاعتبار حساسية عمليات التسليم HAND-OFF عند المستقبل. و يُشار إلى أن سبب استخدام النموذج الاحتمالي M/M/1 ذو نمط الخدمة الأسي هو أن الطرفية (UAC) تحوي على التطبيق المولد لهذا النوع الحصري من الرسائل [6].

آلية الانتقال من منطقة إلى أخرى بالنسبة لطرفية المستخدم المتحركة (UAC) وكما يبينه الشكل -3- تتطلب عملية تسجيل ضمن خادم إعادة التوجيه وهو خادم يلحق بالمحطة القاعدية BTS لأجل الاتصال مع طرفية المتلقي [6].



شكل -3- عملية التسليم HAND-OFF في الشبكات الخلوية

يتم الإشارة في الشكل -4- إلى وجود رسائل BEACON مُستقبلية من قبل الطرفية المتحركة أي طرفية المستخدم (UAC) لأجل اكتشاف منطقة التغطية الجديدة والتسجيل من جديد في الخادم REDIRECT - خادم إعادة التوجيه وهو خادم بروكسي أيضاً كما تمت الإشارة سابقاً - بعد الانتهاء من عمليات التبادل اللاسلكي يتم تبادل رسائل الـ SIP من أجل إنشاء جلسات الاتصال :

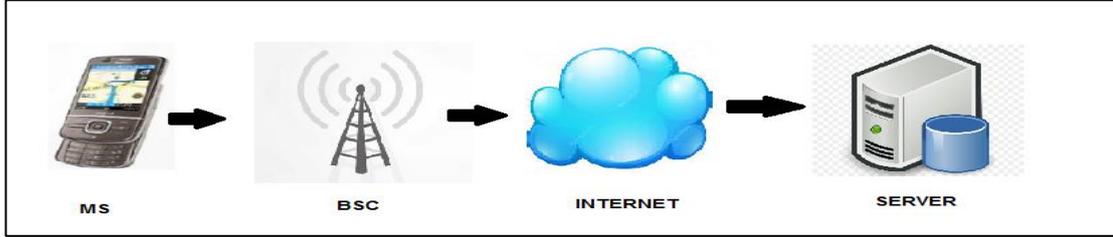


شكل -4- عملية HAND-OFF من وجهة نظر SIP

## 1-1-7 نموذج M/G/1 Priority &amp; M/M/1 :

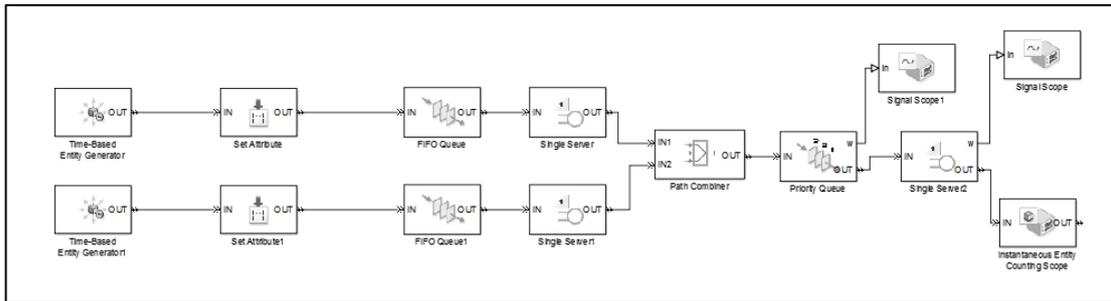
يتم في الشكل -5- ترتيب العناصر المشاركة في إنشاء جلسات الاتصال وفقاً للتسلسل المرحلي لعملية

التخديم :



شكل -5- نموذج النظام اللاسلكي

يتم أخذ النموذج الاحتمالي M/G/1 فقط بسبب ورود أنواع مختلفة من الرسائل المتبادلة عبر الشبكة والمغايرة لرسائل SIP. وبالأخذ بعين الاعتبار أنه يمكن أن يتم فصل هذه الرسائل عن بعضها البعض باستخدام مفهوم رتل الأولوية، فعليه سيتم العمل على نمذجة كامل محطات الشبكة باستخدام النموذج M/M/1 كونه حالة خاصة من النموذج M/G/1 وبالتالي يكون نموذج MATLAB المكافئ للنظام السابق كما هو مبين على الشكل -6- أما التحليل الرياضي للنموذج يتم وفق الفرض السابق بأخذ كلا النموذجين بعين الاعتبار [6].



شكل -6- نموذج MATLAB للنظام السابق

$$[7] \text{ HAND-OFF TIME} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \quad * \text{ زمن التسليم يعطى بالعلاقة}$$

حيث أن :

$T_1$  : هو التأخير في طرفية المرسل ذات معدل وصول  $\lambda_1$  والخاص برسائل ال SIP للمرسل [7].

$T_2$  : هو التأخير الذي يحدث في إرسال الرسالة SIP عبر الرابط اللاسلكي [7].

$T_3$  : هو تأخير الانتظار في ال BS ذات معدل وصول  $\lambda$  والخاصة برسائل ال SIP ضمن ال BS [7].

$T_4$  : هو تأخير الإرسال بالإنترنت وهو ثابت [7].

