International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

Received	2025/06/01	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/06/28	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/06/30	تم نشر الورقة العلمية في

تصميم نظام اتصالات VoIP لكلية التقنية الصناعية باستخدام منصة Asterisk

محمد مصطفى سوالم، هاجر الأسود، ملاك أحمد الشريف، ريان عبد الباسط قليصة
كلية التقنية الصناعية، مصراتة، ليبيا
Mohamed_sowalem@cit.edu.ly

الملخص

أحدثت تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP) ثورة في أساليب الاتصال الحديثة من خلال تقديم حلول فعّالة للمؤسسات من حيث التكلفة وقابلية التوسّع وخدمات كالبريد الصوتي. في هذا البحث تم تصميم وتنفيذ نظام اتصالات داخلي يعتمد على تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP) باستخدام منصة Asterisk المفتوحة المصدر لتحديث وتحسين نظام الاتصال الداخلي بكلية التقنية الصناعية – مصراتة. تم تنفيذ البحث وفق منهجية تطبيقية شملت دراسة البنية التحتية للكلية، وتحليل احتياجات المكاتب المستهدفة ثم تصميم شبكة الاتصال الداخلي وتكوين خاد Asterisk وربطه بأجهزة المستخدمين المكتبية باستخدام تطبيقات Softphone. شملت الدراسة اختبارات ميدانية لتحليل أداء النظام من خلال إجراء مجموعة من المكالمات داخل الشبكة باستخدام أداة Wireshark وقياس متوسط فقد الحزم والتأخير الزمني. أظهرت نتائج الاختبارات أن أداء النظام كان جيدًا، حيث سجّلت معظم المكالمات تأخيرًا زمنيًا منخفضًا (أقل من 10 مللي ثانية) وفقدًا للحزم ضمن النطاق المقبول (أقل من 5%)، مما يدل على جودة صوت مستقرة. سُجّلت حالتان فقط بتأخير مرتفع، وحالتان بنسبة فقد أعلى من المعتاد، ما يشير إلى مشكلات مؤقتة في الشبكة. تؤكد هذه النتائج كفاءة النظام وقابلية تطبيقه في مختلف المؤسسات.

الكلمات المفتاحية: VoIP، Asterisk، فقد الحزم، التأخير الزمني.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 2 المجلد
http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

Design of a VoIP Communication System for the College of Industrial Technology Using the Asterisk

Mohamed M. Sowalem, Hajer A. Alaswed, Malak A. Alsharef, Rayan A. Qulaisa
The College of Industrial Technology – Misrata, Libya
Mohamed_sowalem@cit.edu.ly

Abstract
Voice over Internet Protocol (VoIP) technology has revolutionized modern communication methods by offering cost-effective, scalable solutions for institutions, along with additional services such as auto-attendant and voicemail. This study presents the design and implementation of an internal communication system based on VoIP technology using the open-source Asterisk platform, aimed at upgrading and enhancing the internal telephony system at the College of Industrial Technology – Misrata. The research followed an applied methodology that included an assessment of the college's infrastructure, analysis of office communication needs, design of the internal network, configuration of the Asterisk server, and its integration with user endpoints via Softphone applications. Field tests were conducted to evaluate system performance by initiating a series of internal calls, using Wireshark to measure average packet loss and latency. Test results showed that the system performed well, with most calls recording low latency (under 10 ms) and acceptable packet loss (under 5%), indicating stable voice quality. Only two calls experienced high latency and two showed higher-than-normal packet loss, suggesting temporary network issues. These results confirm the system's efficiency and its applicability across various institutional settings.

Keywords: VoIP, Asterisk, Packet Loss, Latency.

1. المقدمـة

شهدت شبكة الإنترنت خلال السنوات الأخيرة تطوراً هائلاً جعلها بمثابة "الطريق السريع للمعلومات" على مستوى العالم، مما أدى إلى إحداث تغييرات كبيرة في مجال الاتصالات. دفع هذا النمو غير المسبوق إلى تطوير تقنيات مبتكرة تتطلب عرض نطاق ترددي عالٍ وزمن انتقال منخفض من طرف إلى طرف. أبرز التقنيات التي ازدهرت هي تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت Voice over Internet Protocol (VoIP)،

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

والمعروفة أيضاً بالهاتف عبر الإنترنت. تُمكن هذه التقنية المستخدمين من استخدام الإنترنت كوسيلة لنقل الاتصالات الصوتية. أثارت تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الانترنت (VoIP) منذ ظهورها الأوساط الصناعية والعلمية، وأصبحت تتمتع بشعبية واسعة كبديل للهواتف التقليدية في غالب المؤسسات [1].

يسهم استخدام تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP) في خفض التكاليف مقارنة بالشبكات التقليدية والمتمثلة في الأجهزة والمعدات، كما تتمتع بالتوسع والتمديد الذي يصبح أحيانا معقدًا باستخدام الشبكات التقليدية، وأيضا تظهر تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP) إمكانيات عالية في الإدارة والتنظيم نظرًا لتحول كامل النظام تقريبًا إلى كيان برمجي [2]، إضافة إلى ذلك فهي تقدم خدمات إضافية تتيح للمستخدمين الاستفادة من العديد من الميزات كالبريد الصوتي والرد الآلي للمكالمات والمكالمات الجماعية وأيضا نقل الفيديو [3].

