

تأثير معدل أخذ العينات على ارسال الفيديو في الوقت الحقيقي

ريان عبد الباسط قليصة، ملاك أحمد الشريف، محمد مصطفى سواالم

كلية التقنية الصناعية – مصراتة، ليبيا.

Mohamed_sowalem@cit.edu.ly

الملخص:

يعتمد جودة الصوت والصورة في نظم ارسال واستقبال الفيديو على عدة عوامل منها معدل أخذ العينات المستخدم في النظام. في هذا البحث تم دراسة تأثير معدل أخذ العينات على جودة الفيديو المستقبل وذلك من خلال محاكاة وتنفيذ نظام ارسال واستقبال رقمي لإرسال الفيديو باستخدام منصة **GNU-Radio**، وقد طبقت الدراسة على نوعين من الفيديو: الأول فيديو ذو ألوان مختلفة والآخر فيديو ذو استضاءة أحادية مُعدّل من الفيديو الأول. وقد أظهرت النتائج أن معدلات أخذ العينات في الفترة [1MHz – 4MHz] تعطي أفضل جودة للفيديو المستقبل من حيث عدم تقطع الصوت والصورة وتزامنها لكلا النوعين، بالإضافة إلى أن أفضل زمن التأخير لاستقبال الفيديو استغرق **2 sec** و **3sec** للفيديو ذي الألوان المختلفة والفيديو ذي الاستضاءة الأحادية، على الترتيب، عند معدل أخذ عينات **2MHz**

الكلمات المفتاحية: الراديو المعرف برمجيا، **GNU-Radio**، معدل أخذ العينات، فيديو ذو الألوان المختلفة، فيديو ذو استضاءة أحادية.

Effect of Sampling Rate on Real-Time Video Transmission

Rayan AbdulbasitQulaisa, Malak Ahmed Alsharef
Mohamed Mustafa Sowalem

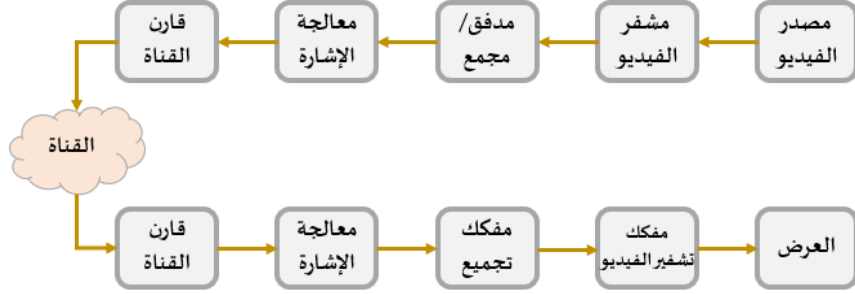
The College of Industrial Technology – Misrata, Libya
Mohamed_sowalem@cit.edu.ly

ABSTRACT: The quality of sound and image in video transmission and reception systems depends on several factors, including the sampling rate used in the system. In this paper, the effect of sampling rate on the quality of the received video was studied by simulating and implementing a digital transmission and reception system for sending video using the GNU-Radio platform. The study was applied to two types of video: the first is a video with different colors and the other is a video with a single luminance modified from First video. The results showed that the sampling rates in the period [1MHz-4MHz] give the best quality of the received video in terms of the sound and image being uninterrupted and synchronized for both types, in addition to that the best delay time for receiving the video took 2 sec and 3 sec for video with different colors and video with single luminance, respectively, at a sampling rate of 2MHz.

Key Words: Software Defined Radio, GNU-Radio, Sampling Rate, Different colors Video, Luminance Video.

1. المقدمة

في الوقت الحاضر أصبحت تقنية إرسال الفيديو في الوقت الحقيقي تأخذ دوراً مهماً في كافة التطبيقات الحيوية كالمؤتمرات عبر الفيديو وأنظمة المراقبة. يتكون نظام الاتصالات بشكل عام من ثلاث أجزاء رئيسية وهي مرسل ومستقبل وقناة (وسط الإرسال بين المرسل والمستقبل)، وباختلاف نوع المعلومة المراد إرسالها (الرسالة) ونظام الاتصال المستخدم ووسط الإرسال تختلف المكونات المستخدمة في كل جزء [1]. يوضح الشكل 1. مخطط الصندوق لإرسال واستقبال الفيديو الرقمي.