$T_5$  : هو تأخير الانتظار في ال CH حيث يوجد رتلي انتظار الأول خاص بمعدل الوصول  $\lambda_2$  والخاص

برسائل ال SIP الواصلة الى المحطة والآخر  $\lambda_3$  خاص بمعدلات الوصول للرسائل المختلفة المتبادلة عبر الشبكة باتجاه المحطة [7].

$$T1 = \frac{1}{\mu - \lambda_1} \quad (1)$$

$$T3 = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (2)$$

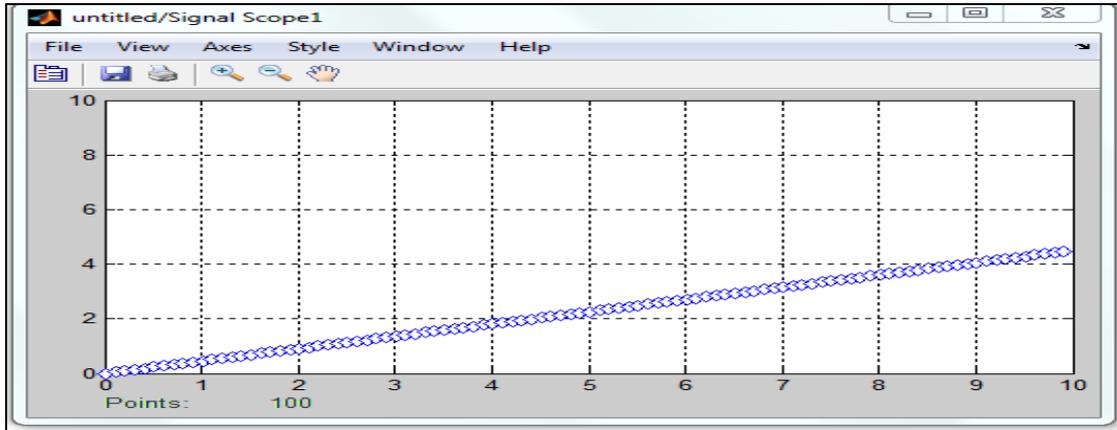
$$T4 = \Delta I \quad (3)$$

$$T5 = \frac{\frac{1}{\mu_s}(1 - \rho_2)(1 - \rho_s) + R}{(1 - \rho_2)(1 - \rho_2 - \rho_s)} : R = \frac{\lambda_2}{\mu_2^2} + \frac{\lambda_s}{\mu_s^2} \quad (4)$$

التأخير T2 : تأخير الوصلة الراديوية يمكن أن نعتبره مهماً لتجنب تعقيد الدراسة وذلك كي لا ندخل في تفاصيل تتعلق بعمليات تحسين خاصة بالاتصالات الراديوية وهو مجال آخر يمكن تضمينه عند دراسة الخواص الراديوية للبروتوكول SIP في وسط إرسال لاسلكي [7].

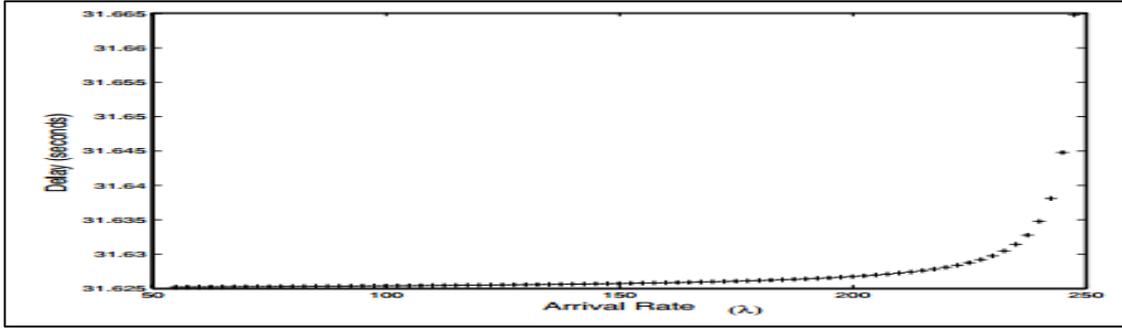
$\mu$  هو معدل الخدمة في الطرفية المرسله أما  $\mu_2$  هو معدل الخدمة لرسائل الـ SIP في المحطة (خادم البروكسي) أما  $\mu_s$  فهو معدل الخدمة لباقي الرسائل غير رسائل الـ SIP والواردة إلى المحطة (خادم البروكسي) عبر الشبكة [7].

يُظهر الشكل -7- النتائج الخاصة بزمن تأخير الاستلام وفق هذا النموذج وذلك باتباع سيناريو خاص يتضمن معدلات وصول متساوية وجميعها تساوي  $\lambda_1 = 100 \text{ CPS}$  وكذلك معدلات خدمة متساوية وجميعها تساوي  $\mu_2 = 250 \text{ CPS}$ .



شكل -7- زمن تأخير الاستلام في الشبكات اللاسلكية

كما يظهر في الشكل -7- فإن زمن تأخير عمليات التسليم لـ  $(10 / (1/100) = 1000)$  مكالمات واردة إلى النظام يكون ضمن حدود 5 SEC وهو أمر مقبول نوعاً ما بالنسبة للشبكات اللاسلكية ولاسيما في ظل وجود عدد كبير من الرسائل المختلفة والمتنوعة المتبادلة عبر الشبكة وبمقارنة النتائج السابقة بالنتائج الواردة في الدراسة المرجعية [7] والمبينة في الشكل -8- الآتي يظهر مدى التحسين في عملية التسليم باعتماد النموذج المقترح وهذا ما يشير إلى أن البروتوكول SIP هو بروتوكول ذو أداء عالي نسبياً فيما لو تم اعتماده من قبل لجنة الاتحاد الدولي للاتصالات كوحدة مستقلة غير مدمجة بطرفيات ومحطات الشبكة اللاسلكية .