على الرغم من الانتشار الواسع لتقنيات VoIP، إلا أن هناك تحديات تقنية مستمرة تؤثر على موثوقية النظام ورضا المستخدم، تشمل التأخير الزمني (Latency) وتذبذب التأخير (Jitter) وفقد الحزم (Packet Loss) [4]، إضافة إلى الثغرات الأمنية مثل هجمات SIP وهجمات حجب الخدمة. ومع انتقال المزيد من المؤسسات إلى الاتصالات الرقمية، يصبح التعامل مع هذه التحديات أمرًا أساسيًا لضمان استقرار وجودة الخدمة [5].

هناك العديد من المنصات مفتوحة المصدر التي تمكّن من تطوير أنظمة اتصالات عبر بروتوكول الإنترنت (VoIP) ومستخدمة في هذا المجال، وتعد من أشهر المنصات التي تشتهر بقدراتها المتقدمة كنظام تبادل فرعي خاص (PBX) هي منصة Asterisk والتي تناسب بشكل خاص المؤسسات الصغيرة والمتوسطة [6]. بالإضافة إلى ذلك تدعم منصة Asterisk أنواع مختلفة من الترميز الصوتي (Audio Codes) كالترميز G.711 μ – law والذي يمتاز بجودة عالية وتذبذب تأخير (Jitter) صغير جدًا (أقل من 5 ميللي ثانية)[7].

في هذه الورقة تم تصميم وتكوين نظام اتصالات داخلي باستخدام تقنية VoIP مستندًا إلى منصة Asterisk لتطوير نظام الاتصالات الداخلي لكلية التقنية الصناعية – مصراتة، وقد تم تقسيم العمل إلى مراحل متتابعة شملت دراسة البيئة المستهدفة والتصميم والتكوني ثم الاختبار والتقييم. بعد الانتهاء من تكوين النظام تم تنفيذ مجموعة من سيناريوهات الاتصال بين مختلف مباني ومكاتب الكلية واشتمل العمل أيضا على قياس مؤشرات الأداء المتمثلة في فقد

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

الحـزم والتـأخير مـن أجـل وضـع تصـور للنظـام المقتـرح. يـأتي ذلـك مـن أجـل اسـتغلال مـوارد الشـبكة وتقـديم خدمـة متطـورة مـن شـأنها تسـهل العمـل الإداري وتساعد المؤسسات على مواكبة التطور التقني في منشآتها.

2. الدراسات السابقة

قام Washima Tuleun (2024) بدراسة هدفت إلى تصميم شبكة تعتمد على تقنية VoIP بعد إجراء بحث شامل حول أنظمة نقل الصوت عبر بروتوكول الانترنت، مع تحليل نقدي ومقارنة بينها وبين شبكات الاتصالات الهاتفية التقليدية PSTN. تم استعراض مزايا وعيوب شبكات VoIP وتناولت الدراسة البروتوكولات المختلفة المستخدمة في شبكات VoIP وأجريت مقارنة بين البروتوكولات المستخدمة في هذه التقنية. خلصت الدراسة بالتوصية باستخدام بروتوكول SIP بناءً على دعمه كفاءته في نقل موارد الوسائط المتعددة. شملت الدراسة أيضا تصميم خطة ترقيم ونظام للاتصال الداخلي بناءً على عدد الامتدادات المطلوبة وتفصيل ملفات الإعدادات الخاصة بالنظام. أوصت الدراسة أيضا إلى استخدام أنظمة الأمان للمواقع البعيدة المتصلة عبر شبكات WAN مختلفة.[1]

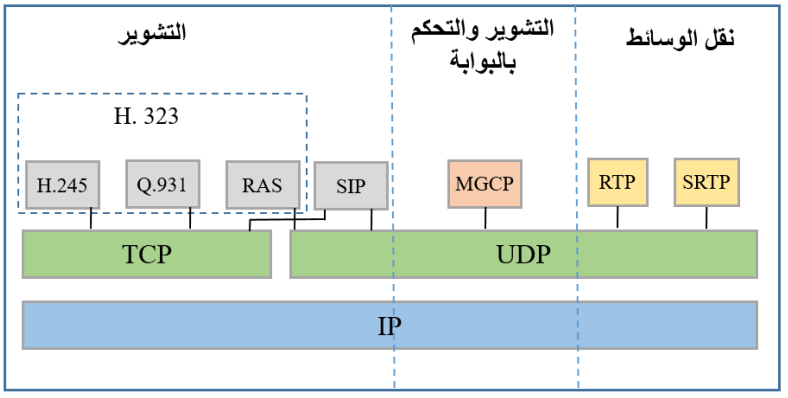
كما قام Harshad Japtap وآخرون (2015) بإعداد دراسة تناولت تصميم وتنفيذ خادم رقمي باستخدام منصة Asterisk، وأوضحت الدراسة أن هذا النظام يتيح التواصل بين المستخدمين من خلال الحواسيب المكتبية أو المحمولة باستخدام تطبيقات الهاتف البرمجي (Softphone). كما أشارت الدراسة إلى أن هذا النوع من الأنظمة يعد مفيدًا بشكل خاص للجامعات والمؤسسات؛ نظرًا لسهولة الإدارة والتركيب بالإضافة إلى تقليله لتكاليف الصيانة والتشغيل على المدى البعيد. أوصت الدراسة إلى توسيع وظائف النظام ليشمل خدمات كالبريد الصوتي.[2]