شكل 1. مخطط صندوقي لنظام ارسال واستقبال الفيديو الرقمي.

في تطبيقات الإرسال في الوقت الحقيقي، غالبا ما يكون مصدر الفيديو عبارة عن كاميرا رقمية أو ملف فيديو مخزن في الذاكرة والذي يتطلب عملية دفق (Streaming) للبيانات الفيديو. تحتوي البيانات الصادرة من مصدر الفيديو على الكثير من المعلومات المكررة الأمر الذي يقلل من كفاءة المعالجة، بالتالي يتم ضغط البيانات لتقليل التكرار ومن ثم تشفيرها وتحويلها إلى خانات (Bits). تأتي بعدها عملية تجميع البيانات الناتجة من عملية تشفير الفيديو ووضعها في حزم (Packet) ومن ثم إضافة حقول الحزم لغرض عملية الاسترجاع وإمكانية الترتيب عند المستقبل. تخضع الحزم بعدها لمجموعة من عمليات المعالجة كالتضمين والتضخيم والترشيح بما يتناسب مع نظام الاتصال المستخدم. بعد إجراء عمليات المعالجة يتم إعداد الإشارات لإرسالها عبر القناة من خلال قارن القناة. قارن القناة قد يكون هوائي في حال كانت القناة غير موجهة (لاسلكية) بالتالي فإن الإشارات عبارة عن موجات راديوية، أما في حالة القنوات الموجهة فإن القارن عبارة عن جهاز يحول الإشارة إلى كهربائية في حالة الكوابل المحورية أو ضوئية في حالة الألياف الضوئية. تتعرض الإشارة أثناء انتقالها عبر القناة لأنواع مختلفة من مسببات الاضمحلال والتي تعتمد على نوع الوسط. في طرف الاستقبال تتم العملية العكسية لجميع المراحل في طرف الارسال وذلك لحصول على فيديو يتم عرضه على وسائل العرض المختلفة، إما برنامج تشغيلي أو إعادة بثه لأكثر من جهاز استنادًا على التطبيق المستخدم [1].

يمكن بناء هذا النظام باستخدام الأنظمة التقليدية والتي تحتوي على دوائر ومكونات مادية والتي تتطلب تكلفة عالية نظرا لارتفاع ثمنها كما أنها تكون محددة لأداء

وظائف معينة أو تعمل في مدى محصور من الترددات. يمكن الاستغناء عن الأنظمة التقليدية من خلال جعل بعض الوظائف يتم بنائها برمجيا والبعض الآخر يكون ماديا والتي تعرف بالراديو المعرف برمجيا (Software Defined Radio SDR) [2]. يمكن اعتبار أن الراديو المعرف برمجيا يتكون من جزئين: (1) جزء مادي وهي الأجهزة الطرفية التي تقوم بوظائف الإرسال كالتحويل من تماثلي ورقمي والعكس والتضخيم الراديو وهي أنواع مختلفة تختلف من حيث الخصائص التشغيلية لكل جهاز، (2) جزء برمجي وهي المنصات والبرامج والواجهات الرسومية المعدة لبناء بعض الوظائف البرمجية كالترشيح والتضمين والتشفير، وهي أيضا تختلف من حيث نظام التشغيل المستخدم والمكتبات المتوفرة في كل برنامج [3].

في هذه الورقة سيتم بناء دائرة إرسال واستقبال فيديو في الوقت الحقيقي باستخدام الراديو المعرف برمجيا وذلك من خلال العمل على منصة GNU-Radio، ثم دراسة تأثير زيادة معدل أخذ العينات على جودة الفيديو المستقبل، وزمن التأخير المستغرق لاستقبال الفيديو.

2. الدراسة السابقة

قام Jaskaran Phull (2019) بدراسة هدفت إلى التعرف على نظام اتصال الفيديو باستخدام الجهاز المادي *USRP*، ودراسة تأثير بعد المرسل عن المستقبل عن جودة الفيديو وزمن التأخير، وقد تم تطبيق ثلاث مسافات مختلفة في الدراسة (5 سم، 20 سم، 60 سم) وكلها عند معدل أخذ عينات 1 MHz، وأسفرت نتائج الدراسة عن حدوث تشوه عال للفيديو عند المسافة البعيدة، وتشوه متوسط عند المسافة المتوسطة. بالإضافة إلى حدوث تأخير في زمن الاستقبال بمقدار 8 ثواني عند مسافة 5 سم، وتأخير بمقدار 10 ثواني عند مسافة 20 سم، وتأخير بمقدار 14 ثانية عند مسافة 60 سم [3].