شكل -8- نتائج عملية تأخير التسليم وفق الدراسة المرجعية [7]

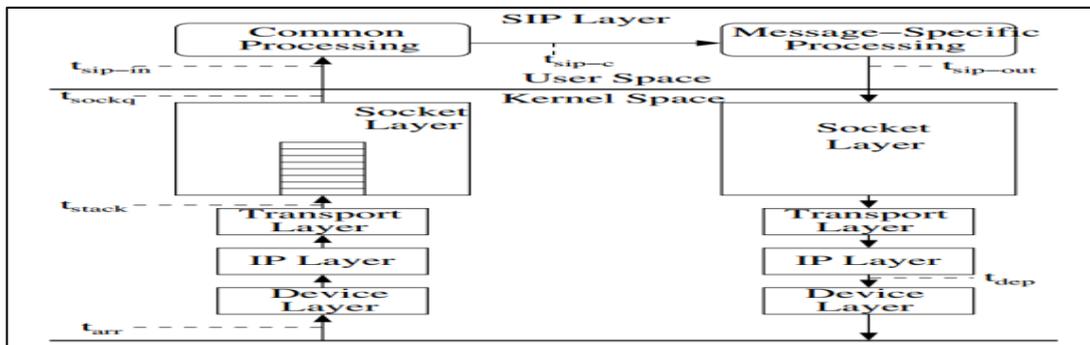
## 2-7 بروتوكول SIP بالنسبة لشبكات الاتصال السلكية :

وهنا تعتبر الشبكة على أنها خط الارتباط مع مقسم المشترك وفيها يتم تزويد الخط ببطاقة شبكة الارتباط مع عالم الإنترنت عن طريق تقنيات ADSL في سوريا ومعظم دول العالم ، وعليه فإن المقسم سوف يُزوّد بتجهيزات أو برمجيات خاصة بخادم بروكسي الخاص بالبروتوكول SIP لتنظيم عمليات الاتصال والمشاركة في إعداد الجلسات وبالتالي يتم تحديد آلية العمل بالاعتماد على برمجية التطبيق من خلال تحديدها لآلية الاتصال سواءً كانت سلكية أم لاسلكية قبل البدء بالعمل ([8],[9]).

يوجد مجموعة من النماذج المعدة للعمل ضمن هذا السيناريو وأهمها نماذج  $M/M/1$  ,  $M/G/1$  ,  $M/M/C$  , حيث تتدرج الدراسة باعتماد المنهج التجريبي في عمليات التحليل المقابلة للنموذج  $M/M/1$  &  $M/G/1$  ليتم بعدها الانتقال من حالة التعميم إلى حالة التخصيص مع النماذج  $M/M/1$  و  $M/M/C$  كلاً على حدة ولكن باعتماد المنهج التحليلي ([8],[9]).

## 1-2-7 نموذج $M/G/1$ & $M/M/1$ :

تتم آلية النمذجة بالنسبة لشبكات الاتصال السلكية كما يظهرها الشكل -9- باعتماد النموذج  $M/G/1$  دون سياسة أولوية وذلك لحساب متوسط زمن الخدمة ضمن الطبقات العليا من النموذج TCP/IP والنموذج  $M/M/1$  لحساب متوسط زمن الانتظار ضمن الطبقات الدنيا فيه وهذا معتمد بالدراسة المرجعية [8] لكون خادم البروكسي الخاص بالبروتوكول SIP غير منفصل عن باقي الطريقتين المستخدم في الشبكة أو المقسم أما في البحث سيتم العمل مع النموذج  $M/M/1$  في كل من الطبقتين وإجراء المقارنة مع نتائج المرجع [8].



شكل -9- نموذج TCP/IP للشبكات السلكية

لحساب متوسط زمن الخدمة للنظام فإنه يتوجب علينا حساب زمن المكوث في طبقة SIP LAYER وعليه نفرض أن : [8]

**Tsip** : زمن خدمة الحزمة داخل طبقة SIP ، ولا يتضمن أي زمن انتظار . سنقوم بتسجيل قيمتين زمنيتين إضافيتين داخل طبقة SIP لكل حزمة وهما :

**Tsip\_c** : يمثل اللحظة الزمنية التي يكتمل عندها جزء معالجة الحزمة المشترك بين جميع أنواع الرزم .

**Tsip\_out** : ويمثل اللحظة الزمنية التي أكملت فيها طبقة SIP معالجة الحزمة وهي جاهزة لإعادة الحزمة إلى طبقة النواة ( kernel ) .

$$t_{sip}^1 = tsip_c - tsip_{in} \quad (5) \quad t_{sip}^2 = tsip_{out} - tsip_c \quad (6)$$

حيث أن :

$t_{sip}^1$  : هو الزمن الذي يقضيه المعالج في معالجة كل رسالة من رسائل SIP الواردة .

$t_{sip}^2$  هو الزمن الذي يستغرقه تنفيذ عمليات معالجة خاصة بكل رسالة من رسائل SIP الواردة وهو متغير حسب نوع الرسالة بغية الحصول على زمن خدمة متساوي لكل الرسائل .

$$T_{sip} = t_{sip}^1 + t_{sip}^2 \quad (7)$$

$T_{sip}$  هو زمن الخدمة الكلي للمكالمة الواحدة .