3. بروتوكولات VoIP

يـتم تصـنيف بروتوكـولات VoIP إلـى ثـلاث فئـات رئيسـية: بروتوكـولات تشـوير وبروتوكـولات نقـل وسـائط وبروتوكـولات تشـوير وتحكـم بالبوابـة [5] [7]. يعـرض الشكل 1 بروتوكولات VoIP وتفاعلها مع مكدس بروتوكول TCP/IP

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702



شكل 1. بروتوكولات VoIP

- **بروتوكول بدء الجلسة (Session Initiation Protocol – SIP)**: يعتبر بروتوكول تشوير (Signaling) يتيح إنشاء المكالمات وتعديلها أو إنهائها بين المستخدمين. ويعمل بنظام العميل والخادم حيث يقوم العميل بإرسال طلبات SIP ويستجيب الخادم لتلك الطلبات [8].
- **بروتوكول H.323**: يعتبر بروتوكول تشوير (Signaling) معتمد في أنظمة الاتصالات متعددة الوسائط، إذ يعتمد على نموذج الاتصال الموجه (Connection–Oriented) لتنظيم وإدارة جلسات الصوت والفيديو. كما يستند بروتوكول H.323 إلى المعيار H.245 والذي يوفر دعمًا لمجموعة من وظائف الأمان المتمثلة في المصادقة وسلامة البيانات والخصوصية [8].
- **بروتوكول النقل في الوقت الحقيقي (Real Time Transport Protocol – RTP)**: هذا البروتوكول من نوع نقل الوسائط (Media Transport) يستخدم لنقل الصوت والفيديو عبر شبكات الإنترنت بشكل متزامن. يختص بترتيب وصول الحزم حيث يقوم بإضافة أرقام تسلسلية للحزم لضمان إعادة ترتيبها بشكل صحيح، أيضا يقوم بعملية تنسيق ومزامنة تشغيل الوسائط في الوقت الحقيقي من خلال إضافة طوابع زمنية [8]، ولأجل ضمان سرعة النقل يعمل بروتوكول RTP مع بروتوكول UDP إلا أنه لا يوفر حماية آمنة للبيانات مما يجعله مكشوفًا أما هجمات التنصت أو التلاعب أثناء النقل [1].
- **بروتوكول النقل الآمن في الوقت الحقيقي (Secure Real Time Transport Protocol– SRTP)**: هذا النوع هو نسخة محسنة وآمنة من بروتوكول RTP، يقوم بتشفير محتوى البيانات لمن التنصت ويضيف آليات تحقق لضمان عدم

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

تعديل البيانات أثناء النقل، أيضا يوفر حماية إضافية ضد هجمات الإعادة (Replay Attacks) التي تستهدف لإعادة إرسال الحزم المسجلة [8].

- **بروتوكول التحكم في البوابات الإعلامية (Media Gateway Control Protocol – MGCP):** هذا البروتوكول من نوع التشوير والتحكم في البوابة (Signaling and Gateway control) يستخدم لتنظيم الإشارات والتحكم في جلسات الاتصال خاصة بين شبكة الإنترنت وشبكة الهاتف التقليدية (PSTN). يتميز بروتوكول MGCP بأنه يمنح صلاحيات أوسع للأجهزة الطرفية في إدارة المكالمات واتخاذ قرارات الاتصال بشكل مستقبل مما يجعلها أكثر مرونة [1].