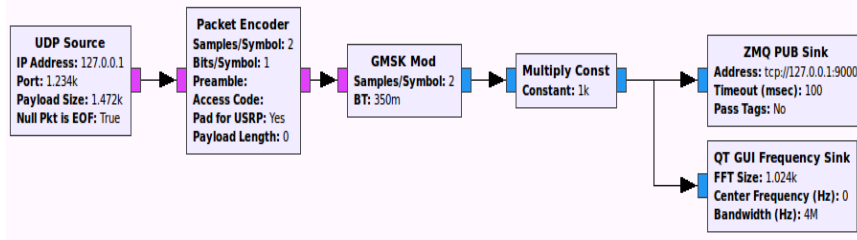
3. منصة GNU Radio

GNU-Radio هو إحدى المنصات البرمجية مفتوحة المصدر المستخدمة لبناء مكونات أنظمة الاتصالات باستخدام لغة ++C أو بايثون. يعمل البرنامج

بشكل أساسي على نظام التشغيل Linux بمختلف توزيعاته، كما تم تطوير إصدارات تدعم أنظمة التشغيل الأخرى. تشمل المكونات البرمجية وظائف مختلفة كالضمين والتضخيم وتشفير القناة وتشفير المصدر والتجميع وتصفية الإشارة وغير ذلك. يوفر GNU-Radio واجهة مستخدم رسومية مع GNU-Radio (GRC) وRadio Companion وتعد منصة GNU-Radio وجهة الكثير من الباحثين والمطورين لما تقدمه من بيئة اختبارية لأنظمة الاتصالات المختلفة [4].

4. دائرة إرسال الفيديو

يوضح الشكل 2. دائرة إرسال الفيديو باستخدام GNU-Radio.



شكل 2. تنفيذ دائرة الإرسال باستخدام GNU-Radio

- **مصدر الفيديو:** يوفر GNU-Radio كتلة File Source لاستدعاء البيانات المختلفة بما في ذلك بيانات الفيديو المختلفة. إن اختيار هذه الكتلة كمصدر للفيديو سيؤدي إلى تحميل كامل الفيديو وإمراره إلى نظام الإرسال، والذي يتطلب معالجة كبيرة جداً. يمكن اتباع طريقة أكثر فعالية من خلال استخدام برامج تعمل على دفع حزم الفيديو دون استدعائه حزمة واحدة وذلك بتمريره عبر بروتوكول UDP، يعتبر برنامج GStreamer من البرامج التي تؤدي هذه الوظيفة مع استخدام كتلة UDP Source والتي سيتم استخدامها كمصدر فيديو [5].

- **مشفر المصدر:** تؤدي وظيفة مشفر المصدر كتلة Packet Encode، يتم من خلالها ضبط معدل العينات/رمز (Sample/Symbol) ومعدل الخانة/رمز (Bit/Symbol).
- **المضمن:** عمليا لا يمكن إرسال الخانات (Bits) الرقمية عبر الوسط اللاسلكي؛ لذا يجب تعديلها وتحويلها إلى صورة تماثلية تتناسب مع الوسط اللاسلكي وهذه المعالجة تعرف بالتضمين الرقمي (Modulation) أو نظم الإبراق الرقمية. يوجد العديد من أنواع الإبراق الرقمية ويعتبر الإبراق بالإزاحة الدنيا الجاوسي (GMSK) من أفضل الأنواع نظراً من حيث أن عرض النطاق الترددي للإشارة أضيق بكثير من عرض النطاق الطرق الأخرى وذلك بسبب معالجته لاختلاف الطور الذي يحدث في الطرق الأخرى، ونتيجة لذلك فإنه يعطي كفاءة طيفية أعلى [6]. يوضح الشكل 3. المخطط الصندوقي لدائرة مضمن GMSK، حيث يتم تمرير الخانات (Bits) على مرشح إمرار منخفض جاوسي والذي يستخدم لتقليل تأثير قدرة الحزم الجانبية. يعطى خرج المرشح الجاوسي بالمعادلة (1).