آلية القياس هنا عملية حيث يتم احتساب  $T_{sip-total}$  وهي زمن الخدمة الكلي لعدد المكالمات C الواردة إلى النظام وفق الصيغة التالية :

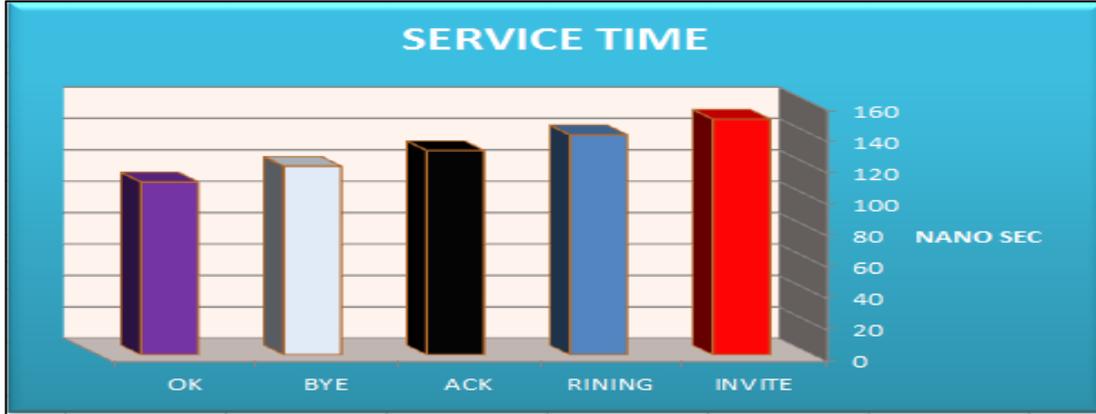
$$T_{sip} - total = 6 * C * T_{sip} \quad (8)$$

يشير الجدول -2- إلى زمن دخول وخروج كل رزمة على حدا وبالتالي يعطي زمن الخدمة الخاص بكل رسالة من رسائل البروتوكول SIP وفق طول كل منها باستخدام الجدول -1- وذلك بلحظة ورد 1000 طلب إلى النظام نو المحددات التالية :

$$. [ E[X]=\frac{1}{\mu} = 5 mSEC : \mu = 0.2Cpms = 200CPS \quad \lambda = 0.1Cpms = 100CPS ]$$

جدول -2- زمن دخول ومغادرة الطبقة SIP LAYER ما يمثل زمن الخدمة لكل رسالة على حدة

رسالة	زمن	INVITE	RINING	ACK	BYE	OK
TSIP-IN	1000 default	1150	1290	1420	1540	1540
SER . TIME	$3 * 10^{-8}$ * 0.005 * 1000 = 150 ns	$2.8 * 10^{-8}$ * 0.005 * 1000 = 140 ns	$2.6 * 10^{-8}$ * 0.05 * 1000 = 130 ns	$2.4 * 10^{-8}$ * 0.005 * 1000 = 120 ns	$2.1 * 10^{-8}$ * 0.005 * 1000 = 110 ns	
TSIP-OUT	1150	1290	1420	1540	1650	1650



شكل -10- نتائج زمن الخدمة لكل رسالة على حدة

تظهر النتائج في الشكل -10- بشكل منطقي يصف ما يقوم النظام بفعله فكما نرى أن رسائل INVITE تحتاج إلى أكبر زمن خدمة وذلك نتيجة العودة المتكررة في كل مرة يتم فيها تحديد طلب اتصال إلى مداخل قواعد البيانات لتحديد وجهة الاتصال والمنفذ المرتبط مع الوجهة على عكس رسائل المصادقة ACK التي تمثل استجابة المتلقي ليظهر أخيراً كيف أن رسالة BYE تحتاج إلى أقل زمن خدمة بين مجموعة الرسائل كونها لا تمثل سوى حالة تحرير مكالمة.

بالنسبة لحسابات زمن الانتظار يتم تمثيل النظام السابق ذاته المبين في الشكل -9- من خلال النموذج الاحتمالي M/M/1 داخل طبقة KERNAL LAYER وبالتالي يمكن القيام بعمليات الحساب ضمن هذه الطبقة وفق الفرض الآتي : [8]

**T-arr** : زمن وصول الحزمة إلى SPS (sip proxy server)، المسجلة بواسطة kernel على طابع زمني مرتبط بالحزمة في وقت استلامها بواسطة طبقة الجهاز. طبقة ال kernel LAYER هي الطبقات الثلاث الأولى ( الفيزيائية والمعطيات والشبكة ).