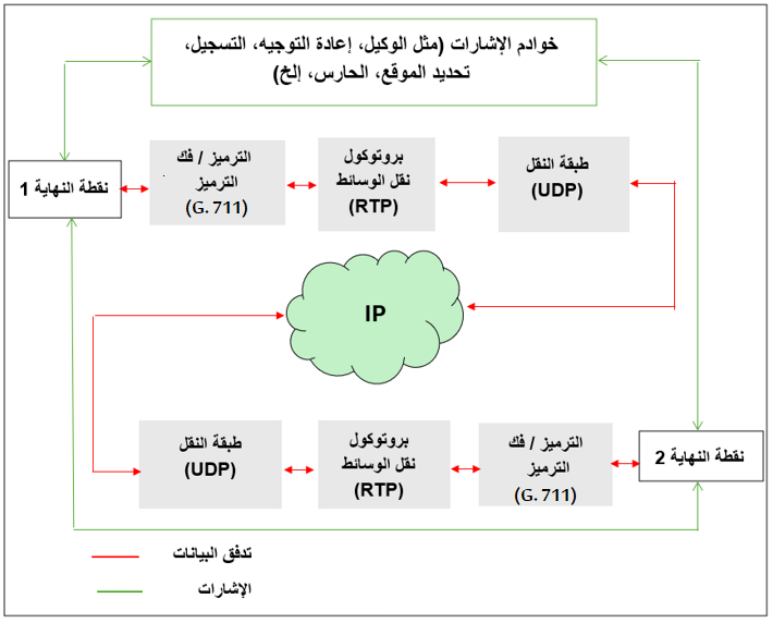
4. آلية عمل تقنية VoIP

تعتمد تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت على مجموعة من العمليات الأساسية لتمكين الاتصال بين طرفين عبر الشبكة، يوضح الشكل 2. تدفقات الإشارة والنقل بين طرفين عبر الشبكة، ويمكن تلخيص العمليات الأساسية فيما يلي:

- تحويل الإشارة الصوتية التناظرية الصادرة من المرسل إلى إشارة رقمية باستخدام محول تماثلي إلى رقمي (ADC) لتهيئة إرسالها عبر الشبكة.
- تستخدم بروتوكولات SIP و H.323 لتحديد معايير التفاوض لإعداد المكالمة وتقوم بإنهائها عند قيام أحد الطرفين بإغلاق الاتصال.
- يتم استخدام خوارزميات ضغط (مثلا G.711 mu–Law) لضغط البيانات الرقمية من أجل استغلال موارد الشبكة وإزالة الإطناب (Redundancy) في البيانات.
- باستخدام بروتوكول RTP يتم إدخال المحتوى الصوتي الفعلي داخل حزم البيانات في الوقت الحقيقي، إذ يعد الأنسب للتطبيقات التي تحتوي على وسائط متعددة؛ كونه يوفر توازنًا بين بروتوكول الاتصال الموجه (TCP) وبروتوكول الاتصال الغير موجه (UDP).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702



شكل 2. تدفق البيانات والإشارات في نظام VoIP

5. خوارزميات الضغط VoIP

تستخدم خوارزميات الضغط وفك الضغط (Compression– Decompression) لتحويل الإشارة التماثلية (كالصوت والفيديو) إلى بيانات رقمية أو لتحويل تدفق البيانات الرقمية إلى إشارة تماثلية، ويطلق على هذه الوظيفة بالمرمّز (Codec). إن الهدف الأساسي من هذه العملية هي توفير عرض النطاق الترددي للشبكة [10]. الجدول 1 يعرض أهم خوارزميات الضغط المستخدمة في تقنية VoIP [7] [9].

جدول 1. أنظمة ضغط الصوت المختلفة (Codec)

النوع	معدل الخانات (Kbit/s)	الحمولة (byte)	السعة (kbps)	دورة العينة (ms)	الجودة
G.711	64	160	95.2	20	ممتازة
G.729	8	20	39.2	10	جيد
G.722.1	6.3	24	27.2	30	جيد
G.723.1	5.3	20	26.1	30	جيد

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

6. بيئة العمل وأدوات تكوين النظام

يعرض الجدول 2. مواصفات بيئة العمل والأدوات البرمجية والمادية المستخدمة في تصميم وتكوين شبكة الاتصالات الداخلية المقترحة. تم اختيار هذه الأدوات بناءً على توافقها مع نظام Asterisk مفتوح المصدر، بالإضافة إلى سهولة إدارتها وتوفرها ضمن الإمكانيات التقنية المتاحة.

جدول 2. مواصفات بيئة العمل والأدوات المستخدمة

المكون / الأداة	الوصف	الكيان
الخادم	حاسوب خادم (Server PC)	مادية
نظام التشغيل	Linux	برمجية
التوزيعة/ الإصدار	Ubuntu 22.04	برمجية
الذاكرة	4500 MB	برمجية
المعالجات	4	برمجية
القرص الصلب	50GB	برمجية
منصة المقسم الافتراضي	Asterisk PBX / Version 18	برمجية
المرمز	G.711 mu-Law	برمجية
أجهزة المستخدمين	حاسوب مكتبي	مادية
تطبيق Softphone	Zoiper	برمجية
ملحقات مطلوبة	لاقط صوتي	مادية

7. البيئة المستهدفة (كلية التقنية الصناعية)

تُعد دراسة البنية التنظيمية والمكانية للجهة المستهدفة خطوة أساسية عند تصميم أي نظام اتصالات. تم تحديد كافة الأقسام والمكاتب الإدارية والتعليمية كمكونات أساسية للنظام المقترح، باستثناء القاعات الدراسية التي لم تُدرج ضمن نطاق التطبيق في هذه المرحلة. تتكون الكلية من ثلاث مباني رئيسية والموضحة بالشكل 3.

