مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

تحليل شجرة الخطأ في منظومة اتصالات رقمية حديثة باستخدام الشبكات العصبونية

الدكتور نديم شاهين*

كمال حميد**

(تاريخ الإيداع 21 / 8 / 2016. قُبِل للنشر في 30/ 1 / 2017)

□ ملخّص □

لقد أصبحت الاتصالات اللاسلكية الوسيلة الأكثر انتشاراً لانتقال المعلومات وتعتبر السرعة والوثوقية في نقل المعلومة من أهم المتطلبات في أنظمة الاتصالات بشكل عام.إضافة إلى ذلكتعتبر الجودة والموثوقية في أي نظام المعيار الأهم لتحديد كفاءة هذا النظام على أداء الوظيفة المصمم من أجلها ومقدرته على الأداء المرضي لفترة زمنية معينة، لذلك نحتاج إلى تحليل شجرة الخطأ في هذه الأنظمة لتحديد كيفية كشف خطأ أو خلل عند حدوثه في نظام الاتصال وماهي الاحتمالات التي تؤدي لحدوثه.

يتطرق هذا البحث إلى دراسة مكونات منظومة تيترا والخدمات التي تقدمها، ودراسة الطبقة الفيزيائية نظرياً وعملياً، إضافة إلى دراسة تحليل شجرة الخطأ في هذه المنظومة، والاستفادة لاحقاً من هذه الدراسة في تصميم نظام خبير يعتمد على الشبكات العصبونية لاستخراج شجرة الخطأ في أنظمة الاتصالات الرقمية الحديثة لما لهذه الشجرة من أهمية كبيرة في استكشاف واقتراح حلول لحالات فشل أنظمة الاتصالات المدنية والعسكرية على حد سواء. تمت عملية المحاكاة والاختبار باستخدام برنامج الماتلاب، تم الاعتماد على ملفات تحوي معلومات عامة عن أداء المنظومة إضافة إلى دراسة من أرض الواقع للمشاكل التي يتعرض لها المستثمر حيث أظهرت نتائج المحاكاة أن شجرة الخطأ التي تم بناؤها قادرة على كشف عمل النظام بنسبة 82%.

الكلمات المفتاحية:تحليل شجرة الخطأ، تيترا، النظم الخبيرة، الشبكات العصبونية، ماتلاب.

أجريت القياسات في محطة ابن النفيس– 2015 م

* أستاذ في قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة دمشق–دمشق–سورية

** طالب دكتوراه في قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة دمشق–دمشق–سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

Fault Tree Analysis for a Modern Communication System using Neural Networks

Dr. Nadim Chahine*
Kamal Hamid**

(Received 21 / 8 / 2016. Accepted 30 / 1 / 2017)

□ ABSTRACT □

Wireless communications became one of the most widespread means for transferring information. Speed and reliability in transferring the piece of information are considered one of the most important requirements in communication systems in general. Moreover, Quality and reliability in any system are considered the most important criterion of the efficiency of this system in doing the task it is designed to do and its ability for satisfactory performance for a certain period of time. Therefore, we need fault tree analysis for these systems in order to determine how to detect an error or defect when happening in communication system and to measure the possibilities for this error to happen.

This research deals with studying TETRA system components and the services it provides. It alsosimulates the physical layer, as well as itpresents fault tree extraction for this systemusing neural networks, because of the great importance of this tree in detecting and suggesting solutions when the system fails. A simulation and tests have been done using MATLAB. The simulation and results are based on files which were recorded during different scenarios.The simulation results have shown that the built fault tree is able to failure of the system by 82%.

Keywords: Fault Tree Analysis, TETRA, Expert System, Neural Networks, Matlab. Measurements were done in Ibn al-Nafis station– 2015

***Professor, Department Of Electronics and Communications Engineering, Faculty Of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus Un, Damascus, Syria.**
****Postgraduate student, Department Of Electronics and Communications Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus Un, Damascus, Syria.**

مقدمة:

يعتبر استخرج شجرة الخطأ وتحليلها لأي منظومة عاملاً مهماً ورئيسياً في تقييم أداء هذه المنظومة ومعرفة متوسط عمر عمل المنظومة ومعدل الأخطاء التي تحدث. تعتبر هذه العملية بحث منطقي ومنظّم عن مصدر المشكلة كي يتسنى حلها، ومن ثم التمكُّن من تشغيل النظام أو العملية مرة أخرى. وثمة حاجة لعملية استكشاف الأخطاء وإصلاحها لتطوير وصيانة الأنظمة المعقدة التي قد يكون لأعراض مشكلة ما العديد من الأسباب المحتملة. وتُستخدم عملية استكشاف الأخطاء وإصلاحها في العديد من المجالات مثل الهندسة التطبيقية وإدارة الأنظمة والإلكترونيات وإصلاح السيارات والطب التشخيصي . تتطلب عملية استكشاف الأخطاء وإصلاحها تحديد الأعطال أو الأعراض في النظام. وبناء عليه، يشيع استخدام التجربة لإنشاء الأسباب المحتملة للأعراض. فتحديد السبب المحتمل للعطل يمثل في الغالب عملية استبعاد الأسباب المحتملة للمشكلة. وفي نهاية المطاف، تتطلب عملية استكشاف الأخطاء وإصلاحها التحقق من أن الحل سيعيد النظام إلى حالة عمله أو العملية إلى حالة عملها.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة مكونات منظومة تيترا والخدمات التي تقدمها، ودراسة الطبقة الفيزيائية نظرياً وعملياً، إضافة إلى دراسة تحليل شجرة الخطأ في هذه المنظومة، والاستفادة لاحقاً من هذه الدراسة في تصميم نظام خبير يعتمد على الشبكات العصبونية لاستخراج شجرة الخطأ في أنظمة الاتصالات الرقمية الحديثة لما لهذه الشجرة من أهمية كبيرة في استكشاف واقتراح حلول لحالات فشل أنظمة الاتصالات المدنية والعسكرية على حد سواء.

طرائق البحث ومواده:

1 - نظام الاتصالات الأرضي التشاركي Terrestrial Trunked Radio (TETRA):

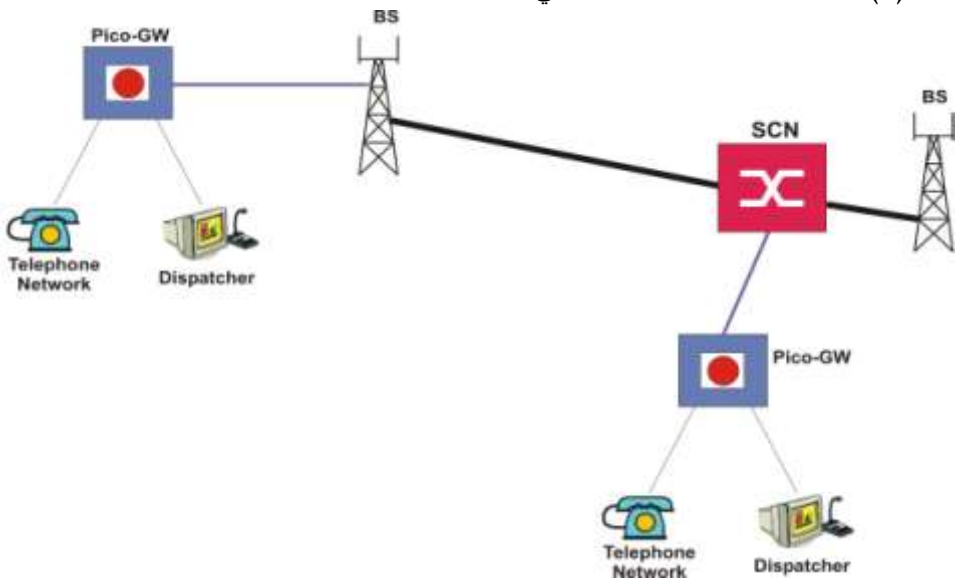
TETRA هي اختصار لـ Terrestrial Trunked Radioوالذي يعني نظام الاتصالات الأرضي التشاركي، وهو عبارة عن نظام اتصالات لاسلكي رقمي ذو مقاييس مفتوحة (Open Standard) تم اعتماده من قبل الهيئة الأوروبية لمقاييس الاتصالات European Telecommunication Standard Institute (ETSI) ليلائم معظم متطلبات مستخدمي أنظمة الاتصالات الراديوية اللاسلكية.