**Tstack** : زمن اكتمال معالجة الحزمة بواسطة مكدس شبكة kernel المقصود بالمعالجة هو زمن انتظار الرسالة داخل طبقة KERNAL.

**T-sock** : الوقت الذي تنفذ فيه الرسالة إلى طبقة التطبيق أي طبقة SIP-LAYER.

**Krcv** : وهو زمن بقاء الرزمة أو الرسالة داخل طبقة ال KERNAL :

$$Krcv = t\_sock - t\_arr \quad (9)$$

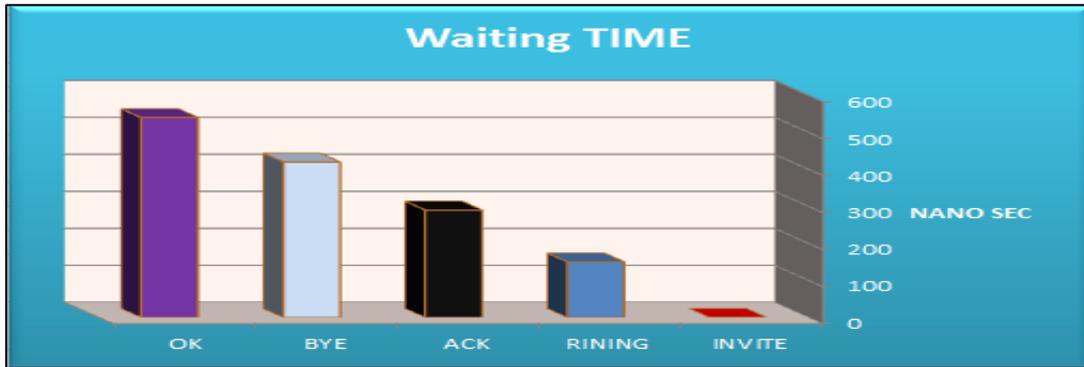
زمن الانتظار الكلي عند كل معدل وصول لعدد المكالمات C على افتراض أن زمن الانتظار لكل نوع من الرسائل سوف يكون متساوياً هو Krcv-total :

$$Krcv-total = 6 * C * Krcv \quad (10)$$

يشير الجدول -3- إلى زمن دخول كل رزمة إلى جهاز خادم البروكسي الخاص بالبروتوكول SIP على حدة بالإضافة إلى زمن النفاذ من طبقة ال KERNAL LAYER :

جدول -3- زمن دخول ومغادرة الطبقة KERNAL LAYER

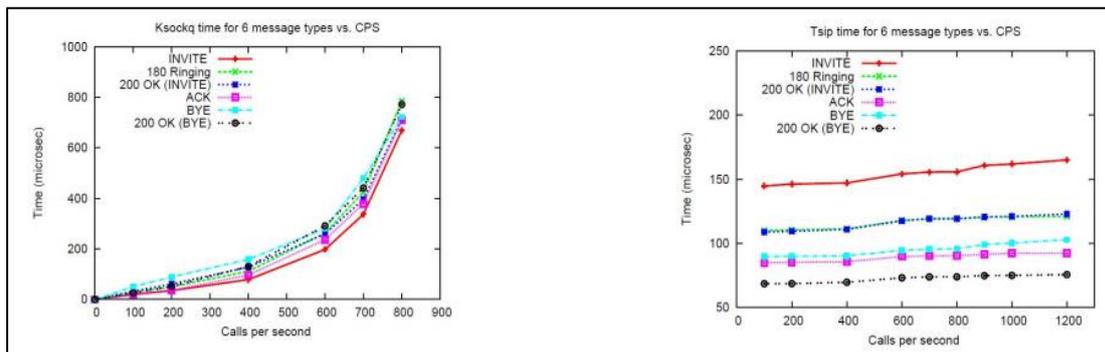
رسالة	زمن	INVITE	RINING	ACK	BYE	OK
Tarr		0	150	300	590	1010
Tsock		0	300	590	1010	1550



شكل - 11 - زمن الانتظار لكل رسالة على حدة

تظهر النتائج في الشكل -11- بشكل منطقي أيضاً و يعبر عن آلية العمل حيث أن رسالة INVITE تملك أقل زمن انتظار وذلك لأن باقي الرسائل لا يتم توليدها إلا بعد تلقي رسالة INVITE على عكس رسائل OK التي تحتاج إلى أكبر زمن انتظار كونها تعتبر أخر رسالة يتم تناقلها عبر الشبكة.

تم الحصول على النتائج السابقة من خلال إجراء بعض العمليات الحسابية على كل من طبقتي ال ( SIP & KERNAL) بالاعتماد على قيم الجدول -1- وبمقارنة هذه النتائج مع النتائج الواردة في الدراسة المرجعية [8] والواردة في الشكل -12- الآتي :



شكل -12- زمن الخدمة والانتظار لكل رسالة من رسائل SIP وفق الدراسة المرجعية [8]

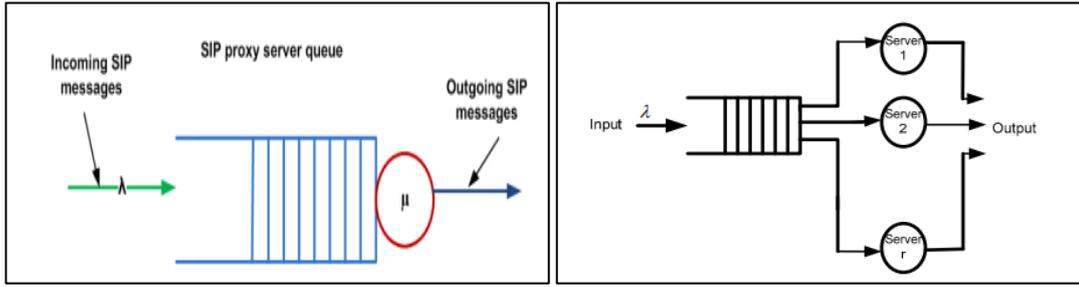
يُلاحظ وجود فرق كبير بين رتب أزمنة الانتظار والمعالجة لكل رسالة من رسائل بروتوكول SIP فهي من رتبة الميكرو ثانية ضمن الدراسة المرجعية أما وكما جاء في البحث فهي الآن من رتبة النانو ثانية وهذا بسبب تمثيل النظام

باعتدال قيم الجدول -1- الممثل لحالة النموذج M/M/1 في كل من الطبقتين السابقتين وهو ما يشير إلى مدى التحسين المُقدم في البحث عما هو عليه في الدراسة المرجعية [8] .