$$I(t) = g(t) * D(t) \quad (1)$$

حيث $D(t)$ هي الخانات (bits)، $g(t)$ استجابة مرشح الإمرار المنخفض الجاوسي والتي تعطى بالمعادلة (2).

$$g(t) = \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} B e^{-\frac{2\pi^2 B^2 t^2}{\ln 2}} \quad (2)$$

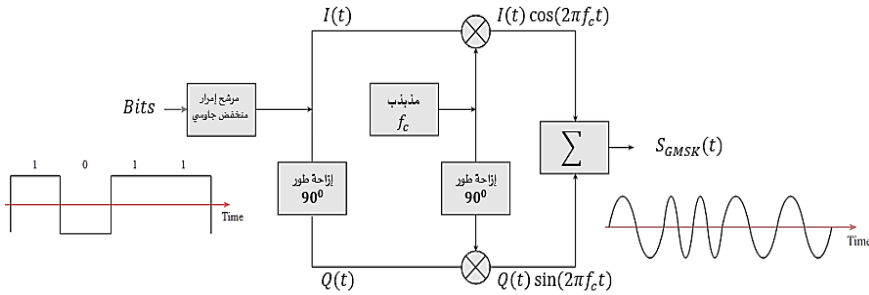
حيث B عرض النطاق الترددي للإشارات المراد تضمينها (الخانات). الإشارة الخارجة من المرشح الجاوسي يتم معالجتها بإشارة حاملة على صورتين: (1) خرج المرشح مباشرة $I(t)$ ، (2) $Q(t)$ والذي يمثل خرج

المرشح مزاح بطور 90° . ثم يتم جمع الإشارتين كما هو موضح بالشكل

3. ويمكن التعبير عن خرج مضمن GMSK رياضيا بالمعادلة (3). [6]

$$S_{GMSK}(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t) + Q(t) \sin(2\pi f_c t) \quad (3)$$

وكما هو موضح في الشكل 3. فإن خرج المضمن لا يحتوي على اختلافات في طور الإشارة.



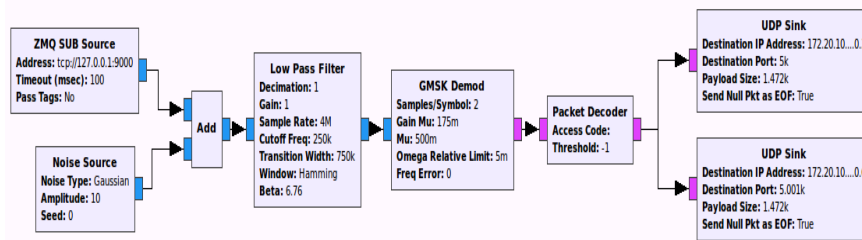
شكل رقم 3. المخطط الصندوقي لمضمن GMSK

- **المضخم:** الإشارة الناتجة من عملية التضمين تكون ضعيفة (ذات اتساع قليل)، بالتالي يتطلب تكبيرها وذلك بإدخالها على مضخم. تقوم الكتلة Multiply Const بوظيفة التضخيم وذلك بضرب جميع عينات الإشارة بقيمة ثابتة.
- **قارن القناة:** يوفر GNU-Radio عدة كتل لأداء وظيفة قارن القناة والتي قد تكون بالوعة خاصة بالجهاز المادي (USRP Sink)، أو بالوعة خاصة بالتوجيه عبر شبكة (ZMQ Sink) [1].

5. دائرة استقبال الفيديو

في طرف الاستقبال يتم إجراء الوظائف العكسية لتلك المستخدمة في طرف الإرسال، فعلى سبيل المثال يتم استخدام مفكك التضمين لاسترجاع الإشارة من الإشارة المضمنة. أيضا يجب التنبيه إلى أنه يجب استخدام نفس التقنية

المستخدمة في طرف الارسال وبنفس المعدلات. يوضح الشكل 4. دائرة إرسال الفيديو باستخدام GNU-Radio.