تخدم منظومة TETRA شبكات اللاسلكي المتنقل الخاصة digital Private Mobile Radio (PMR) وشبكات اللاسلكي المتنقل العامة Public Access Mobile Radio (PAMR)وبذلك فهي تخدم أكثر من مجال مختلف مثل الشرطة،الإسعاف، رجال الإطفاء،المرور، رجال الأمن، القوات المسلحة، الخدمات العامة، خدمات النقل،الشبكات الخاصة بالأفراد،المصانع، المناجم، الخ.

تتميز منظومة TETRAبسرعة إعداد المكالمات،وتوفير الاحتياجات الهامة لمجموعات من المستخدمين،وقابلية الاتصال المباشر بين الأجهزة،وتقدم استخدام أمثل للترددات،وتعمل بدرجة عالية من الأمان، وتتميز عن الشبكات الأخرى بقدرتها على إلغاء تأثير الضجيج مما يجعل الصوت مسموع بوضوح حتى في الاماكن المعروفة بزيادة نسبة الضجيج فيها مثل المطارات ومواقع البناء [1]. تقدم الفقرة التالية لمكونات المنظومة قبل البدء باستخراج شجرة الخطأ للمنظومة بهدف التعريف الكامل بالمنظومة.

2 - مكونات النظام:

يبين الشكل (1) مكونات منظومة TETRA والتي تتألف من:



الشكل (1): مكونات منظومة TETRA

2-1 المقسم وعقدة التحكم المركزي Switching and Control Node (SCN):

يعد هذا العنصر المقسم المركزي لإدارة قواعد بيانات الشبكة وواجهة التخاطب للنظام.تعتبر واجهة التخاطب للربط ما بين المحطات القاعدية ووحدة القيادة والتحكم dispatcherوالمقاسم الأخرى الموجودة في الشبكة والمسجل الرقمي في نظام إدارة الشبكة NMS. كما يعتبر المقسم هو النواة المركزية للشبكة كما يملك منفذ لبوابات العبور[2].

2-2 المحطة القاعدية Base Station (BS):

إن المحطة القاعدية هي المسؤولة عن التغطية الجغرافية بالأمواج الراديوية لمنطقة ما والتي تسمى بالخلية، كما تقوم بتزويد واجهة تخاطب راديوية في الهواء لوحدة القيادة والتحكم Dispatcher والأجهزة المحمولة من قبل الأشخاص وفي العربات المتنقلة.

يتم التحكم بالمحطة القاعدية من قبل المقسم المركزي SCN بشكل مباشر، يتم توصيل (Dispatcher،PABX، PSTN،ISDN) إلى المحطة القاعدية عن طريق واجهة تخاطب محلية موجودة في المحطة. كل محطة قاعدة تقوم بدعم 8 حوامل للترددات وكل حامل يحتوي على أربع أقنية زمنية. أما بالنسبة للهوائيات فإن الوصلات تكون ملائمة حسب طلب المستثمر للشبكة [2].

2-3 بوابة العبور Pico-GW:

تقوم بوابة العبور بتأمين الواجهة والمواءمة بين الشبكة والشبكات الأخرى مثل شبكات الهاتف الخارجية وأنظمة الراديو التماثلية الموجودة في الوقت الحاضر والتي ستكون في المستقبل وتعتمد بوابات العبور على مقاييس الـ (Hardware/Software) ذات المرونة العالية لإمكانية التحديث وربط بروتوكولات مختلفة [2].

2-4 وحدة القيادة والتحكم Dispatcher:

إن وحدة القيادة والتحكم هي محطة ثابتة متصلة بالمقسم SCN بواسطة موائم E1، يتم استخدامه من قبل مشغل الـ Dispatcher المعرف كمستخدم تيترا حيث يستطيع الوصول إلى خدمات تيترا عن طريق واجهة المستخدم الحاسوبية Graphic User Interface (GUI) مثل الخدمات الهاتفية الأساسية (مكالمات صوتية، رسائل SDS

وأولوية المكالمة) والخدمات الهاتفية المتقدمة، غير المناسبة لمستخدمي الراديو (مكالمة ambience listening، مكالمة مسموحة من قبل الـ Dispatcher)، بالإضافة إلى إدارة ومراقبة المشتركين [2].

2-5 غرفة الأوامر والتحكم Command & Control Room (C&CR):

غرفة الأوامر والتحكم (C&CR) هي عبارة عن نظام تحويل وتجميع رقمي متكامل، يتم توظيفها في التوزيع متعدد المهام لمكالمات الصوت والبيانات المتكاملة المتقدمة[2].

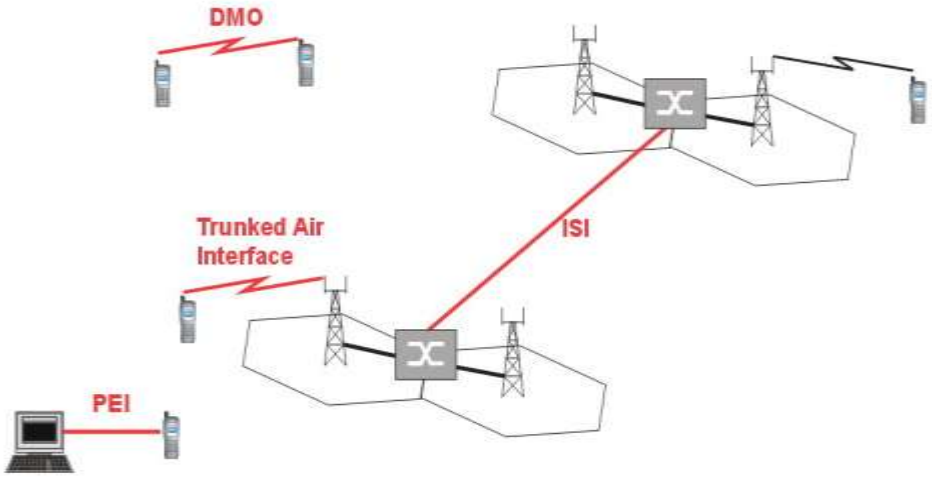
2-6 المسجل TETRA Voice Recorder:

وحدة التسجيل في تيترا (RU) هي عنصر الشبكة الذي يؤمن وظائف تسجيل المكالمات الصوتية ضمن الشبكة، يتم ضبط سماحيات تسجيل المكالمات للأفراد والمجموعات (منحها أو حجبها) في ملفاتهم ضمن سجل HLR.

تسجل المكالمات مباشرة بصيغة ترميز تيترا وتخزن في قاعدة بيانات المسجّل حيث تسمح مجموعة من محطات الإعادة للمشغلين بتصفّح المكالمات المخزنة والاستماع لها[2].

3 الطبقة الفيزيائية:

خصصت تيترا مجموعة من الموائمات القياسية لتأمين وتحقيق خدمة لمختلف أنواع العملاء (خدمات مدنية وأمنية وغيرها) كما هو مبين في الشكل (2)



الشكل (2): الموائمات القياسية لمنظومة TETRA

3-1 الواجهة الراديوية التشاركية Trunked Air Interface (TAI):

هي الواجهة الراديوية المعرفة من قبل معهد مقاييس الاتصالات الأوروبي بين الطرفيات والبنية التحتية للربط والإدارة في الشبكة Switching and Management Infrastructure (SwMI) وهي تسمح الواجهة الراديوية بنمطي عمل يتم التنقل بينهما يدويا وهما:

3-1-1 نمط العمل المباشر Direct Mode Operation (DMO):

لا يستخدم نمط العمل المباشر البنية التحتية لمنظومة تترا، وإنما يتم الاتصال بشكل مباشر بين مستخدمين اثنين، وعادة تتم هذه العملية عندما لا توجد تغطية كافية من المنظومة ولتحقيق هذا الاتصال يجب ان تكون كلا الطرفيتين ضمن تغطية الطرفية الأخرى.