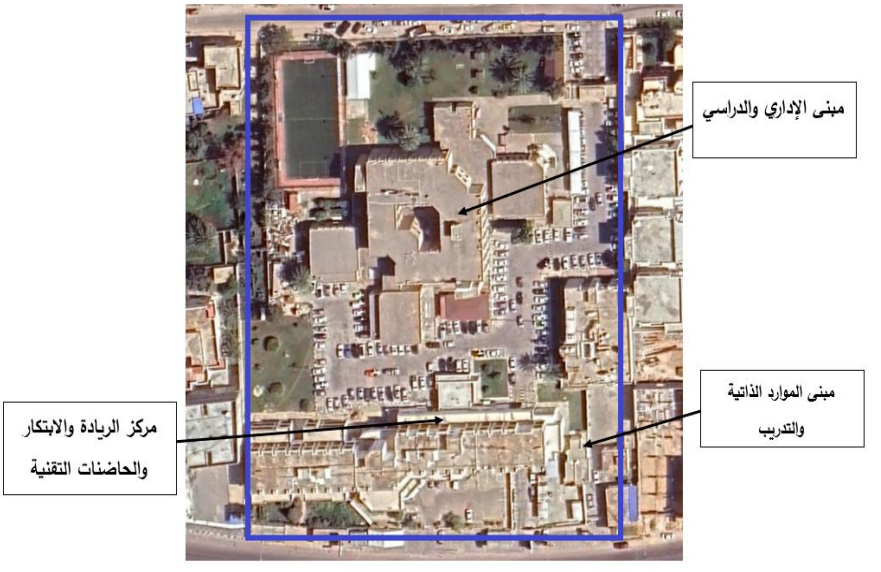
1. المبنى الأول (الإداري والدراسي): يضم هذا المبنى معظم الإدارات والوحدات التعليمية الأساسية، ويتم توزيعها على ثلاثة أدوار.
2. المبنى الثاني (مركز الريادة والحاضنات والتطوير التقني): يضم مركز ريادة الأعمال، إدارة الجودة، مكاتب أعضاء هيئة التدريس، قاعات متعددة الاستخدام وساحة عمل مشتركة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

3. المبنى الثالث (مبنى الموارد الذاتية والتدريب): يضم مكتب مدير إدارة الموارد الذاتية والتدريب والأقسام التابعة له، وقاعة مشاريع مصغرة ومعمل ومكتبين.

بناءً على هذا التوزيع، تم تحديد نقاط المستخدمين المستهدفين في كل مبنى وربطهم ضمن شبكة الاتصالات المقترحة. يعرض الجدول 3. أعداد المكاتب والمعامل المستهدفة.



شكل 3. خريطة كلية التقنية الصناعية وملحقاتها [Google Maps] 11

جدول 3. حصر أعداد المكاتب والمعامل بنظام الاتصال الداخلي المقترح

المبنى	الوصف	العدد
المبنى الأول	مكاتب إدارية	25
	مكاتب أعضاء هيئة تدريس	9
	معامل وورش	13
المبنى الثاني	مكاتب إدارية	9
	مكاتب أعضاء هيئة تدريس	2
	معامل وورش	1
المبنى الثالث	مكاتب إدارية	4
	معامل وورش	1

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

8. تخصيص الأرقام

لكي يتم تصميم وبناء أي شبكة هاتفية بنجاح داخل المؤسسة لابد من وجود نظام لخطة الاتصال (Dial Plan) والتي من شأنها تحدد كيفية توجيه ومعالجة المكالمات داخل الشبكة. تم استخدام خطة اتصال مكونة من خمسة أرقام في تنفيذ النظام المقترح وذلك من أجل توفير مساحة أكبر للتوسع المستقبلي للمؤسسة متى ظهرت الحاجة لذلك دون الاضطرار إلى تصميم نظام ترقيم جديد ومختلف كلياً. أيضا تم تمييز كل مبنى ببادئة خاصة؛ فالمستخدم الموجود بالمبنى الأول يملك بادئة 1 (أي أن رقمه: 1XXXX) والمستخدم الموجود بالمبنى الثاني يملك بادئة 2 (أي أن رقمه: XXXX2) والمستخدم الموجود بالمبنى الثالث يملك بادئة 3 (أي أن رقمه: XXXX3)، هذا من شأنه أن يساعد في عملية التتبع والتعيين الجديد. يعرض الجدول 4. الأرقام التي تم تخصيصها للمستخدمين بالكلية، بينما يظهر الشكل 4 عينة من ملفات التكوين لنظام الاتصالات.

جدول 4. تعيين الأرقام وتنظيمها حسب المبنى والإدارة

المبنى	المكتب	العنوان
المبنى الأول: الإداري والدراسي	عميد الكلية ومكتب شؤون العميد	10005-10001
	إدارة الشؤون العلمية	10009-10006
	إدارة المسجل العام	10014-10010
	إدارة شؤون أعضاء هيئة التدريس	10017-10015
	إدارة الشؤون الإدارية والخدمات	10021-10018
	إدارة الشؤون المالية	10025-10022
	مكاتب أعضاء هيئة التدريس	10099-10030
المبنى الثاني: مبنى الريادة والحاضنات والتطوير التقني	مركز الريادة والحاضنات والتطوير التقني	20003-20001
	إدارة الدراسات العليا والتعاون الفني	20007-20004
	إدارة المعلومات والتوثيق والاعلام	20011-20008
	مركز الدراسات والبحوث والاستثمارات	20014-20012
المبنى الثالث: مبنى الموارد الذاتية والتدريب	إدارة التدريب والموارد الذاتية	30008-30001