شكل رقم 4. تنفيذ دائرة الاستقبال باستخدام GNU-Radio

كما يمكن أن يحتوي طرف الاستقبال على وظائف أخرى متمثلة في:

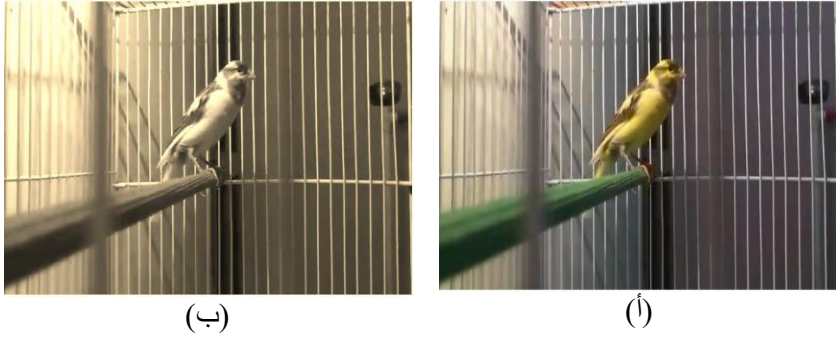
- مصدر ضوضاء: والذي يحاكي تأثير الضوضاء الخارجية على الإشارة المرسل.
- مرشح الإمرار المنخفض: والذي يعمل على تصفية الترددات واختيار حزم الترددات الأقل من تردد القطع. تؤدي هذه الوظيفة كتلة Low Pass Filter [5].
- المقصد: وهو الوجهة النهائية والمراد إيصال الفيديو إليه. يختلف المقصد باختلاف التطبيقات المستخدمة؛ فإذا كان الهدف هو تخزينه في ملف، فعندئذ يستخدم الكتلة File Sink ومن خلال الكتلة يتم تحديد موقع الذاكرة. أما إذا كان الهدف هو عرضه على أجهزة عرض عبر نفس الشبكة فيتم استخدام الكتلة UDP Sink ومن خلاله يتم تحديد عنوان IP لجهاز العرض ورقم المنفذ [5].

6. طريقة وبيئة العمل

سيتم دراسة تأثير معدل أخذ العينات - من حيث زمن التأخير وتزامن الصوت وتزامن الفيديو بين المرسل والمستقبل - على إرسال واستقبال فيديو مختلف الألوان (Color-difference) وذلك بزيادة معدل أخذ العينات من 10 KHz إلى 10 MHz، ثم سيتم إعادة نفس الإجراء على نفس الفيديو بعد تعديله

تم استلام الورقة بتاريخ: 2023/12/15م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/9م

بحيث يكون ذو استضاءة أحادية (Luminance) عند نفس المعدلات. يوضح الشكل 5. صورة لكلا النوعين والمستخدمة للدراسة، بينما يعرض الجدول 1. مواصفات بيئة العمل المستخدمة وأهم البارامترات المستخدمة.



شكل رقم 5. (أ) فيديو ذو ألوان مختلفة، (ب) فيديو ذو استضاءة أحادية.

جدول 1. مواصفات بيئة العمل وأهم البارامترات

العنوان	الوصف
نظام التشغيل	ليونكس (Linux)
التوزيع	Ubuntu 18.04/ SigintOS
الذاكرة	2 GB
المعالجات	4
القرص الصلب	50 GB
إصدار GNU-Radio	3.7.1
Sample/Symbol	2
Bit/Symbol	1
SNR	20 dB
مدة الفيديو	5:12 (Min:Sec)

7. النتائج

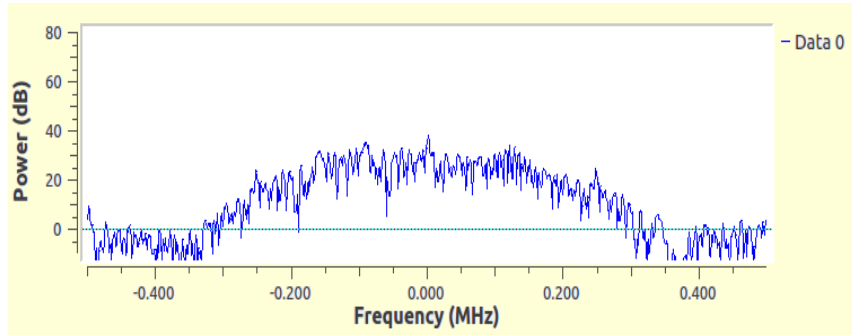
- أولاً: جودة الفيديو المستقبل: يوضح الجدول 2. نتائج المتحصل عليها لكل فيديو من حيث تقطع الصوت وتزامنه وتقطع الصورة وتزامنها.