يكون الاتصال في هذا النمط هو اتصال وحيد الاتجاه Simplex وتستخدم الطرفية نفس الحامل في عمليتي الارسال والاستقبال. يمكن في بعض الحالات الضرورية لتأسيس الاتصال المباشر بين طرفيتين ولم تكن كل منهما

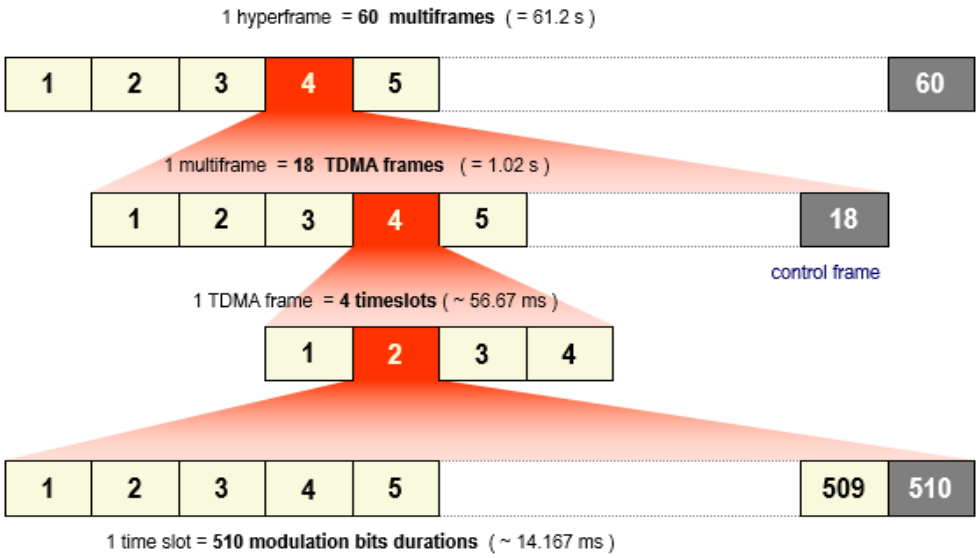
ضمن تغطية الأخرى، الاستفادة من مكرر الإشارة Repeater، يعمل المكرر بشكل رئيسي على زيادة نطاق التغطية لكل طرفية لكن يجب ان تكون كلا الطرفيتين ضمن نطاق تغطية مكرر الإشارة. يشار إلى أن المكرر هو عبارة عن طرفية تمت برمجتها لتعمل كمكرر [3].

3-1-2 نمط العمل التشاركي Trunked Mode Operation (TMO):

تستخدم الطرفية في نمط العمل التشاركي البنية التحتية للمنظومة ويتم إدارة عمل الطرفية بشكل كامل من قبل المقسم الذي يعتبر قلب الشبكة والمسؤول عن إدارتها. لتتمكن طرفية من الاستفادة من البنية التحتية للشبكة يجب ان تقوم بعملية التسجيل عند كل تشغيل لها، كما يتم طلب التسجيل من المقسم عندما تغير الطرفية المكان المخصص لها Location Area (LA). يتم تعريف المكان المخصص لكل طرفية على أنه مجموعة من خلية أو أكثر من خلايا الشبكة، وتمتاز هذه الخلايا بأن الخلية تستطيع التنقل ضمنها دون الحاجة لإعلام إدارة الشبكة بهذه التنقلات [3].

3-2 التوزيع الزمني Time Division Multiple Access (TDMA):

تستخدم TETRA تقنية TDMA حيث تؤمن 4 قنوات للمستخدمين باستخدام حامل ترددي واحد كما هو مبين في الشكل(3)، إن عرض المجال الترددي لكل حامل هو 25 KHz وهذا يعني فعالية في استخدام المجال الترددي، حيث أن المجال الترددي المستخدم هو 380-400 MHz، لذلك فإن المجال الترددي 380-390 MHz يستخدم للوصلة الصاعدة و 390-400 MHz يستخدم للوصلة الهابطة. إن المسافة الترددية للـ duplexer هي 10 MHz لذلك فإن الفارق الترددي بين تردد الإرسال والاستقبال هو 10 MHz (توصيات معهد المعايير الأوروبية للاتصالات). إن تحليل التوزيع الترددي معتمد على إعادة استخدام النمط السداسي [3]. بما أن النظام يجب أن يدعم كلا النمطين الـ DMO والـ TMO فإن حزمة التوضع لكل نمط هي 4.5 MHz لكلا الوصلتين الصاعدة والهابطة وإضافة 0.5 MHz لدعم 20 قناة DMO لكلا الوصلتين. يمكن اختيار ترددات التشغيل لنمط الـ DMO من كلا مجالي التردد 380-385 MHz و 390-395 MHz.

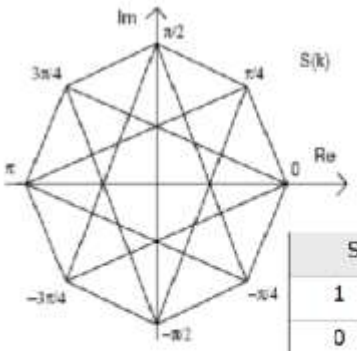


الشكل (3): بنية إطار TDMA

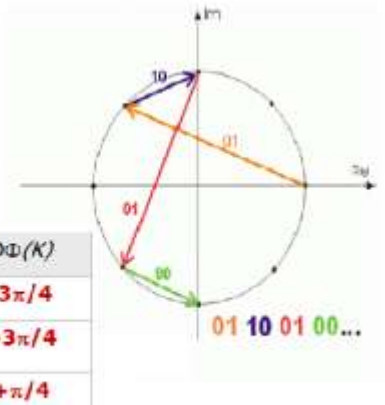
3-3 التعديل:

إن تقنية التعديل المستخدمة في منظومة تيترا هي π/4-DQPSK أي التعديل بإقفال الطور الرباعي التفاضلي مع إزاحة في الطور بمقدار π/4 كما هو مبين في الشكل (4)

تعتمد هذه التقنية على مبدأ إزاحة الطور $D\Phi(k)$ للرمز السابق $S(K-1)$للحصول على الرمز المعني بالتضمين $S(k)$، وذلك بقيمة مضاعفة للمقدار $\pi/4$



S(k) value		$D\Phi(K)$
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$+3\pi/4$
0	0	$+\pi/4$
1	0	$-\pi/4$



الشكل (4):تقنية التعديلDQPSK–π/4

4 خدمات المنظومة:

تتعلق الخدمات المتاحة للطرفية اللاسلكية بنمط العمل المناط لها [2]، حيث تقدم المنظومة في نمط العمل التشاركي مجموعة من الخدمات التالية:

4–1 أولوية المكالمة Call Priority:

تقدم منظومة تترا خدمة رتل المكالمات Call Queuing والتي تسمح في حال كون جميع قنوات الاتصال في خلية ما مستخدمة ومشغولة فلن يتم اهمال طلب اتصال جديد وإنما يتم إدخال هذا الطلب في رتل انتظار قناة اتصال شاغرة. يتم تصفيف طلبات الاتصال بحسب مستوى الأولوية، عادة يتم تحديد مستوى الأولوية من قبل المتصل، مستويات الأولوية مرتبة من 1 إلى 11، أما في حال كون الطلبات ذات مستوى أولوية واحد يتم ترتيبها بحسب المعيار FIFO. توجد بالإضافة إلى مستويات الأولوية السابقة أربع مستويات pre–emptive وهي من 12 إلى 14 في حين أن المستوى 15 هو مستوى مكالمة طوارئ.

تقوم المنظومة في حال ورود طلب اتصال من مستوى pre–emptive بإنهاء مكالمة جارية وذلك لتخصيص قناة لطلب الاتصال، كما يتم إجبار الطرف متلقي المكالمة على إنهاء المكالمات التي يستخدمها لتنفيذ مكالمة مستوى pre–emptive.

4–2 الاتصال الفردي Point to Point:

وهو اتصال مباشر بين مستخدمين يعرفان بالطرف المتصل والطرف متلقي الاتصال، يمكن أن يكون أحد أو كلا طرفي الاتصال إما طرفية متنقلة أو وحدات قيادة وتحكم أو مستخدمي اتصال هاتفي.

في الحالة الخاصة التي تكون مكالمة بين مشترك تيترا ومشترك الهاتف فإن المكالمة تتم بخطوتين هما اتصال تيترا بين طرفية تيترا Mobile Station (MS) ومخدم بوابة العبور GW Server، واتصال هاتفي بين مخدم بوابة العبور والمشترك الخارجي.

4–3 الاتصال الجماعي Group Call:

هو اتصال من نقطة إلى مجموعة نقط أي من مشترك فردي إلى عنوان مجموعة. تقسم المجموعات إلى نوعين هما:

- **المجموعة الثابتة Static:** تكون عناصر المجموعة معرفة في كل من الطرفيات وسجل HLR، ولإضافة عنصر جديد إلى المجموعة يجب إعادة برمجية جميع طرفيات هذه المجموعة وحذف عنصر من المجموعة عن طريق حذف سجله من سجل HLR يبقي على وجوده في جميع طرفيات المجموعة.
- **المجموعة الديناميكية Dynamic:** يتم تعريف هذه المجموعات في سجل HLR دون الحاجة إلى تخزينها في الطرفيات. تقوم المنظومة بإعلام الطرفيات عن كل عملية إضافة وحذف وتخزن كل طرفية بشكل مؤقت معرّف المجموعة.

4-4 دمج المجموعات Group Patching:

دمج المجموعات هي خدمة إضافية تسمح لمشغل Dispatcher بدمج مجموعتين معرفتين أو أكثر بشكل مؤقت. إن دمج مجموعتين أو أكثر يتطلب تعديل ملفاتهم في قاعدة بيانات المشتركين.

4-5 التنصت للمحيط Ambience Listening:

هي ميزة يعطيها مدير الشبكة إلى طرفية لاسلكية بحيث تكون في حالة اتصال صوتي فردي من نوع خاص بحيث ترسل الطرفية بدون أي تدخل من المتصل أو معرفة وإدراك المتلقي، تكون هذه الخدمة متاحة فقط في حال كون الطرفية شاغرة.

4-6 التنصت Discrete Listening:

تسمح هذه الخدمة بإعطاء طرفية ما الحق في سماع مكالمة فردية أو جماعية دون علم أطراف الاتصال بأنه تتم مراقبتهم.

4-7 خدمة الرسائل القصيرة Short Data Services (SDS):

تسمح هذه الخدمة بإرسال واستقبال رسائل نصية قصيرة ويمكن ارسال هذه الرسالة إلى مشترك واحد فقط أو إلى مجموعة طرفيات. يتم ارسال هذه الرسائل عبر طريقين:

- قناة التحكم للخلية إذا كانت الطرفية المرسلة أو المستقبلة في الوضع غير النشط Idle
- قناة الاتصال المخصصة في حال كانت الطرفية المرسلة أو المستقبلة متداخلة في مكالمة

تم تحديد طول الرسالة بـ 140 حرف.

4-8 تخزين وتحويل الرسائل SDS Store & Forward:

عندما تستقبل إدارة الشبكة رسالة مرسلة لطرف غير قادرة للوصول إليه تقوم بتحويلها بشكل آلي إلى SVCالذي يقوم بتجميع الرسائل المستقبلة وتخزينها ومن ثم محاولة إيصالها للأطراف المعنية.

5 الأخطاء الموجودة في المنظومة قيد الدراسة:

تم إجراء دراسة ميدانية بإشراف الهيئة العامة لمنظومة الاتصالات اللاسلكية السورية المشغل للمنظومة قيد الدراسة، شملت الدراسة زيارات في فترات زمنية مختلفة إلى المحطات الموزعة في مدينة دمشق وتركزت في محطة ابن النفيس، كما تم الاطلاع على المشاكل التي تعاني منها المنظومة من قبل المهندسين المشرفين على تشغيلها وتم تلخيصها بما يلي (دون الإشارة إلى الأخطاء البشرية الناتجة عن قلة التدريب):

5-1 خارج التغطية Number Unreachable:

يحدث في بعض الأحيان ان توجد طرفية مسجلة في الشبكة ولكن عندما تحاول طلب اتصال تظهر عليها رسالة بأنها خارج التغطية.

5-2 إيقاف المكالمة Dropped Call:

تحدث هذه المشكلة عندما يتم ايقاف المكالمة قبل إنهاء المحادثة دون ان يقوم أحد طرفي المكالمة بإيقاف المكالمة.

5-3 غياب الصوت No Voice:

في هذه الحالة لا يستطيع الطرف المتصل من سماع الطرف المتصل به في حين أن الأخير يستطيع سماع الطرف المتصل أو قد لا يستطيع كلا طرفي المكالمة سماع الطرف الآخر

5-4 الرقم المطلوب مشغول Called Busy:

تطلب أحد الطرفيات إنشاء اتصال بطرفية أخرى ولكن لا يتم تنفيذ طلب هذا الاتصال وتعطي المنظومة ان الطرفية الثانية مشغولة في حين أنها تكون شاغرة.

تم التأكد من هذه الأخطاء عملياً بالتنسيق مع الهيئة حيث تم استخدام طرفية ووضعها ضمن الظروف التي تحدث فيها الأخطاء السابقة الذكر. أثناء إجراء الاختبارات السابقة تم الطلب بتسجيل كافة المعلومات المتعلقة بالاتصال وحالة الاتصال ناجح ام فاشل. يبين الجدول (1) طبيعة البيانات المطلوب تخزينها.

الجدول (1): طبيعة البيانات المطلوب تخزينها

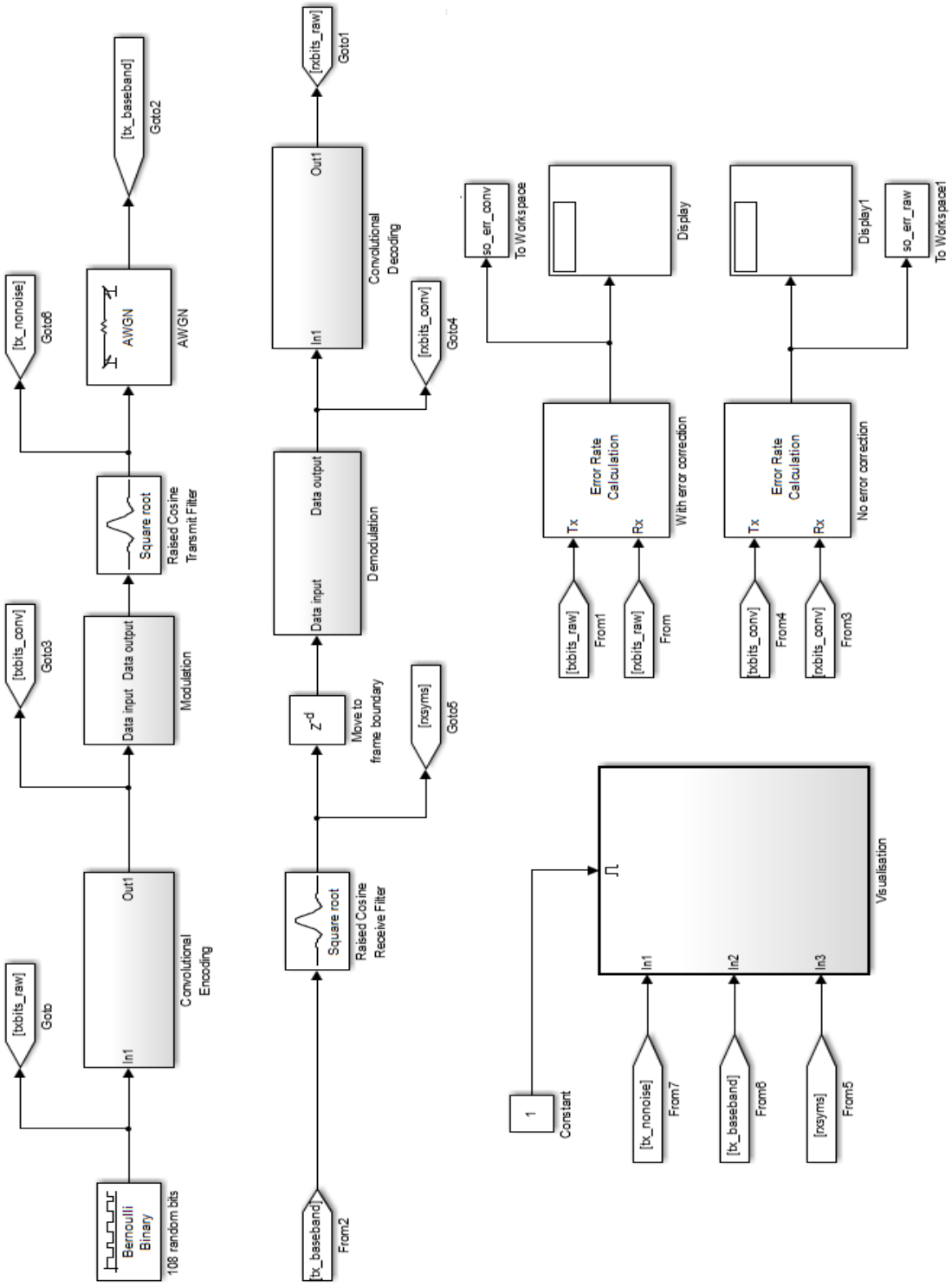
اسم الخاصة	القيم
مدة الاتصال	رقم عشري مقدرا بالثواني
البروتوكول المستخدم	اسم البروتوكول (قيمة نصية)
الخدمة المطلوبة	اسم الخدمة (قيمة نصية)
عدد البايتات المرسلة من الجهاز المحمول	رقم عشري
عدد البايتات المرسلة من المحطة	رقم عشري
أهمية الاتصال	القيمة (0) هام وإلا تكون القيمة (1)
عدد مرات تسجيل الدخول الفاشلة إلى الشبكة	رقم عشري
هل تم تسجيل الدخول	القيمة (0) تم التسجيل وإلا القيمة (1)
معدل الخطأ	رقم حقيقي موجب

تم أولاً إجراء محاكاة لقناة الاتصال الفيزيائية للمنظومة قيد الدراسة بواسطة الماتلاب لتقييم أداء المنظومة وبعد ذلك تم استخدام المعلومات التي تم تسجيلها اثناء الاختبارات لتحليل الأخطاء.

النتائج والمناقشة:

1 - محاكاة القناة الفيزيائية للمنظومة:

يبين الشكل (5) نموذج محاكاة المنظومة التي تم تنفيذها بواسطة الماتلاب حيث يتم شرح المكونات في الفقرة التالية.



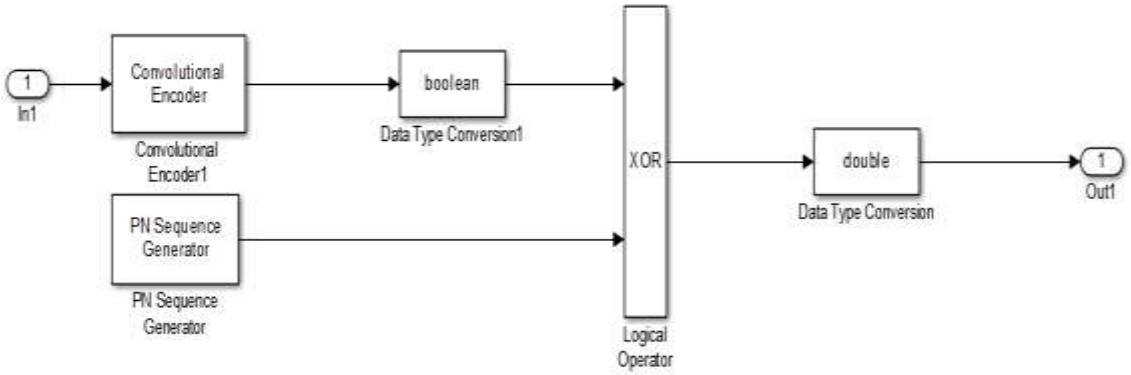
الشكل (5): نموذج المحاكاة للطبقة الفيزيائية لمنظومة TETRA

2 شرح مكونات المحاكاة:

2-1 المرسل:

يتكون المرسل من الكتل التالية على الترتيب كما هو مبين بالشكل (5).

- ترميز كشف الخطأ وتصحيحه والنثر: تعتمد منظومة تترا على المرمز الانطوائي لكشف الأخطاء وتصحيحها. يبين الشكل (6) بنية المرمز المستخدم وفق منظومة تترا.



الشكل (6): مرمز كشف الخطأ وتصحيحه

كما تعتمد في عملية نثر الطيف على النثر باستخدام السلاسل المباشرة. تنفذ الكتلة Convolutional Encoder1 عملية الترميز في حين تولد الكتلة PN Sequence Generator سلسلة شبه عشوائية، بعد ذلك يتم ضرب خرج المرمز بخرج السلسلة لتنفيذ عملية النثر.

- **التعديل:** تنفذ هذه الكتلة عملية تشكيل الإطار ومن ثم تنفذ التعديل. تتضمن عملية تشكيل الإطار ما يلي:

سلسلة التدريب الأولى: عبارة عن سلسلة ثابتة تستخدم لتأمين التزامن بين مولدي السلاسل شبه العشوائية في المرسل والمستقبل، هذه السلسلة هي 4 بتات وهي: 1,1,0,0.

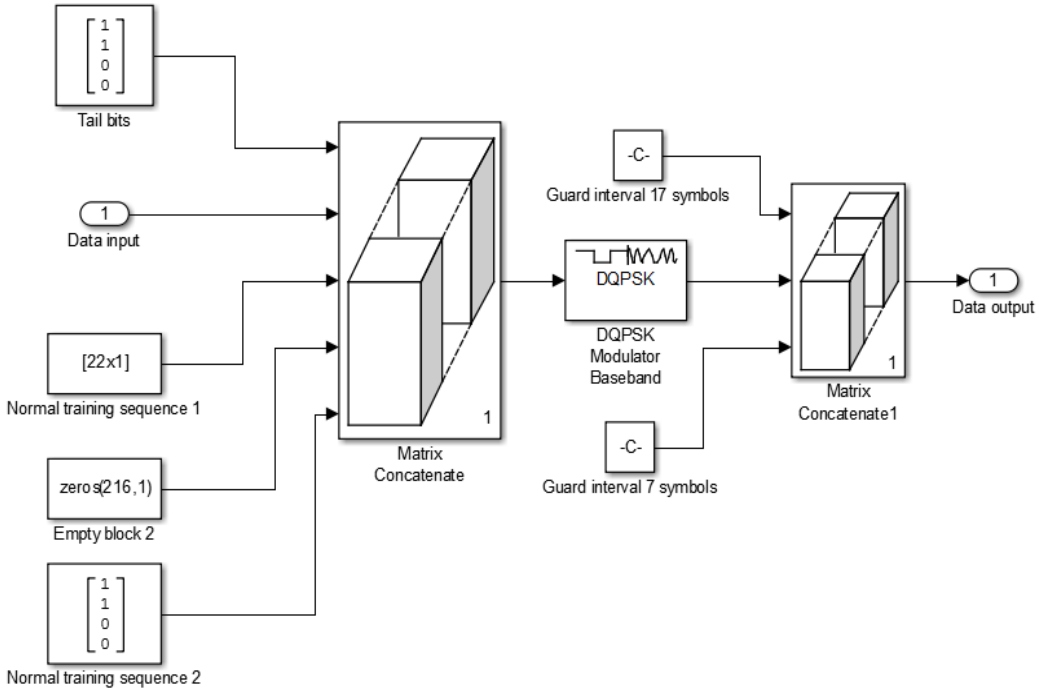
إضافة 216 سلسلة من الأصفار

سلسلة التدريب الثانية وهي عبارة عن 22 بت. تكمل عمل سلسلة التدريب الأولى

بتات المعلومات بطول 216 بت

سلسلة النهاية مشابهة لسلسلة البداية

يتم بعد ذلك تنفيذ التعديل DQPSK ومن ثم يتم إضافة مجالات الحماية GuardInterval بطول 24 رمز. يبين الشكل (7) مكونات كتلة التعديل.



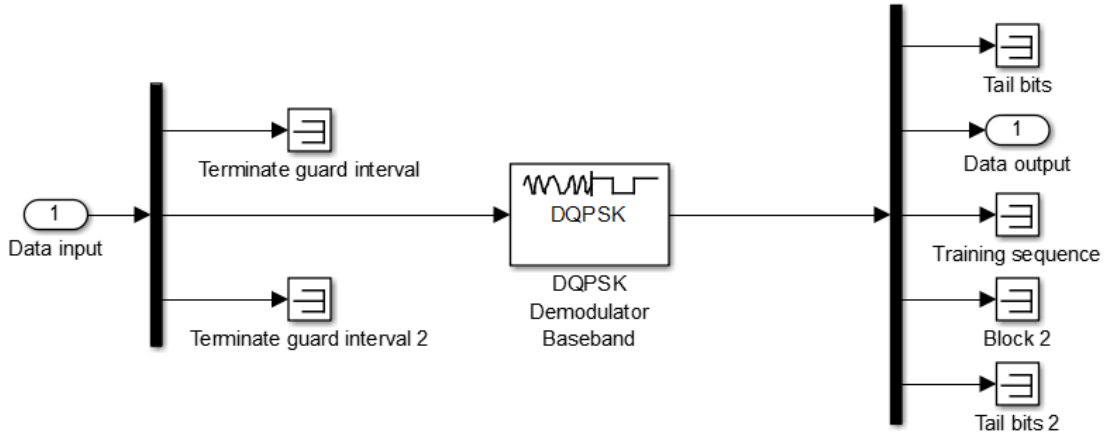
الشكل (7):تشكيل الإطار وتعديله

- **تشكيل النبضة Pulse Shaping:** تعتمد منظومة تترا تشكيل النبضة للتغلب على مشاكل القناة ذات الذاكرة والتي تنتج عنها ظاهرة تداخل الرموز Inter Symbol Interference (ISI). تعتمد على مشكل النبضة جذر التجيب المرفوع.

2-2 المستقبل:

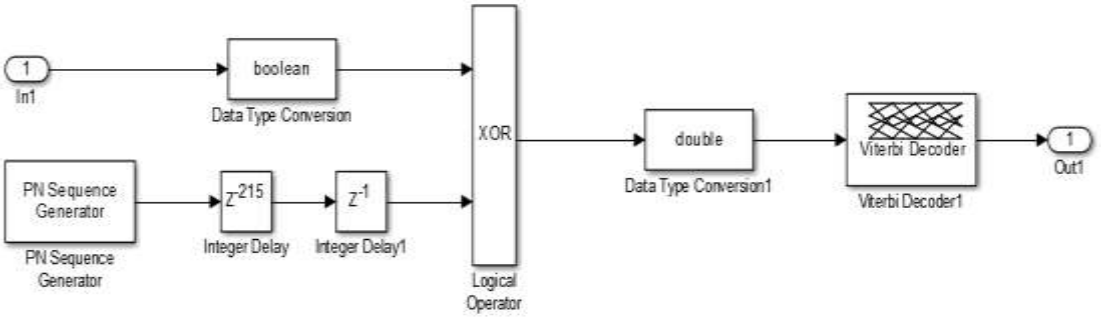
تتم عملية الاستقبال بشكل معاكس لعملية الاستقبال كما يلي:

- **فك تشكيل النبضة:** تتم باستخدام مشكل نبضة جذر التجيب المرفوع
- **فك التعديل:** يتم في هذه الكتلة حذف مجالات الحماية التي تم اضافتها في المرسل ومن ثم فك التعديل باستخدام مفكك تعديل DQPSK وأخيرا استخلاص المعلومات من الإطار الناتج بعد فك التعديل. يبين الشكل (8) مخطط كتلة فك التعديل.



الشكل (8):مفكك التعديل وتفكيك الإطار

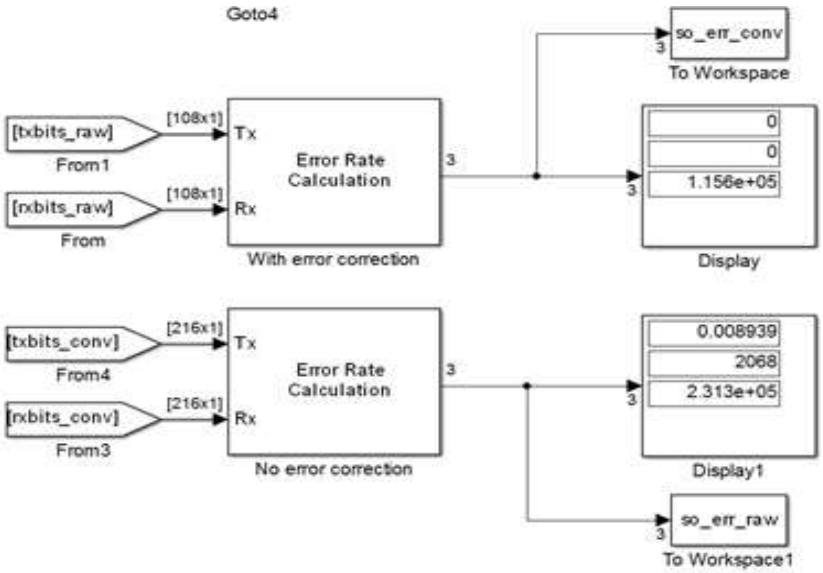
● **فك الترميز:** يتم في هذه الكتلة فك عملية النثر بتوليد سلسلة عشوائية مطابقة لتلك التي تم توليدها في المرسل ومن ثم ضرب إطار المعلومات المستخرج بهذه السلسلة وأخيرا يتم فك الترميز باستخدام مفكك ترميز فيتربي. يبين الشكل (9) مخطط فك الترميز.



الشكل (9):مفكك ترميز كشف الخطأ

3 نتائج محاكاة قناة الاتصال الفيزيائية للمنظومة قيد الدراسة:

تم تنفيذ المحاكاة للمنظومة في حالة قناة ضجيج أبيض غوصي جمعي بنسبة إشارة للضجيج تساوي 20 dBحيث تم اعتماد هذه القيمة نتيجة القياسات التي تم تنفيذها سابقاً من قبل الهيئة والتي تعبر عن حالة عمل جيدة للمنظومة. يبين الشكل (10) معدل الخطأ قبل وبعد استخدام مرمز كشف الخطأ وتصحيحه. تم تقييم الأداء بتوليد سلسلة شبه عشوائية من البتات ذات التوزيع المنتظم Uniform ومحاكاة ارسالها في المنظومة ومن ثم بالمقارنة بين البتات المولدة وتلك المستقبلة يمكن حساب معدل الخطأ بالبت Bit Error Rate (BER).

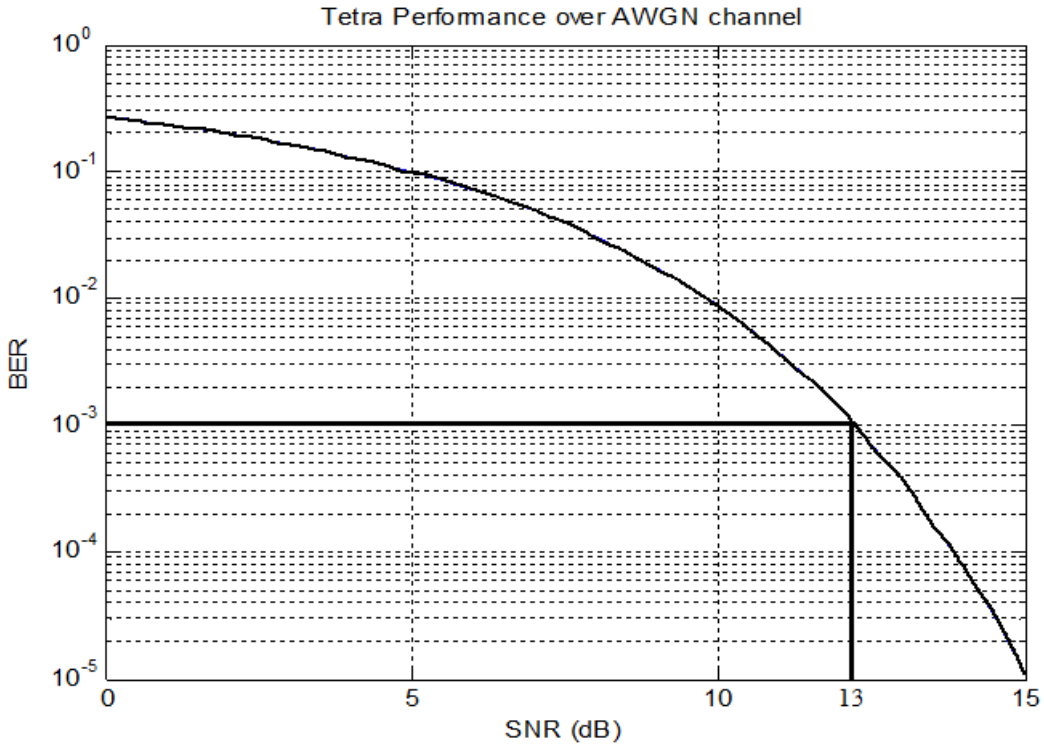


الشكل (10):معدل الخطأ

يتبين من الشكل (10) أن معدل الخطأ للمنظومة في حالة نسبة إشارة للضجيج تساوي 20 dB مع استخدام ترميز كشف الخطأ وتصحيحه يساوي الصفر في حين أنه بدون استخدام المرمز يكون تقريباً $9X10^{-3}$.

يبين الشكل (11) منحني أداء منظومة تترا في حالة قناة الضجيج الأبيض الغوصي الجمعي، حيث يتبين أنه لتحقيق نقل الصوت والذي يتحقق عند معدل خطأ أصغر أو يساوي 10^{-3}(قيمة معدل الخطأ هذه تحقق نقل مقبول لإشارة الصوت وهي مستخدمة في كافة أنظمة نقل الصوت) فإن المنظومة تحتاج لنسبة إشارة للضجيج أكبر أو تساوي

13 dB، ولكن في أرض الواقع فإن القناة ليست قناة ضجيج أبيض غوصي جمعي لذلك يجب أن تكون نسبة الإشارة للضجيج أكبر بكثير من هذه القيمة.



الشكل (11):منحني أداء منظومة تيترا في حالة قناة الضجيج الأبيض الغوصي الجمعي

4 استخراج شجرة الخطأ:

تم تسجيل المعطيات الموضحة بالجدول (1) ونشير هنا إلى أن هذه المعطيات هي التي يمكن للمقاسم تسجيلها عن حالة المنظومة في حالات عمل مختلفة تمثلت بالحالات التالية:

- **حالة عمل ساكنة:** حيث يكون المستخدم في منطقة قريبة من المقسم ويوجد خط نظر بينه وبين المقسم كما أن عدد المستخدمين أقل من 10 ولا يتحركون.
- **حالة عمل متحركة:** حيث يتحرك المستخدمون ولكن أثناء حركتهم يوجد دائما خط نظر مع المقسم.
- **حالة عمل طبيعية:** حيث لم يتم وضع أي شرط على حركة أو مكان المستخدمين وترك لهم حرية ممارسة نشاطاتهم المعتادة.

تم تنفيذ السيناريوهات السابقة في مختلف الظروف الجوية وذلك بهدف دراسة أشمل لحالات عمل المنظومة.

تتكون عملية استخرج شجرة الخطأ من ثلاثة مراحل:

- تحليل ملف المعطيات المسجلة وهي المعالجة الأولية
- تدريب الشبكة العصبونية
- اختبار الشجرة المستخرجة من الشبكة العصبونية

4-1 المعالجة الأولية:

يتبين من الجدول (1) أن مكونات الإطار متنوعة بين قيم نصية وأخرى أعدادصحيحة وغيرها عبارة عن أعداد حقيقة، لذلك يجب أولا إجراء تعديل على نوع القيم المسجلة بحيث تكون كلها من نوع واحد، وتم اختيار القيم العددية الحقيقية في المجال [0,1] كون نمط المعطيات هذا يحقق ميزتين هامتين:

- يمكن ادخال كافة المعطيات إلى الشبكة العصبونية
- عندما تكون قيم جميع المكونات تنتمي إلى نفس المجال (في حالتنا المجال [0,1]) فإن جميع مكونات الإطار يكون لها نفس الوزن أي أنه لا توجد أعداد كبيرة جداً وأخرى صغيرة جداً.

نسمي هذه المرحلة بمرحلة المعالجة الأولية Preprocessing، يتم بعدها إجراء عملية التحليل باستخدام الشبكات العصبونية لاستخراج شجرة الأخطاء Fault Tree Analysis (FTA)والتي تبين كيفية حدوث الأخطاء في المنظومة قيد الدراسة، وسيتم في النهاية اختبار هذه الشجرة[4].

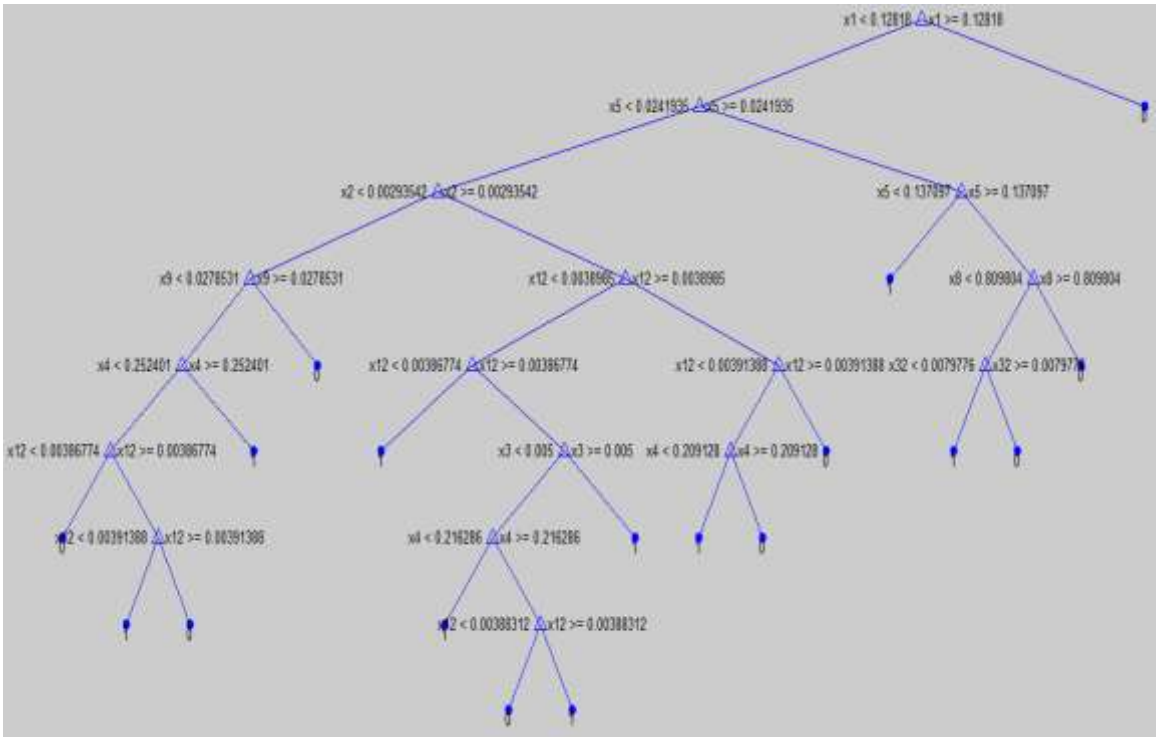
تهدف عملية المعالجة الأولية إلى تحويل كافة المعلومات إلى معلومات رقمية كما يلي:

- **رقمنة القيم النصية:** يتم بداية استبدال كل قيمة نصية بعدد عشري متزايد، وبافتراض ان الملف يحتوي على n قيمة نصية مختلفة، فإن القيم التي ستأخذها هي {0,1,2, … ,n−1}. بعد ذلك يتم تقدير احتمال ظهور هذه القيمة أثناء فترة الاختبارات وذلك بعد مرات تكرارها أثناء التجربة وتقسيمها على طول الملف والتي حتما ستنتمي إلى المجال [0,1].
- **القيم العشرية:**توجدفي مكونات مختلفة في إطار المعلومات المسجل مثل مدة الاتصال مقدرة بالثواني وعدد البايتات المرسلة من الجهاز المحمول او المحطة. تتم معالجة كل من هذه المكونات على حدا، فمن أجل مدة الاتصال والتي عادة تكون ارقام صغيرة (ساعة اتصال تقابل 3600 ثانية) يتم البحث عن أكبر مدة اتصال في ملف المعطيات المسجل ومن ثم يتم تقسيم جميع مدات الاتصال الأخرى على هذه القيمة، وبالتالي فإن نتيجة التقسيم تنتمي أيضا إلى المجال [0,1]. أما من أجل عدد البايتات المرسلة فهو عبارة عن رقم مؤلف من 32 بت، وبالتالي فإنه قد يكون إما صغير جداً أو كبير جداً، لتحويله إلى قيمة حقيقية نستخدم التابع اللوغاريتمي، حيث يعتبر هذا التابع من التوابع المستخدمة لضغط Compress القيم ذات التغيرات الكبيرة (قيم صغيرة جداً وقيم كبيرة جداً). إن التابع اللوغاريتمي هو تابع غير خطي بالتالي من أجل قيم صغيرة فإنه لا يغير من قيمها كثيراً لكن من أجل القيم الكبيرة يكون هناك تغيير كبير، ولم يتم استخدام عملية التقسيم على القيمة الأكبر خلال فترة التجربة لكون أنه قد توجد هناك حالات يكون عدد البايتات المرسلة لا تتجاوز عدة كيلوبايتات وحالات تكون قريبة من غيغا بايت فعند التقسيم تصبح القيم الصغيرة قريبة جدا من الصفر.

4-2 التدريب:

يحتوي الملف المسجل على نحو 20 ألف إطار يتنوع بين إطارات تعبر عن اتصال ناجح دون مشاكل وأخرى عن اتصال فاشل لسبب ما (أحد الأخطاء التي تم توضيحها سابقاً). تم أخذ ألف حالة بشكل عشوائي تعبر عن اتصال ناجح وألف أخرى تعبر عن اتصال فاشل، نشير إلى أنه لا يهمنا في الوقت الحالي تحديد نوع الخطأ الذي أدى إلى الفشل. تم إدخال هذه القيم إلى الشبكة العصبونية لإجراء عملية التدريب ومن ثم تم رسم شجرة الأخطاء المكتشفة والموضحة بالشكل (12) حيث:

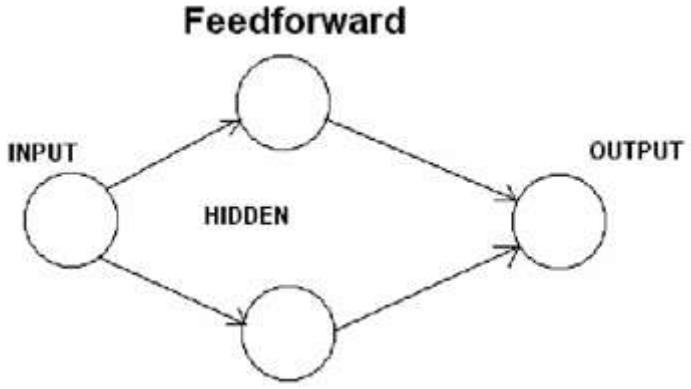
X1: Bit Error Rate, X2: Frame Error Rate, X3: Packet Error Rate,
X4: Duration, X5: Number of Transmitted Bytes,
X8: Number of Received Bytes, X9: Received Power, X12: Number of Retries, X32: Number of Retransmit Requests (for services other than call).



الشكل (12):شجرة الأخطاء

تم اختبار الشجرة المكتشفة أثناء عملية التدريب على كامل ملف المعطيات المسجل (أثناء التجارب والموضح بالجدول (1)) وكانت نتيجة الاختبار نجاح الشجرة في اكتشاف حدوث الخطأ بمعدل 82.5%.

تم بناء الشبكة العصبونية بحيث تتألف من ثلاث طبقات أمامية مبينة بالشكل (13)، تم اختيار هذه الشبكة كونه يمكن استخدامها في نمذجة الأنظمة الديناميكية مثل شبكة الانتشار الخلفيBack Propagation.



الشكل (13):بنية الشبكة العصبونية المستخدمة

يوصف تابع الخرج للشبكة بالمعادلة التالية:

حيث:u شعاع الدخل للشبكة، y خرج الشبكة، σ (.) تابع الفعالية غير الخطي، V معاملات الوزن للوصلات بين عناصر طبقة الدخل وعناصر الطبقة الخفية، W معاملات الوزن للوصلات بين عناصر الطبقة الخفية وعناصر طبقة الخرج. وتم استخدام تابع Sigmoid كتابع للعصبون[5].

تتمثل عملية التدريب على ضبط معاملات الأوزان للعصبونات $w_{i,j}$ وتم استخدام خوارزمية التدريب بطريقة الاشراف (Supervised) أو بواسطة معلم بسبب المعرفة المسبقة لحالة المنظومة. حيث تعتمد طريقة الإشراف على تزويد الشبكة بجواب صحيح (الخرج) من أجل كل نموذج دخل ويتم ضبط الأوزان بحيث تسمح للشبكة بإعطاء إجابات قريبة قدر الإمكان من الإجابات الصحيحة المعروفة.

الاستنتاجات والتوصيات:

يتبين من الشكل (10) أن ترميز كشف الخطأ وتصحيحه مناسب في حالة قيم نسبة الإشارة للضجيج العالية أما في حال انخفاض قيمها فإنه يفشل ويرتفع معدل الخطأ والذي بدوره يؤدي وفق الشكل (11) مباشرة إلى حدوث خطأ في الاتصال إذا زاد معدل الخطأ عن X1=0.128 في حين تبين شجرة الأخطاء المكتشفة أن معامل معدل الخطأ هو العامل الرئيسي في فشل الاتصال فإذا زاد عن 0.128 يفشل الاتصال مباشرة وإلا فإذا كان عدد البتات المرسلة أقل من 1000 بت وكان عدد البتات المستقبلة أكبر من 500 بت يفشل الاتصال وإلا يكون الاتصال ناجحاً، بالتالي فإن شجرة الأخطاء المكتشفة تبين كيفية حدوث الأخطاء في المنظومة قيد الدراسة بدقة أكبر وماهي الاحتمالات التي تؤدي لحدوثها. إضافة إلى ذلك، كانت نتيجة اختبار نجاح الشجرة المكتشفة أثناء عملية التدريب على اكتشاف حدوث الخطأ بمعدل 82.5%

قدمت هذه الورقة البحثية دراسة مرجعية لمنظومة اتصالات رقمية لاسلكي ة قيد الاستثمار في الجمهورية العربية السورية من حيث تقنيات الاتصال والخدمات التي من المفترض أنها تقدمها للمستثمرين، كما عرضت أيضاً المشاكل الناتجة عن الاستثمار والتي تم تحليلها واستخراج شجرة الخطأ فيها، كما عرضت لمحاكاة الطبقة الفيزيائية باستخدام الماتلاب.

المراجع:

[1] NASCIMENTO JUNIOR, E; SANTOS FILHO, H. T. D; ROLIN, E. C; OTOBO, T. M. S; DARTORA, C. A. and DESCARDECI, J. R. *Performance Analysis of 380-470 MHz Band Radio Systems for Brazilian Public Safety*. IEEE Latin America Transactions. Vol. 13, No. 3, March 2015, 613-622.

[2] CHENG, M; LI, H; NING, X. *A Priority-Based Preemptive Channel Resource Allocation Mechanism for TETRA System*. IEEE U.S.A, Third International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control, 2013, 1708-1711.

[3] LIU, H; YAO, D. and LIAO, J. *Research on Downlink Synchronization for TETRA*. IEEE U.S.A. 13th International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control. 2012, 582-585.

[4]DUAN, R. and FAN, J. *Reliability Evaluation of Data Communication System Based on Dynamic Fault Tree under Epistemic Uncertainty*. Hindawi Publishing Corporation, Mathematical Problems in Engineering. Vol 2014, Article ID 674804, 2014, 9

[5] LIMNIOUS, N. *Fault Trees*. 1st. ed, ISTE, U.S.A, 2007, 224.