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

```
[10001]
  type=friend
  context=internal
  host=dynamic
  secret=10001
  callerid="مكتب عميد الكلية " <10001>
  mailbox=10001@default
  allow=ulaw
  allow=alaw
  allow=h264
  allow=vp8
  videosupport=yes

[10002]
  type=friend
  context=internal
  host=dynamic
  secret=10002
  callerid="مكتب شؤون العميد " <10002>
  mailbox=10002@default
  allow=ulaw
  allow=alaw
  allow=h264
  allow=vp8
  videosupport=yes
```

```
exten => 10001,1,Answer()
exten => 10001,2,Dial(SIP/10001,60)
exten => 10001,3,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 10001,4,VoiceMail(10001@main)
exten => 10001,5,Hangup()

exten => 10002,1,Answer()
exten => 10002,2,Dial(SIP/10002,60)
exten => 10002,3,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 10002,4,VoiceMail(10002@main)
exten => 10002,5,Hangup()

exten => 10003,1,Answer()
exten => 10003,2,Dial(SIP/10003,60)
exten => 10003,3,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 10003,4,VoiceMail(10003@main)
exten => 10003,5,Hangup()

exten => 10004,1,Answer()
exten => 10004,2,Dial(SIP/10004,60)
exten => 10004,3,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 10004,4,VoiceMail(10004@main)
exten => 10004,5,Hangup()
```

```
[default]
10001 => 10001,User 10001,user10001@example.com
10002 => 10002,User 10002,user10002@example.com
10003 => 10003,User 10003,user10003@example.com
10004 => 10004,User 10004,user10004@example.com
10005 => 10005,User 10005,user10005@example.com
10006 => 10006,User 10006,user10006@example.com
```

شكل 4. عينة من ملفات التكوين (SIP File، Extension File، Voice Mail File)

9. النتائج

1.9 اختبار النظام

تعتبر عملية اختبار النظام (Test Run) من أهم مراحل تصميم أنظمة الاتصالات، حيث تحدد واقعية التشغيل وتؤكد على جاهزية النظام للتشغيل النهائي، لذا تم اختبار نظام الاتصالات بسيناريوهات عمل مختلفة وذلك بإجراء اتصالات بين بعض مكاتب كل مبنى على حدا وإجراء اتصالات بين بعض مكاتب من مباني مختلفة. يعرض الشكل 5 مخرجات واجهة الأوامر النصية الخاصة بخادم Asterisk أثناء تنفيذ اتصال ناجح بين مكتبين باستخدام بروتوكول SIP، حيث يظهر في البداية تسجيل الطرفين بنجاح، ومن ثم يعرض نجاح عملية الطلب وتوجيه المكالمة 10001 وتحديد مهلة زمنية مدتها 60 ثانية قبل انهاء المحاولة. أيضا يظهر النظام معلومات الجودة وتطبيق سياسات جودة الخدمة (QoS) لتحديد أولوية مرور حزم الصوت والفيديو عبر الشبكة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

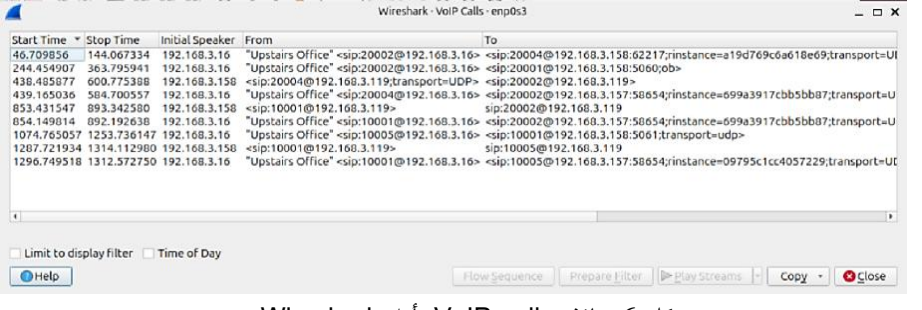
http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

```
57 sip peers [Monitored: 0 online, 0 offline Unmonitored: 2 online, 55 offline]
      Registered SIP '10001' at 192.168.3.174:5060
      Registered SIP '10006' at 192.168.3.174:56207
      Unregistered SIP '10006'
      Registered SIP '10006' at 192.168.3.174:56207
    Using SIP VIDEO CoS mark 6
    Using SIP RTP CoS mark 5
      Executing [10001@internal:1] Answer("SIP/10006-00000000", "") in new stac
k
      Executing [10001@internal:2] Dial("SIP/10006-00000000", "SIP/10001,60") i
n new stack
    Using SIP VIDEO CoS mark 6
    Using SIP RTP CoS mark 5
      Called SIP/10001
      SIP/10001-00000001 is ringing
```