لكون النموذج M/M/1 حالة خاصة من النموذج M/G/1 فقد تم الاقتراح على أن يتم تمثيل النظام باعتماد نموذج موحد خاص يشمل النظام ككل بدلاً من اعتماد النماذج الجزئية السابقة وعليه تم اقتراح النموذج M/M/1 وذلك بسبب الأداء العالي الذي بينته النتائج في الجداول السابقة عند حساب متوسط زمن الانتظار لـ 1000 مكالمات واردة في الثانية وعليه سيتم دراسة وتحليل النظام باستخدام كل من النماذج M/M/1 و M/M/C وذلك باعتماد قوانين نظرية الأرتال في عمليات التحليل والحساب [8].

### 2-2-7 نموذج M/M/1 || M/M/C :

يتم تمثيل النظام وفق هذا المنظور بأحد شكلين كما هو مبين على الشكل -13- إما بوجود رتل خاص بعمليات الوصول لكافة الرسائل المتبادلة مع خادم واحد أو أكثر أو وجود عدة أرتال - رتل خاص بكل رسالة و خادم خاص بها - في هذه الدراسة تم استخدام رتل و معالج واحد خاص بكل رسالة مع النموذج M/M/1 ورتل وعدة معالجات عددها  $r$  مع النموذج M/M/C : [9]



شكل -13- هيكلية كل من النموذجين M/M/1 & M/M/C

### 1-2-2-7 النموذج M/M/1 :

بحسب زمن الانتظار الكلي في النظام على أنه متوسط زمن الخدمة  $\tau$  لكل رسالة على حدة مضافاً لزمن انتظارها في طابور الانتظار  $w$ . يشير العامل  $K$  المستخدم بالعلاقات الرياضية المبينة أدناه إلى نوع الرسالة الواردة وهي إحدى أنواع الرسائل الخاصة بالبروتوكول SIP وعددهم ستة رسائل متدرجة كما تمت مناقشته في بدءاً من رسالة الطلب الأولى وصولاً إلى رسالة BYE وتحرير المكالمات [9].

منهجية الدراسة تتم وفق الصيغة الآتية : [9],[10]

$$\tau = \frac{1}{\mu} : \mu \text{ : معدل الخدمة : (11)}$$

$$w_k = \frac{\rho_k}{\mu - \lambda_k} : \rho_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k} \text{ (12)}$$

$\lambda_k$  : معدل الوصول لكل رسالة نوع  $k$  على حدة ،  $\mu_k$  : معدل الخدمة لكل رسالة نوع  $k$  على حدة .  
زمن الانتظار بالرتل لكل رسالة على حدة هو :

$$W_k = w_k + \tau_k \text{ (13)}$$

$$W_k = \frac{\rho_k}{\lambda_k(1-\rho_k)} \quad (14)$$

زمن الانتظار لكل الرسائل بالنظام W بالنسبة لمعدل المكالمات الواردة C :

$$W = 6 * C * W_k \quad (15)$$

2-2-2-7 النموذج M/M/C :

في هذا النظام يتم الأخذ بعين الاعتبار تعدد المعالجات وعليه يتم الحساب وفق الآتي ([9],[12]) :  
احتمال النظام الشاغر هو P0 :

$$P_0 = \left[ \sum_{i=0}^{m-1} \frac{m\rho_k}{i!} + \frac{m\rho_k}{m!(1-\rho)} \right]^{-1} \quad (16)$$

$$\rho_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k} \quad (13)$$

حيث أن :

$\lambda_k$  : معدل الوصول لكل رسالة نوع k على حدة ،  $\mu_k$  : معدل الخدمة لكل رسالة نوع k على حدة.

احتمال دخول عدد من الباكيتات إلى النظام هو  $P_q$  :

$$P_q = \frac{P_0 (m\rho_k)^m}{m!(1-\rho_k)} \quad (17)$$

متوسط زمن الانتظار بالرتل لكل رسالة نوع K هو

$$w_k = \frac{\rho_k * P_q}{\lambda_k (1-\rho_k)} \quad (18)$$

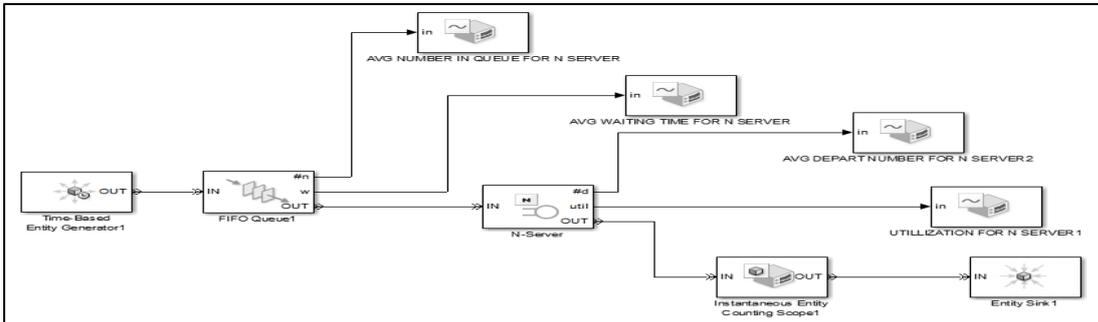
زمن الانتظار الكلي لكل رسالة نوع k

$$W_k = w_k + \frac{1}{\mu_k} \quad (19)$$

زمن الانتظار الكلي لكل الرسائل بالنظام W بالنسبة لمعدل المكالمات الواردة C هو :