جدول 2. تأثير معدل أخذ العينات على جودة (تقطع - تزامن) الفيديو.

فيديو باستضاءة أحادية		فيديو مختلف الألوان				معدل أخذ العينات		
الصورة		الصوت		الصورة			الصوت	
تزامن	تقطع	متزامن	متقطع	متزامن	متقطع	التزامن	تقطع	
غير متزامن	متقطع	غير متزامن	متقطع	غير متزامن	لم يستقبل	غير متزامن	متقطع	10 KHz
متزامن	جدا	متزامن	جدا	متزامن	يستقبل	متزامن	جدا	24 KHz
غير متزامن	متقطع	غير متزامن	متقطع	غير متزامن	لم يستقبل	غير متزامن	متقطع	32 KHz
متزامن	جدا	متزامن	جدا	متزامن	يستقبل	متزامن	مميز	48 KHz
غير متزامن	متقطع	غير متزامن	متقطع	غير متزامن	متقطع	متزامن	متقطع	128 KHz
متزامن	جدا	متزامن	مميز	متزامن	جدا	متزامن	مميز	256KHz
غير متزامن	متقطع	متزامن	متقطع	غير متزامن	متقطع	متزامن	غير متقطع	512KHz
متزامن	قليلا	متزامن	مميز	متزامن	قليلا	متزامن	متقطع	1 MHz
غير متزامن	متقطع	غير متزامن	متقطع	غير متزامن	متقطع	متزامن	غير متقطع	2 MHz
متزامن	جدا	متزامن	مميز	متزامن	جدا	متزامن	مميز	4 MHz

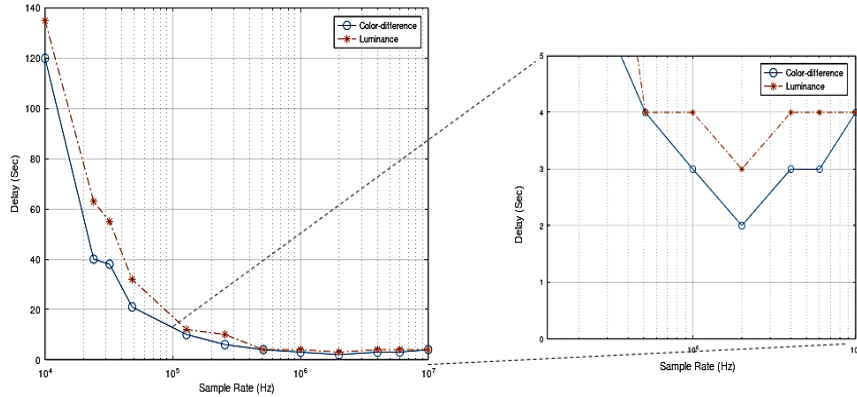
متزامن	غير متقطع	متزامن	غير متقطع	متزامن	متقطع قليلا	متزامن	غير متقطع	6 MHz
متزامن	متقطع قليلا	متزامن	غير متقطع	متزامن	متقطع قليلا	متزامن	غير متقطع	10 MHz

من الجدول 2. يمكن ملاحظة أنه بالنسبة للفيديو مختلف الألوان يكون أقل معدل يصبح فيه الصوت مميز هو 32 KHz بينما يتطلب معدل أخذ عينات مقداره 48 KHz، في حين أن الصورة تطلبت معدل أخذ عينات قدره 1 MHz لكي تكون غير متقطعة ومتزامنة. أما بالنسبة للفيديو ذي الاستضاءة الأحادية فإن الصوت أصبح مميز عند 128 KHz بينما تطلب معدل أخذ عينات قدره 512 KHz ليصبح متزامن، في حين أن الصورة تطلبت معدل 1 MHz لتكون متقطعة ومتزامنة وهو نفس المعدل التي تتطلبه الصورة في الفيديو مختلف الألوان. ويمكن تفسير ذلك بعرض الطيف الترددي للإشارة المرسله والموضح بالشكل 6.، حيث يلاحظ أن أعلى مركبة ترددية للإشارة تقريبا 0.3 MHz ووفقا لمعدل نايكويست فإن أقل معدل أخذ عينات يجب أن يكون على الأقل ضعف أعلى مركبة ترددية للإشارة (أي $f_s \geq 0.6 \text{ MHz}$). (الطيف الترددي للإشارة المرسله لنوعي الفيديو متشابه تقريبا ولا يمكن تمييزهما بالعرض، إلا أن النتائج في المجال الزمني أظهرت فروقا).



شكل رقم 6. الطيف الترددي للإشارة المرسله

- **ثانياً: مقدار التأخير:** يوضح الشكل 7. مقدار التأخير الذي يتطلبه المستقبل لعرض أول ثانية.



شكل رقم 7. مقدار التأخير عند كل معدل أخذ عينات

من الشكل 7. يمكن ملاحظة أن مقدار التأخير يبلغ 120 ثانية و135 ثانية للفيديو ذو الألوان المختلفة والفيديو ذو الاستضاءة الأحادية على التوالي عند تردد أخذ عينات 10 KHz، ومقدار التأخير يتناقص كلما زاد معدل أخذ العينات حتى يصل إلى أقل قيمة للتأخير وهي 2 ثانية للفيديو ذي الألوان المختلفة و3 ثانية للفيديو ذي الاستضاءة الأحادية وذلك ببلوغ معدل أخذ العينات 2 MHz. في حين أن زيادة معدل أخذ العينات فوق 2 MHz لا يحقق تأخير أقل وإنما يزداد. وبمقارنة زمن التأخير عند نفس معدل أخذ العينات (أي 1 MHz) والمتحصل عليه في دراسة Jaskaran Phull (2019) [3] فإن زمن التأخير باستخدام الجهاز المادي USRP عند أقرب مسافة كانت 8 ثواني، بينما زمن التأخير في دراستنا (أي عن طريق مكتبة ZMQ) فكانت 3 ثواني، وهذا يمكن تفسيره نتيجة المعالجة المستخدمة باستخدام الجهاز المادي.

8. الاستنتاجات

من خلال العمل في هذه البحث:

- تعتبر أنظمة الراديو المعرف برمجيا ومنصة GNU-Radio بيئة مناسبة للبحث لاشتمالها أغلب الكتل التي تؤدي وظائف أنظمة الاتصالات المختلفة.
- يؤثر معدل أخذ العينات على جودة الصوت والصورة في الفيديو المستقبل لكلا النوعين (فيديو ذو ألوان مختلفة أو فيديو ذو استضاءة أحادية)، وتعتبر المعدلات الأقل من 32 KHz تعطي تقطيع وعدم التزامن للصوت والصورة. في حين أن المعدلات ما بين 1MHz إلى 4 MHz تعطي جودة عالية من حيث عدم التقطيع والتزامن للصوت والصورة بالفيديو.
- زمن التأخير الاستقبال يعتمد أيضا على معدل أخذ العينات.
-

9. التوصيات

امتدادًا من هذا البحث، فإننا نوصي:

- دراسة تأثير أخذ العينات على ارسال الفيديو عند مستويات مختلفة من SNR.
- دراسة تأثير أخذ العينات على ارسال الفيديو عند معدلات مختلفة من التشفير.
- دراسة أنواع التضمين الرقمية الأخرى واستخدامها في أنظمة ارسال الفيديو.
- دراسة أنواع مختلفة من التشفير كتشفير القطبي وتشفير توربو.

10. المراجع

- [1] د. موسى موسى، د. عبد القادر عكي، "تظم هندسة الاتصالات الجزء الثاني"، دار الحكمة، 2017.
- [2] عبدالقادر الروياتي، "الراديو المعرف برمجيا"، مشروع تخرج، 2020.
- [3] J. Pull, "Real Time Video Transmission System Using GNU Radio", Think India Journal, Vol-22-Issue-37-December-2019.

[4] م. القاضي، إ. الترجمان، ع. أبوعلة، "الراديو المعرف برمجيا"، مجلة المدار للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما، المجلد 03، الإصدار 01، مايو 2017.

[5] N. Ben Abid, C. Souani, "Simulation and Implementation Prototype of Digital Video Broadcasting by Software Defined", IJCSNS, Vol.22 No.5, May 2022.

[6] D. Desai, V. Soni, "Wireless Video Transmission Using and GNU Radio", IJRMEET, Vol.5, Issue: 11, November 2017.