شكل 5. واجهة الأوامر النصية لخادم النظام

2.9 مراقبة تدفق المكالمات وقياس فقد الحزم والتأخير

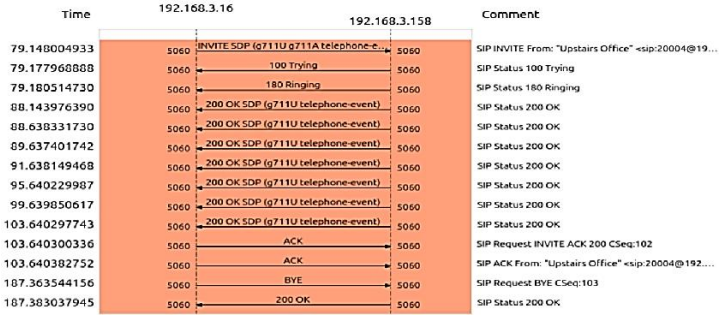
تتعرض تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت VoIP لعدة أنواع من التدهور، أبرزها فقد الحزم (Packet Loss) والتأخير الزمني (Latency) وتذبذب التأخير (Jitter) والتي تعد من المؤشرات الأساسية في تقييم جدارة أداء نظام الاتصالات وكفاءته وفاعليته [12]. تم إجراء عملية قياس لهذه المؤشرات وذلك من خلال تتبع عشر مكالمات داخل الشبكة لمدة ستين ثانية باستخدام أداة Wireshark، باعتباره أشهر أدوات تحليل الشبكات المستخدمة لتحليل حركة البيانات في الشبكة ومن خلال نافذة VoIP Calls الموضحة في الشكل 6 تبين سير المكالمات بين الجهازين. يظهر الشكل 7 تدفق سير إحدى المكالمات في بروتوكول SIP، أظهر تحليل المكالمة باستخدام Wireshark أن الاتصال بين الجهازين تم بسلاسة عبر بروتوكول SIP. بدأت المكالمة برسالة INVITE، ثم استجاب الطرف الآخر برسائل تدل على أن المكالمة قيد المعالجة وأن الهاتف يرن. بعد ذلك، وصلت رسالة 200OK لتأكيد قبول المكالمة، وتم إرسال ACK لإتمام التفاوض. بعد انتهاء المكالمة، أُرسلت رسالة BYE لإنهاء الاتصال، وتبعها رد بالتأكيد. يُظهر هذا التسلسل أن الاتصال تم بنجاح من البداية حتى النهاية، دون ظهور أي مشاكل أو فقد في الرسائل.



شكل 6. نافذة VoIP calls بأداة Wireshark

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702



شكل 7. تدفق سير المكالمة في بروتوكول SIP

تظهر النتائج المدونة بالجدول 5 تفاوتًا ملحوظًا في كل من متوسط التأخير مما يوفر مؤشرًا واضحًا على جودة أداء الشبكة ومدى ملاءمتها لخدمة الاتصالات للنظام.

جدول 5. متوسطات التأخير وفقدان الحزم لكل مكالمة

رقم المكالمة	متوسط التأخير (ms)	متوسط فقدان الحزم (%)
مكالمة 1	2.58	5.1
مكالمة 2	0	3.18
مكالمة 3	5.84	2.93
مكالمة 4	5.84	2.44
مكالمة 5	1.17	4.97
مكالمة 6	20.94	3.84
مكالمة 7	12.79	2.27
مكالمة 8	0.81	3.99
مكالمة 9	0	25.63
مكالمة 10	2.18	8.02

- **أولا: التأخير الزمني:** معظم المكالمات سجّلت تأخيرًا منخفضًا إلى معتدل (أقل من 10ms)، وهو ما يُعد مقبولًا جدًا في تطبيقات VoIP على وجه التحديد:

1) المكالمات 2،5،8،9 كانت ذات تأخير شبه معدوم (≥ 1.17 ms).
2) مكالمتان فقط تجاوزتا الحد الموصي به (150 ms) في لحظات معينة.
3) المكالمة 7: متوسط أعلى نسبيًا (12.79 ms)، مما قد يشير إلى ازدحام مؤقت بالشبكة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

- **ثانيا: فقد الحزم:** تشير نتائج فقد الحزم إلى أن معظم المكالمات كانت ضمن النطاق المقبول لخدمة نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت (≥ 5%):

1) المكالمات 4،5،6،7،8، سجلت نسب فقد متدنية (2% إلى 4.9%).

2) المكالمة 9 تمثل حالة شاذة، بمتوسط فقد مرتفع (25.63%) وهي نسبة تؤثر سلبًا على جودة الصوت وتسبب تقطعًا في المكالمة، ما يدل على خلل كبير في الاتصال أو إعدادات الشبكة في تلك الفترة.

3) المكالمة 10 كذلك تظهر نسبة فقد أعلى من المقبول (8.02%).