$$W = 6 * C * W_k \quad (20)$$

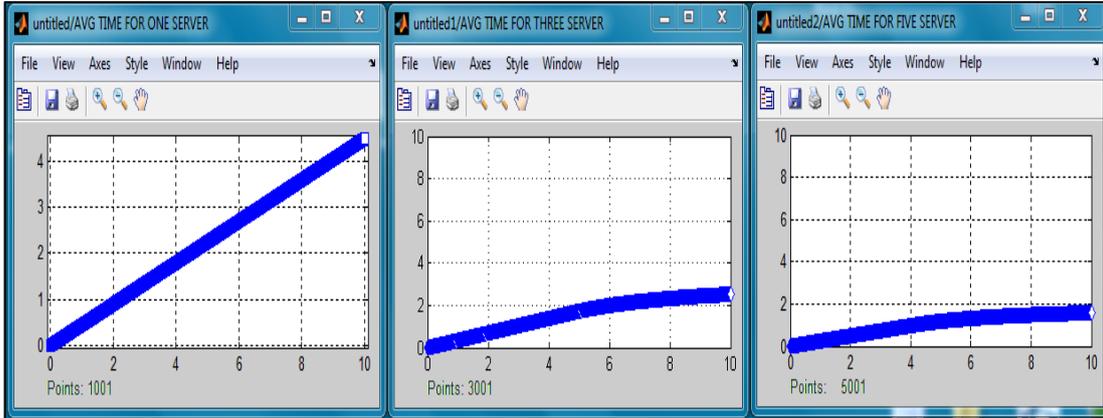
يمثل الشكل -14- نموذج MATLAB المكافئ للحالتين السابقتين :



شكل -14- نموذج MATLAB متعدد المعالجات

يمثل الشكل -15- نتائج زمن التأخير الكلي (انتظار في الرتل + معالجة في المخدم) في لحظة ورود 1000

مكالمة إلى النظام ذو المواصفات التالية  $\lambda = 100CPS$   $\mu = 200CPS$   $r = 1,2,3$  .



شكل -15- مقارنة متوسط زمن الاستجابة للنماذج M/M/1 & M/M/3 & M/M/5

في الشكل -15- تم الأخذ بعين الاعتبار وجود عدة سيناريوهات تمت المقارنة فيما بينهم بالاعتماد على متوسط زمن الاستجابة في حالة وجود مخدم واحد أو حالة وجود ثلاثة مخدّمات الموافقة لحالة CORE 13 بالإضافة إلى حالة وجود خمس مخدّمات الموافقة لحالة CORE 15 وعليه نجد كيف أن متوسط زمن الاستجابة ينخفض مع زيادة عدد المخدمات ضمن المعالج ولكن هذا الانخفاض وكما هو ملاحظ على الشكل -15- لا يتبع لعلاقة تناسب طردية لذا يجب الانتباه لأن زيادة عدد المعالجات يوافق زيادة في تكلفة عملية التصميم وهو أمر غير مجدي اقتصادياً حيث أن الشكل يبين أن معالج بثلاث نوى يحقق انخفاضاً في زمن الاستجابة يصل إلى نصف ما هو عليه مع معالج واحد ، وكذلك الأمر زيادة عدد النوى إلى خمسة يحقق نسبة انخفاض مشابهة تقريباً للحالة السابقة وعليه فإن النموذج الموافق لحالة CORE 13 هي الأفضل وهو النموذج المعتمد في أغلب عمليات التصميم.

## 8- الاستنتاجات والتوصيات :

1- في الدراسة السابقة تم تناول مجموعة من النماذج الإحصائية المعتمدة في نمذجة وتصميم خوادم البروكسي الخاصة ببروتوكول التأشير SIP في كل من الشبكات السلكية واللاسلكية حيث أن المقارنة تمت بالاعتماد على متوسط زمن الانتظار للعملاء في النظام وبذلك تم التوصل إلى أن النموذج M/M/1 هو النموذج الأفضل من بين النماذج الاحتمالية المستخدمة في تصميم هذه الأنواع من الخوادم.

2- لم يتم أخذ النموذج M/D/1 بعين الاعتبار مع أنه نموذج مستخدم وبشكل واسع في مجالات بحوث العمليات لدراسة مقدرات الحركة لأنظمة الخدمة الثابتة و السبب في عدم التطرق إليه هو أن رسائل البروتوكول SIP لا تملك أزيمة خدمة ثابتة حيث أن تخديم رسالة INVITE يتطلب زمناً مضاعفاً نتيجة العودة إلى مداخل قواعد البيانات مقارنةً مع رسالة الـ BYE المستخدمة فقط لتحرير الموارد وهو ما تم استنتاجه بالاعتماد على الجدول -1- وعليه لم يتم التطرق له لعدم التنظيم في آلية الخدمة حيث أن استخدامه يتطلب تعديل بنية الرسائل لتصبح جميعها ذات طويلة واحدة وهو أمر غير مقبول وذلك لأن زمن الانتظار في هذه الحالة سوف يتزايد بشكل كبير وهذا يلغي مدى التفاوت الكبير في قدرة كل نظام على العمل لأن جميع الأنظمة عندها سوف تصبح بذات الكفاءة [13].

3- يتم نمذجة شبكات الاتصال اللاسلكية بالاعتماد على كل من النموذجين M/M/1 لتمثيل الطرفية المرسلية والنموذج M/G/1/Priority لتمثيل خادم بروتوكول للنظام على الرغم من أن النموذج M/M/1 أبدى نتائج أفضل بالمقارنة مع النتائج الواردة في الدراسة [8] إلا أنه من غير الممكن أن يتم استخدامه حالياً لأن خادم البروكسي وكما ظهر في العرض أعلاه مازال مرتبطاً بطرفيات الشبكة أي أنه لم يظهر كطرفية مستقلة بحد ذاته سواءً بالشبكات السلكية أو اللاسلكية لذا وبمجرد اعتماد البروتوكول من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات ITU والبدء ببناء شبكة تحوي على الطرفيات الخاصة به وبشكل مستقل عن باقي طرفيات الشبكات اللاسلكية فإن النماذج M/M/1 || M/M/C ستكون هي الأفضل بالنسبة لعمليات تصميم خوادم البروكسي الخاصة بالبروتوكول SIP.

4- يتم الإشارة في نهاية المطاف إلى أن الأداء يمكن أن يتفاوت وبشكل كبير عند زيادة عدد المعالجات ضمن الخادم نفسه ولكن هذا أيضاً سوف يزيد من تكلفة بناء الخادم ولاسيما أن التفاوت بالأداء يعتبر طفيفاً بعد حد معين لعدد الخوادم المطبقة كما ظهر بالشكل -15- لذا من الأفضل استخدام النموذج M/M/3 كنموذج عملي للنموذج M/M/C وذلك بغية مراعاة العامل الاقتصادي عند التصميم على الرغم من أنه لم يتم أخذ دراسة الجدوى الاقتصادية بعين الاعتبار في البحث إلا وأنه من البديهي اختيار النموذج ذو الكلفة الأقل عندما تكون الفائدة المقدمة هي ذاتها.

5- تعتبر نماذج الأولوية المضافة إلى نموذج المحاكاة M/M/C على أنها أفضل النماذج المتبعة في عملية التصميم إلا أنه لم يتم إدراجها ضمن الدراسة كونها تتعلق بتفاصيل مرتبطة بعمليات المعالجة لمشكلة الحمولة الزائدة التي تعتبر إحدى أهم المشاكل القائمة والتي مازال يعاني منها نظام البروتوكول SIP [11] وهو ما يمكن الإضاءة عليه في أبحاث ودراسات مستقبلية.

## 9- المراجع :

[1] Montazerolghaem, A.; Moghaddam, M. H. Y.; Leon-Garcia, A. (March 2018). "OpenSIP: Toward Software-Defined SIP Networking". *IEEE Transactions on Network and Service Management*.

[2] [SIP core working group charter](#)". [Internet Engineering Task Force](#). 2010-12-07. Retrieved 2011-01-11.

[3] Chen, Hong, and David D. Yao. Fundamentals of queueing networks: Performance, asymptotics, and optimization. Vol. 46. Springer Science & Business Media, 2013.

[4] Jennings, Cullen, Dan Touitou, and Daniel Wing. "Authentication of SIP and RTP traffic." U.S. Patent No. 7,568,224. 28 Jul. 2009 .

[5] Langen, Anno R., et al. "SIP server architecture fault tolerance and failover." U.S. Patent No. 7,661,027. 9 Feb. 2010.

[6] Lakay, Elthea T., and Johnson I. Agbinya. "Communication cost of SIP signaling in wireless networks and services." *12 th International Conference and Telecommunications (ICT2005)*. 2005 .

- [7] Banerjee, Nilanjan, Kalyan Basu, and Sajal K. Das. "Hand-off delay analysis in SIP-based mobility management in wireless networks." *Proceedings International Parallel and Distributed Processing Symposium*. IEEE, 2003.
- [8] Krishnamurthy, Ramesh, and George N. Rouskas. "Evaluation of sip proxy server performance: Packet-level measurements and queuing model." *2013 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. IEEE, 2013.
- [9] Subramanian, Sureshkumar V., and Rudra Dutta. "Measurements and Analysis of M/M/1 and M/M/c Queuing Models of the SIP Proxy Server." *2009 Proceedings of 18th International Conference on Computer Communications and Networks*. IEEE, 2009.
- [10] Subramanian, Sureshkumar V., and Rudra Dutta. "Comparative study of M/M/1 and M/D/1 models of a SIP proxy server." *2008 Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference*. IEEE, 2008.
- [11] Amooee, Amir Masoud, and Abolfazl Falahati. "Overcoming overload in IMS by employment of multiserver nodes and priority queues." *2009 International Conference on Signal Processing Systems*. IEEE, 2009.
- [12] S.V. Subramanian and R. Dutta. Performance and scalability of M/M/c based queueing model of the SIP proxy server - a practical approach. ATNAC 2009 .
- [13] D. Abendroth, U. Killat, "Numerical Instability of the M/D/1 System Occupancy Distribution" Janaury 2004.