11. الاستنتاجات

من خلال العمل في هذه البحث:

- أثبت النظام المقترح القائم على تقنية VoIP ومنصة Asterisk كفاءته في توفير بيئة اتصال داخلي مستقرة وفعالة داخل الكلية، مع الالتزام بالإمكانيات المتاحة.
- يمكن للمؤسسة اعتماد نظام الاتصال الرقمي المقترح بديلًا عن الشبكة الداخلية التقليدية المستخدمة حاليًا، نظرًا لكون الأخيرة لا تدعم العديد من الخدمات الحديثة وتتطلب إجراءات وتكاليف مرتفعة عند التوسع. كما يمكن اعتبار النظام المقترح نموذجًا أوليًا قابلًا للتطبيق في مؤسسات تعليمية وإدارية مشابهة تسعى لتحديث بنيتها التحتية للاتصالات.
- أظهرت الاختبارات أداء مستقر عند تنفيذ المكالمات بين مختلف أقسام ومباني الكلية.
- ساهم استخدام أدوات تحليل الشبكة (مثل Wireshark) في تتبع جودة المكالمات وكشف معدلات التأخير وفقد الحزم، مما مكّن من تقييم دقيق لأداء النظام.
- معظم المكالمات سجّلت تأخيرًا منخفضًا إلى معتدل (أقل من 10ms)، وهو ما يُعد مقبولًا جدًا في تطبيقات VoIP.
- على الرغم من وجود بعض التفاوتات الطفيفة في الأداء (كما في المكالمة 9)، فإن النظام حافظ على موثوقية ولم تُسجل أخطاء في التوصيل أو إعداد الجلسات.
- تعد خطة الترقيم المستخدمة مناسبة للتوسع المستقبلي دون الحاجة لإعادة هيكلة النظام.
- يعكس نجاح هذا النموذج إمكانية تطبيق حلول اتصالات داخلية مفتوحة المصدر في بيئات تعليمية أو مؤسسية مشابهة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

12. الخلاصة

قدمت هذه الورقة تطويرًا لنظام اتصالات داخلي يعتمد على تقنية نقل الصوت عبر بروتوكول الإنترنت باستخدام مقسم رقمي، بهدف استغلال الشبكة المتاحة وتحسين كفاءة التواصل الإداري داخل الكلية. تم اختبار النظام من خلال عدة سيناريوهات، وأظهرت النتائج أداءً مقبولًا من حيث التأخير وفقد الحزم ومقارنتها بقيم معيارية مرجعية. توصي الدارسة بتوسيع تطبيق النظام ليشمل بيئات إدارية مختلفة وأيضًا ربطه بشبكات الاتصال الخارجية.

13. التوصيات

امتدادًا من هذا البحث، فإننا نوصي:

- توسيع النظام ليشمل وظائف متقدمة، كالرد الآلي والفيديو.
- التعامل مع القيم الشاذة بتحليل أسبابها مثل التزاحم أو أخطاء التكوين في الشبكة اللاسلكية.
- إجراء دراسة لتقييم جودة الصوت باستخدام نموذج معياري E-model

14. الدراسات المستقبلية

امتدادًا من هذا البحث، فإننا نوصي:

يمكن توجيه الدراسات المستقبلية نحو توسيع النظام وربط النظام المقترح بشبكات خارجية كشبكات الهاتف العامة (PSTN)، بالإضافة إلى اختبار أداء وإجراء تقييم شامل لجودة التجربة QoE عبر النموذج القياسي E-model

15. المراجع

[1] W. Tuleun, "Design of an asterisk-based VoIP system and the implementation of security solution across the VoIP network", WJARR, 875-906 ,23(01), 2024.

[2] H. Jagtap, D. Gahan, "Design and Implementation of IP-PBX Server using Asterisk", IJSETR, Vol.04, Issue.17, June 2015.

[3] Mohammad M. Rahman, Nafish S. Islam, "VoIP Implementation Using Asterisk PBX", IOSR-JBM, 2319-7668, Vol. 15, Issue: 6, Jan 2014.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/mhmr2702

[4] Serhii O. Pryimak, S. O. Kravchuk, "VOIP System with high availability", Information and telecommunication sciences, Vol.16, Num. 1, January 2025.
[5] M. Kishore, D. Lavanya, K. Dennypaul, G. Bhavani, S. Manikanteswarao, "A Comprehensive Review of VOIP Technologies and Performance Metrics", Journal of Electrical Systems 20-3, 2024.
[6] R. Bryant, L. Madsen, J. Van Meggenlen, "Asterisk: The Definitive Guide", O'Reilly, 4th Edition, May 2013.
[7] Titi Jude, "Latency and Jitter Analysis in Asterisk VoIP Deployments", Research gate [Online], July 2024.
[8] R. Dantu, S. Fahmy, H. Schulzrinne, J. Cangussu, "Issues and challenges in securing VoIP", International Journal of Computer & Security, Volume 28, 2009.
[9] M. Habib, N. Bulusu, "Improving QoS of VoIP over WLAN (IQ-VM)", Project Research Paper CS522, University of Colorado at Colorado Spring, December 2002.
[10] U. Alo, N. Friday, "Voice over Internet Protocol (VOIP): Overview, Direction And Challenges", Journal of Information Engineering and Application, Vol. 3, No. 4, 2013
[11] maps.google.com
[12] H. Assem, D. Malone, J. Dunne, P.O'Sullivan "Monitoring VoIP call quality using improved simplified E-model", International Conference on Computing Networking and Communications (ICNC), January 2013

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية