

# LoRaWAN Network Technology in Mosul City: a Milestone

**Radhwan Basher AL-Bayram<sup>1</sup>**

(1) College of Information Technology, University of Ninevah, [radwanbasher@uoninevah.edu.iq](mailto:radwanbasher@uoninevah.edu.iq)

<sup>a</sup> Corresponding Author Email: [radwanbasher@uoninevah.edu.iq](mailto:radwanbasher@uoninevah.edu.iq)

## نقطة الشروع لإدخال تقنية شبكة LoRaWAN إلى مدينة الموصل رضوان بشير البيرم<sup>1</sup>

<sup>1</sup>كلية تكنولوجيا المعلومات، جامعة نينوى

Received: 24/ 5/2022

Accepted: 27/2/ 2023

Published: 31/3/2023

### Abstract

This scientific article aims to propose an established infrastructure of a LoRaWAN technology network in the city of Mosul as an initial starting point for this pioneering technology in the field of wireless communication and IoT technologies and then suggests advertising the proposed model to all cities of Iraq as a national project aimed at developing the capabilities of wireless communications in the field of IoT technologies based on what is known as Low Power Wide Area Networks (LPWA). This article deals with the high capabilities and distinguished characteristics provided by this technology and how to employ and construct, with a study of the scientific and research value as well as the economic feasibility, and calculations of the total expected costs of the construction and installation of this model in the city of Mosul in order to cover both sides of the town and also, to study the possibility and effectiveness of covering the geographical area of wireless broadcasting, and concludes with the most essential recommendations. In addition, a reference supplement to the websites of the most important international institutions and companies that have introduced this technology within their production and industrial solutions has been included.

**Keywords:** IoT ·LPWAN· LoRaWAN· Smart City· Mosul City

### الخلاصة

ترمي هذه المقالة العلمية تقديم (مقترح إنشاء البنية الأساسية لشبكة تقنية LoRaWAN في مدينة الموصل) كنقطة شروع أولية تجريبية لهذه التقنية الرائدة في مجال تقنيات الاتصالات اللاسلكية وتكنولوجيات أنترنت الأشياء IoT Technology، ومن ثم تقترح تطبيق هذه التقنية على عموم مدن العراق كمشروع وطني هادف الى تطوير إمكانيات الاتصالات اللاسلكية في مجال تقنيات انترنت الأشياء المعتمدة الى ما يعرف بشبكات النطاق الواسع ذي الجهد المنخفض LPWA. حيث تناولت هذه المقالة الامكانيات العالية والخصائص المتميزة التي توفرها هذه التقنية وكيفية توظيفها في بناء أول شبكة من نوعها في مدينة الموصل مع دراسة القيمة العلمية والبحثية وكذلك دراسة الجدوى الاقتصادية من إنشائها مع حساب إجماليات الكلف المتوقعة لا نشائها مع تطبيق ونصب هذه الشبكة في أنموذج من مدينة الموصل لتغطية جانبي المدينة لدراسة إمكانية وفعالية تغطية المساحة الجغرافية للبث اللاسلكي، كما تختتم بأهم التوصيات، بالإضافة الى ذلك تم إدراج ملحق مرجعي لمواقع الالكترونية لأهم المؤسسات والشركات العالمية التي أدخلت هذه التقنية ضمن حلولها الإنتاجية والصناعية.

**الكلمات المفتاحية:** انترنت الاشياء، LPWAN، LoRaWAN، المدن الذكية، مدينة الموصل

## الأهداف

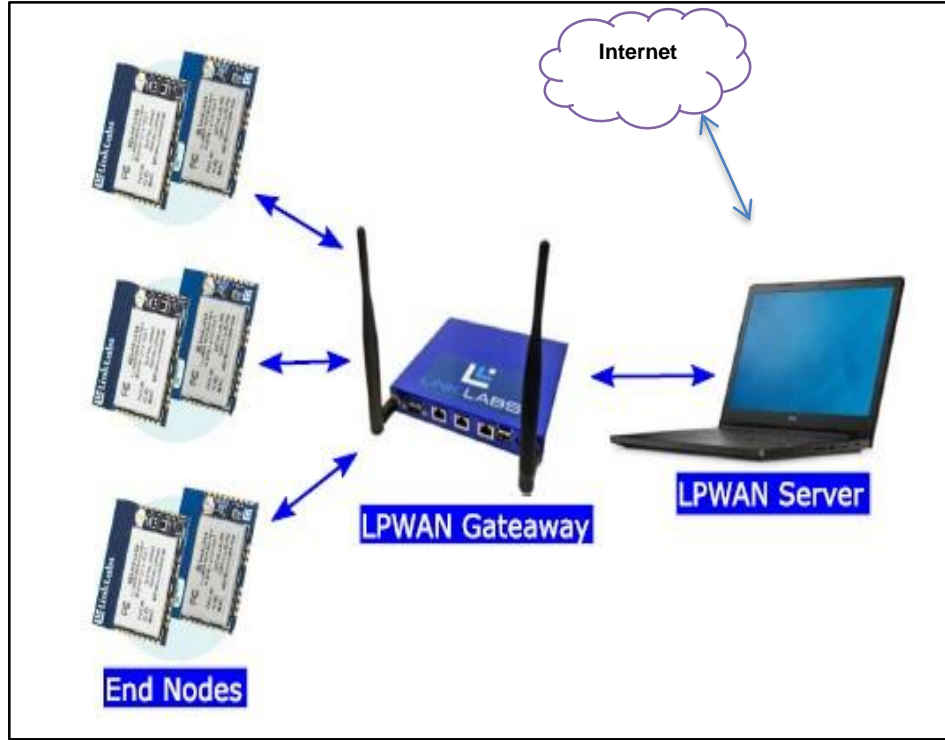
- تهدف هذه المقالة الى عدد من العناصر الأساسية التي يمكن إدراجها كالآتي:
1. إدخال خدمات شبكة LoRaWAN الى مدينة الموصل
  2. الإسهام بنقل مدينة الموصل وباقي مدن البلد الى مجتمع المدن الذكية Smart Cities
  3. إشراك وإفادة شركات القطاع الخاص والمؤسسات والمنظمات المجتمعية من هذه التقنية في فعاليتها المختلفة
  4. المساهمة في تشغيل الايدي العاملة والحد من البطالة في المدينة خصوصاً بين صفوف خريجي تخصصات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات
  5. المساعدة في إنشاء مراكز بحثية متخصصة تساعد الباحثين في إنجاز أبحاثهم ودراساتهم العملية المتخصصة في مجال تقنية انترنت الاشياء IoT
  6. التعاون في إنشاء هذا المشروع مع شركات الهاتف النقال العاملة في العراق، حيث ان من بين إمكانيات تقنية LoRa هي قابلية الترابط مع شبكات GSM,3G,4G LTE

## الجهات والقطاعات المستفيدة من تطبيق شبكة LoRaWAN:

1. قطاع التعليم والبحث العلمي.
2. قطاع الاتصالات اللاسلكية.
3. القطاع الصناعي والبيئي .
4. القطاع الزراعي وقطاع الموارد المائية.
5. القطاع التجاري وشركات القطاع الخاص.
6. قطاع الطاقة المستدامة.
7. مطوري تقنيات الاتصالات.

## المقدمة

من المعلوم أن تقنيات أنترنت الاشياء IoT Technologies هي من التقنيات الواعدة والهادفة في مجال خدمة الاتصالات اللاسلكية، يأتي ذلك من إمكانية ربط جميع أجهزة المعدات المنزلية والصناعية والخدمية مع بعضها البعض أو ربطها بشبكة الانترنت مع إمكانية بقاء عملها مستمر بصورة تلقائية بدون تدخل المستخدم في عملها. إن ذلك يكمن من النطاق الواسع والإمكانيات المتفوقة الى تقدمه هذه التقنيات خصوصاً بعد التطبيقات الواسعة للأجهزة التي تعتمد على الشبكات اللاسلكية (Wi-Fi) لسهولة إستعمالها بالإضافة الى رخص ثمن الاجهزة المعتمدة على مثل هذه التقنية، كل هذا أدى الى إمكانية ان يكون كل شيء من حولنا مرتبطاً بشبكة الاتصالات الدولية "الانترنت"، وهذا ما يطلق عليه بـ "أنترنت الاشياء". IoT، حيث بلغ عدد الاجهزة المتصلة بالشبكة الدولية بالإعتماد على تقنية أنترنت الاشياء الى 21 مليار جهاز سنة 2020 ومن المتوقع ان يصل عدد هذه الاجهزة الى 75 مليار جهاز سنة 2025 [1].



شكل 1. الوحدات الأساسية في LPWAN

ان الوحدات الأساسية لهذه التقنية - بصورة مبسطة - تتبع الطوبولوجية النجمية Star Topology والتي تتمثل في الجهاز الطرفي End Node والذي يكون - غالباً - على شكل مستشعر Sensor يعمل بالبطارية القابلة للشحن مع وحدة سيطرة ميكروية Microcontroller Unit ووحدة اتصال لاسلكي Wireless Communication Unit، ترتبط هذه الوحدة بصورة مباشرة لاسلكياً مع المنفذ أو البوابة LPWAN Gateway الواقع ضمن مدى الإتصال للمستشعر والذي يقوم بدوره بنقل البيانات الى الخادم الشبكي LPWAN Network Server ومنه الى العالم الخارجي عبر شبكة الانترنت [9]، شكل [1].

إن من أهم خصائص نجاح هذه الأجهزة (المتحسسات) هي القدرة في إستمرار العمل بكفاءة عالية مع خفض إستغلالها للطاقة الى أقصى حد ممكن مما يجعل إمكانية عمل البطارية المزودة للطاقة قد يصل الى عشر سنوات، أدى هذا الى قيام المؤسسات التجارية والتصنيعية الى تقديم هذه التقنيات كحلول غير تقليدية في عالم الاتصالات مناسبة لطبيعة المدن الحضرية أو المناطق الريفية المفتوحة، من هذه التقنيات ما يعرف بتقنيات أجهزة الإتصال ذات النطاق الواسع ذو الجهد المنخفض LPWAN والتي منها تقنية SigFox و LoRaWAN و NB-IoT [2].

هذه المقالة تقترح أنموذجاً لإمكانية تطبيق خدمة LoRaWAN التي هي من التكنولوجيا الحديثة و الواعدة في مجال خدمات انترنت الاشياء IoT وكذلك الاتصالات ضمن بيئة Machine-to-Machine M2M، حيث تستعرض المقالة البنية

الاساسية لهذه التقنية و مميزاتها كما تبين الجدوى الاقتصادية والتكلفة المتوقعة لانشاء الوحدات الاساسية لها في مدينة الموصل، كما تدرس تمكين الجهات المستفيدة والمؤسسات الخدمية والمجتمعية للاستفادة منها في مدينة الموصل وامكانية نقل هذه التقنية الى باقي المحافظات كمشروع وطني، وأخيرا تختتم المقالة بسرد وإستعراض النماذج الواقعية والتطبيقية والتجارب الناجحة من دول العالم واسماء الشركات الرائدة التي تبنت تقنية LoRaWAN كأحد حلولها التقنية.

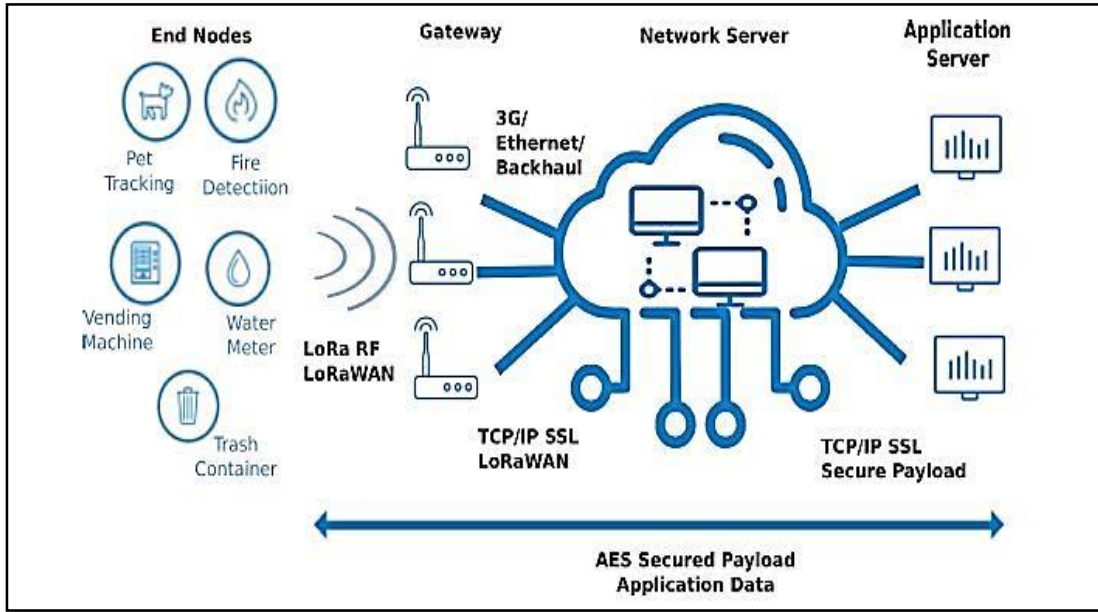
## تقنيات LoRa و LoRaWAN

تقنية LoRa هي متخصصة من (Long Range) وهي تقنية مفتوحة المصدر نُشرت كبراءة اختراع سنة 2010 من قبل شركة فرنسية تدعى Cycleo والتي في سنة 2012 أتممتها مؤسسة Semtech المزود الرائد في صناعة أشباه الموصلات التناظرية والمختلطة analog and mixed-signal semiconductors [10]. إذ يمكن أن توفر هذه التقنية شبكة اتصال تصل الى مسافة (5) كم في المناطق الحضرية و(15) كم أو أكثر في المناطق الريفية. كما تعد خاصة الاستهلاك المنخفض للطاقة أحد أهم مميزات الأجهزة التي تعمل بالاعتماد على التقنية حيث تسمح بإنشاء أجهزة تعمل بالبطاريات يمكن أن تستمر لمدة تصل إلى 10 سنوات. هذه التقنية هي الطبقة المادية أو التعديل اللاسلكي المستخدم لإنشاء ارتباط اتصال بعيد المدى. تستخدم العديد من الأنظمة اللاسلكية القديمة تشكيل مفتاح تحويل التردد (Frequency Shifting Keying FSK) كطبقة مادية لأنه تعديل فعال للغاية لتحقيق طاقة منخفضة. تعتمد LoRa على طيف انتشار التفرقة (Chirp Spread Spectrum CSS) والذي يحافظ على نفس خصائص القدرة المنخفضة مثل تعديل FSK ولكنه يزيد بشكل كبير من نطاق الاتصال. تم استخدام طيف Chirp المنتشر في الاتصالات العسكرية والفضائية لعقود من الزمن بسبب مسافات الاتصال الطويلة التي يمكن تحقيقها والمتانة للتداخل، ولكن LoRa هو أول تطبيق منخفض التكلفة للاستخدام التجاري [11].

تعد أجهزة LoRa وتقنية تردد الراديو اللاسلكي Wireless RF تقنية لاسلكية طويلة المدى ومنخفضة الطاقة حيث أصبحت إحدى التقنيات المعتمدة لشبكات إنترنت الأشياء IoT في العديد من دول العالم، حيث تستخدم LoRa نطاقات (Industrial Scientific and Medical unlicensed ISM) المجانية غير مدفوعة التكلفة والتي هي: 868 ميغاهرتز في أوروبا و915 ميغاهرتز في أستراليا وأمريكا الشمالية و433 ميغاهرتز في آسيا. في حين يعد بروتوكول LoRaWAN المفتوح المصدر كواجهة Medium Access Control MAC والتي تعمل على تمكين تطبيقات المستخدم لتقنيات إنترنت الأشياء الذكية التي تحل بعض أكبر التحديات التي تواجه كوكبنا، مثل: إدارة الطاقة، والحد من الموارد الطبيعية، ومكافحة التلوث، وكفاءة البنية التحتية، والوقاية من الكوارث، والمزيد... [3,8].

تتكون البنية الأساسية لهذه التقنية من اربعة اجزاء اساسية والتي هي: الطرفية النهائية End Node والبوابة Gateway والخادم الشبكي Network Server وخادم التطبيقات Application Server، وكما موضح في الشكل [2]، حيث تقوم النهاية الطرفية والتي هي عبارة عن المستشعرات باختلاف انواعها وتطبيقاتها بأرسال البيانات الى الخادم الشبكي عن طريق البوابة GW التي تقع في مدى موجة الارسال من قبل المتحسس. تدير خوادم الشبكة Network Server البوابات GWs من

شكل 2. هيكلية شبكة LoRaWAN



خلال تقنية IP القياسية وإطارات البيانات المرسله من خلال الطرفيات النهائية، والتي تتلقاها هذه البوابات ويتم توجيهها عبر خادم الشبكة [7].

**مميزات شبكات LoRaWAN:**

- تمتاز الشبكات المبنية على هيكلية تقنية LoRa على العديد من المميزات والخصائص التي جعلتها متفردة وواعدة في إنشاء وتصميم شبكات تقنيات انترنت الاشياء IoT، من هذه المميزات [4] :
1. تعتبر ميزة المصدر المفتوح Open Resources في LoRa من أهم المميزات التي تمكن المطورين والشركات الخاصة على حد سواء من الولوج في عالم تصنيع وتطوير استعمال هذه التقنية وتقديمها كاستجابة للحالات التي تتطلب حلول مناسبة , وأنية في نفس الوقت.
  2. إمكانية التوسع العالية حيث يمكن للبوابة GW الواحدة التواصل مع حدود ألفين من العقد الطرفية.
  3. تمتاز بسعة التغطية في البيئات الحضرية والمدن الكثيفة (2-5 كم)، وتصل حتى إلى 20 كم في المناطق الريفية.
  4. تمتاز بتصميم مخصص لاستهلاك منخفض للطاقة لإطالة كفاءة بطارية المستشعر حتى 10 سنوات.
  5. إمكانية التواصل ثنائي الاتجاه Bidirectional Communication حيث يمكن رفع البيانات من الطرفيات باتجاه الخوادم up-link او بالاتجاه المعاكس down-link
  6. إمكانية المواءمة Standardization في LoRaWAN حيث تضمن مواصفات إمكانية التشغيل البيئي بين التطبيقات وموفري حلول إنترنت الأشياء ومشغلي الاتصالات.
  7. من ناحية السرية والامان فان هذه التقنية تمتاز بتوفير خوارزمية تشفير مدمجة بين الطرفين النهائيين من نوع AES-128 لضمان حمايات البيانات والخصوصية.
  8. إمكانية تحديد المواقع الجغرافية للأجهزة المتصلة بالشبكة تلقائيا دون اضافة اجهزة تحديد المواقع.
  9. إمكانية تطبيق الشبكة كشبكة خاصة Private Network , أو شبكة عامة Public Network
  10. تعتبر ميزة الكلفة الواطئة من أهم خصائص هذه التقنية ؛وذلك من الجوانب كلف البنية الاساسية والكلف التشغيلية وكلف المستشعرات الطرفية.

**المحددات في LoRaWAN:**

- الفقرة السابقة تناولت اغلب المميزات والخصائص التي تمتاز بها الانظمة المبنية بالاعتماد على هذه الشبكة، أما في هذه الفقرة سنتناول ماهية الخصائص المحددة لعمل هذه التقنية [5]
1. تقنية LoRa غير مصممة لتلبية تطبيقات الزمن الحقيقي Real Time Applications بل هي مصممة للتطبيقات والحلول التي تتقبل إمكانية السماح في التأخير الزمني (Time Latency) لإستقبال البيانات (بضع دقائق مثلا) وتقبل إرسال بيانات المستشعر على فترات متفاوتة (Jitter Delay).
  2. نظرا لبيئة عمل هذه التقنية هو التعامل مع المتحسسات التي لا تحتاج الى إرسال عدد كبير من البيانات فإن سرعة نقل البيانات تصل الى 5.5kbs كحد أقصى مع نقل حزم للبيانات محدود Payload بين 51-241 بايت في كل حزمة.
  3. التأخير في الاستجابة بسبب خاصية Network duty-cycle
  4. هذه التقنية غير مخصصة لنقل الصور ،أو الفيديوهات.

## تطبيقات شبكات LoRaWAN:

تتنوع التطبيقات التي يمكن تشغيلها بالاعتماد على شبكة LoRa باختلاف البيئة التي يتم فيها تشغيل الشبكة وذلك فيما إذا كانت الشبكة التي يتم اعدادها في بيئة داخل المنزل ,او المؤسسة الصناعية ,او المدينة من جهة ,او في المناطق الريفية المفتوحة من جهة اخرى، وفيما يلي بعض هذه التطبيقات [6]:

### 1. الادوات الذكية:

- مراقبة محولات الطاقة الذكية
- مواقف السيارات الذكية
- المقاييس والعدادات الذكية

### 2. الصحة والنظافة العامة:

- مراقبة الحرارة والضغط الجوي
- ادوات مراقبة البيئة
- الادارة الذكية لتجميع النفايات

### 3. الأمان:

- التحكم الذكي في الاضاءة
- مراقبة مستوى المياه
- مراقبة مستوى الاشعاع
- مراقبة الحيوانات المنزلية

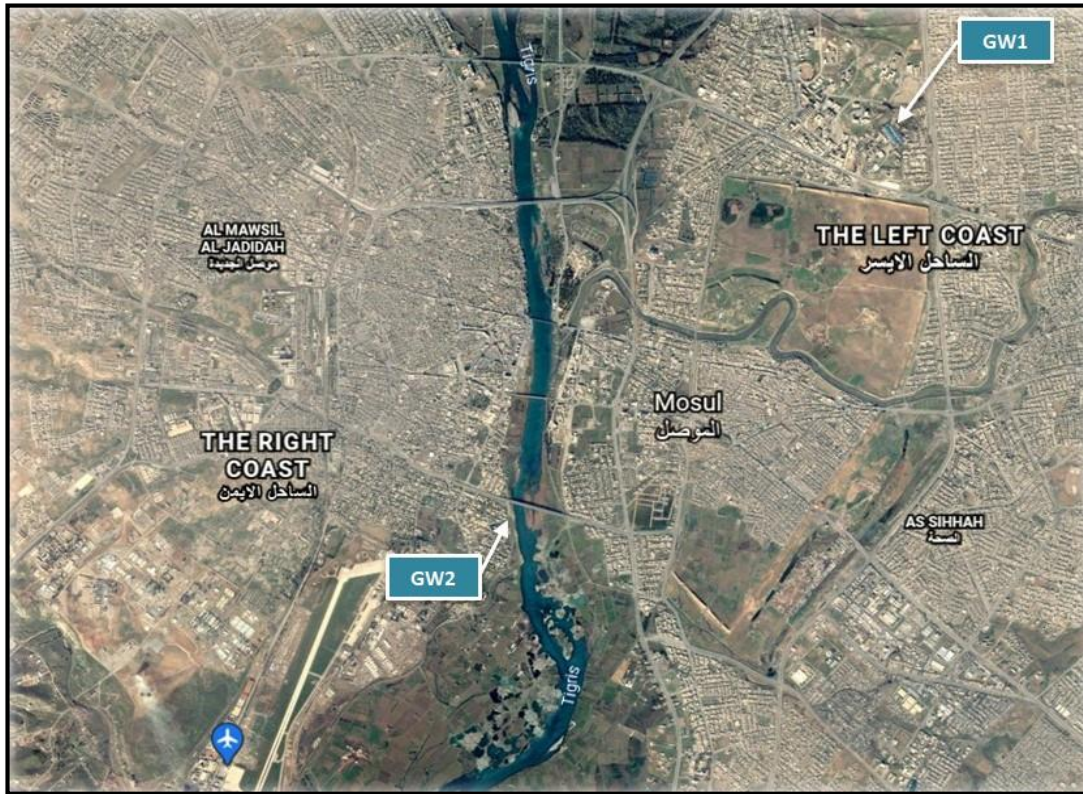
### 4. أنظمة التتبع الجغرافية:

- تتبع الماشية في الحقول والحيوانات والغابات والبرية
- تتبع الاشخاص والسيارات
- تتبع بضائع الشحن

## الجدوى الاقتصادية والتكاليف:

مما تقدم سرده تتضح الأهمية الكبيرة والفائدة المرجوة من انشاء وتطبيق تقنية LoRaWAN في العديد من الخدمات والحلول المتعلقة بتقنيات تطبيقات انترنت الاشياء IoT والتي تمتاز بمستوى منخفض لاستهلاك الطاقة وبسعة تغطية عالية والداخلية في المجالات البحثية والصناعية والبيئية والتجارية سواء كانت هذه التطبيقات محصورة على التطبيقات المنزلية محدودة المدى والتي تتطلب توفر منافذ بوابات داخلية Indoor GWS، او على مدى ابعد كأن يكون داخل المدن السكنية او المنشآت الصناعية الكبيرة، حيث يتم نصب وتشغيل عدة منافذ Outdoor GWS لتغطية مساحة مدينة ما، وكذلك يمكن الاستفادة من ميزة التغطية الواسعة في المناطق المفتوحة كالأرياف والحقول الزراعية، وهذا يدعو للحاجة الى إدخال , والبَدْء بتهيئة نقطة

الشروع في هذا المشروع الواعد في مدينة الموصل كحالة اولية تجريبية ومن ثم جعله مشروعاً وطنياً تتبناه وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، أو وزارة الاتصالات. أذ ان التطبيق المقترح على مستوى مدينة الموصل يتطلب الشروع بنصب محطتين كبوابات Outdoor GW Station أحدهما في الجانب الايسر من المدينة , وكمثال لذلك: (جامعة الموصل), والأخرى لجانبها الايمن مثل: (جامعة نينوى/مجمع الجوسق), وكما مبين في الشكل [3], بعدها يتم فحص نطاق التغطية لهذه الشبكات بواسطة مجموعة من المتحسسات الخاصة (مثلا متحسسات تحديد الموقع الجغرافي او متحسسات قراءة معلمات البيئة المحيطة) يصار بعدها الى دراسة توسعة نطاق الشبكة بإضافة المزيد من البوابات GW وحسب الحاجة.



شكل 3. يبين الموقعين المقترحين لنصب ابراج البوابات LoRaWAN GW، GW1 في مجمع المجموعة الثقافية لجامعة الموصل في الجانب الايسر من مدينة الموصل ، GW2 في مجمع الجوسق لجامعة نينوى في الجانب الايمن. أخذت الصورة باستخدام موقع [google.com/maps](https://www.google.com/maps)



وفيما يلي جدولاً بالكلف التخمينية لإنشاء هذين المحطتين مع الأخذ بنظر الاعتبار ان تسجيل وتشغيل هاتين المحطتين والمستشعرات المرتبطة بهما في خدمات الخادم عبر الانترنت TTN Network Server كأحد منصات مزودي خدمات LoRaWAN هي خدمة مجانية لكن على نطاق محدود من عدد المستشعرات [7]. ويمكن الاشتراك بكلفة إضافية حسب الحاجة.

جدول 1. الكلفة التخمينية مقدرة بالدولار لنصب محطتي ارسال في جانبي مدينة الموصل مع كلفة البوابات والمستشعرات

التكلفة \$	المواصفات	الجهاز
من 250- 1000	تختلف كلفة البوابة الواحدة بحسب الامكانيات والمميزات التي تقدمها الشركة المصنعة وذلك بالاعتماد على عدد قنوات الاتصال التي بالإمكان فتحها في ان واحد Communication Channels حيث ممكن ان تكون (1-16) قناة، وكذلك سرعة ونوعية المعالج الدقيق Microprocessor الداخلة في صناعتها، بالإضافة الى امكانية توافق البوابة مع تقنيات الاتصالات الاخرى (3G, 4G, Wi-Fi)	البوابات GW
30 - 5	تختلف انواع اجهزة الاستشعار بحسب بيئة التطبيق التي تعمل فيه، وممكن كحالة اولية اخذ نموذج مستشعرات قياس درجات الحرارة والرطوبة والضغط الجوي وكذلك مستشعرات تحديد المواقع الجغرافية.	المستشعرات Sensors
200 - 0	تعتمد تكلفة المنصة الموجه الواحدة على مدى الارتفاع الذي سوف توضع فيه، حيث كلما ازاد الارتفاع كبرت مساحة التغطية لها. ويمكن الاستفادة من المنصات القائمة والخاصة بالشبكات الخلوية او منصات مزودي خدمة الانترنت المحليين ISP	المنصات Antenna
3000	عند فرض نصب بوابتين مع 10 متحسسات لكل بوابة فان الكلفة التقديرية الكلية بالحدود الاعلى تكون:	



وحيث ان مساحة مدينة الموصل هي حدود  $180\text{km}^2$  وان المساحة التي يمكن تغطيتها من قبل المحطة الواحدة هي  $28\text{km}^2$  على فرض ان امكانية التغطية للمحطة الواحدة بقطر  $3\text{km}$ ، فانه يمكن تغطية جميع مساحة مدينة الموصل بشبكة LoRaWAN بما يقارب بين 7-10 منصة للبوابات GWs اي حدود 15000-10500 دولار ، مع ملاحظة ان حساب مساحة التغطية تخضع للتجربة والتعديل بعد الاخذ بالحسبان العوامل المؤثرة على قوة الاشارة المرسله والتي تتأثر باختلاف عوامل عدة من اهمها: ارتفاع موجه البوابة (GW Antenna) عن الارض وكذلك نوعية التضاريس المحيطة بالمنصة وكذلك وجود الابنية المرتفعة او العوائق الطبيعية Obstacles.

كما وإنه من الضروري - كواحدة من متطلبات تشغيل وبث إشارات المرسلات الراديوية- الحصول على تراخيص البث للاسلكي لأجهزة الاتصالات الخاصة بهذه الشبكة (Outdoor G.W. and Senior Actuators) وحسب الجهة المسؤولة عن منح هذه التراخيص القانونية في العراق (هيئة الاعلام والاتصالات CMC)، ومما ننوه عليه هنا ان خطط الترددات Frequency Plans الخاصة بالعراق غير مدرجة في قاعدة البيانات المسجلة لدى موقع مؤسسة The Thinks Network والتي هي المؤسسة العالمية الراعية لتقديم اجهزة الاتصالات والحلول التقنية لشبكات LoRaWAN [7]. لما يستدعي من الجهات والهيئات المعنية بمخاطبة هذه المؤسسة لغرض إدراج ترددات البث والاستقبال المسموح بها للنشر اللاسلكي بصورة مجانية ضمن الشبكة وضمن نطاق ترددات ISM.

### الخاتمة والتوصيات:

هذه المقالة تقترح أنموذجاً أولياً لإدخال خدمة شبكة LoRaWAN كأحد التقنيات الواعدة في مجال تقنيات انترنت الاشياء IoT الى مدينة الموصل ومن ثم دراسة إمكانية نقل هذه التقنية الى باقي المدن كمشروع وطني. وكما توصي هذه المقالة بأهمية تبني هذه التقنية الواعدة من قبل وزارة التعليم العلي والبحث العملي كونها تتسجم مع متطلعات الوزارة في تبني وتطوير المشاريع البحثية التطبيقية الرائدة ذات المردود البحثي والاقتصادي الواعد، كما توصي بمفاتيح الجهات الرسمية المعنية بإدراج تراخيص البث اللاسلكي الخاصة بهذه الشبكة بالعمل داخل العراق.



## Conflict of interests; -

There are no conflicts of interest.

## References

- [1] “The IoT rundown for 2020: Stats, risks, and solutions -,” *Security Today*. [Online]. Available: <https://securitytoday.com/Articles/2020/01/13/The-IoT-Rundown-for-2020.aspx?Page=2>. [Accessed: 30-Apr-2023].
- [2] M. S. Mahmoud and A. A. H. Mohamad, “A study of efficient power consumption wireless communication techniques/ modules for internet of things (IoT) applications,” *Adv. Internet Things*, vol. 06, no. 02, pp. 19–29, 2016.
- [3] “Semtech LoRa Technology overview,” *Semtech.com*. [Online]. Available: <https://www.semtech.com/lora>. [Accessed: 30-Apr-2023].
- [4] M. A. Ertürk, M. A. Aydın, M. T. Büyükakkaşlar, and H. Evirgen, “A survey on LoRaWAN architecture, protocol and technologies,” *Future Internet*, vol. 11, no. 10, p. 216, 2019.
- [5] F. Adelantado, X. Vilajosana, P. Tuset-Peiro, B. Martinez, J. Melia-Segui, and T. Watteyne, “Understanding the limits of LoRaWAN,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 55, no. 9, pp. 34–40, 2017.
- [6] L. R. de Oliveira, P. de Moraes, L. P. S. Neto, and A. F. da Conceição, “Review of LoRaWAN Applications,” *arXiv [cs.NI]*, 2020.
- [7] The Things Network, “The things network,” *The Things Network*. [Online]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org>. [Accessed: 30-Apr-2023].
- [8] “LoRa Alliance® End of Year Report 2020,” *FlippingBook*. [Online]. Available: <https://online.flippingbook.com/view/902351>. [Accessed: 30-Apr-2023].
- [9] D.-Y. Kim and S. Kim, “Dual-channel medium access control of low power wide area networks considering traffic characteristics in IoE,” *Cluster Comput.*, vol. 20, no. 3, pp. 2375–2384, 2017.
- [10] L. Brief History Of, *A Brief History of LoRa: Three Inventors Share Their Story*. 2020.
- [11] S. Afzal, L. C. C. De Biase, G. Fedrecheski, W. T. Pereira, and M. K. Zuffo, “Analysis of web-based IoT through heterogeneous networks: Swarm Computing over LoRaWAN,” *Sensors (Basel)*, vol. 22, no. 2, p. 664, 2022.

## المرفقات

فيما يلي روابط لأهم الشركات العالمية في مجال تصنيع منتجات واجهزة تقنيات الاتصالات والخدمات الصناعية والتجارية والصحية التي ادخلت تقنية LoRaWAN ضمن خطوط حلولها الانتاجية، حيث يشير موقع تحالفات LoRaWAN Alliance <https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/> الى اكثر من 500 عضو مشارك في (قت اعداد هذه المقالة) منتشرين على اكثر من 200 بلد حول العالم ابتداءً من شركات رواد التكنولوجيا مثل IBM و Cisco و HP والشركات الرائدة الاخرى في مجال التكنولوجيا والعديد من الشركات المتوسطة والناشئة.

وفيما يلي عرض لأهم هذه الشركات ومواقعهم الالكترونية بالإضافة الى نماذج من المشاريع الخاصة بهذه التقنية.

## الشركات الرائدة

1. انظمة شركة cisco الامريكية  
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/lorawan-solution.html>
2. شركة IBM الامريكية  
<https://www-356.ibm.com>
3. شركة Mikrotik اللاتفية  
<https://mikrotik.com/products/group/iot-products>
4. شركة خدمات الاتصالات Orange الفرنسية  
<https://www.orange-business.com/fr/reseau-iot>
5. موقع الخدمات السحابية Amazon AWS-Cloud  
<https://aws.amazon.com/iot-core/lorawan>
6. شركة Milesight الصينية  
<http://www.milesight-iot.com>
7. شركة Actility لحلول تطبيقات IoT  
<https://www.actility.com>

## المشاريع:

1. المشروع البحثي لورا في الفضاء lacuna Space  
<https://lacuna.space>
2. مشروع ادارة مواقف العجلات الذكي Smart Parking PlacePod  
<https://www.pnicorp.com/placepod>
3. مشروع مراقبة الماشية SODAQ Cattle Tracker  
<https://shop.sodaq.com/sodaq-cowtracker-v2.html>
4. تطوير السكك الحديدية في المانيا Deutsche Bahn, DB  
<https://thethingsindustries.com/stories/deutsche-bahn>
5. مشروع مراقبة الحاويات على السفن التجارية الكبيرة  
<https://www.orbcomm.com/#addsearch=lora>
6. زيادة الخدمات اللوجستية في اسواق Carrefour العالمية  
<https://blog.semtech.com/carrefour-maximizes-logistics-with-lora-technology>



- <https://www.axians.com/innovation-technology/smart-building-cities> .7 مشروع المدينة الذكية من شركة axians
- <https://www.thethingsindustries.com/news/things-industries-partner-deutsche-telekom-iot-combine-power-lorawan-and-lte-m> .8 التعاون بين تقنية 4G LTE-M و LoRAWAN من قبل شركة Deutsche Telekom الألمانية
- <https://www.koolzone.com/> .9 مراقبة درجات الحرارة للبضائع والأجهزة الطبية والاطعمة
- <https://www.actility.com/volvo-group-implements-in-its-trucks-plant-an-iot-tracking-solution-using-lorawan-gps-trackers-and-network-management-from-actility/> .10 مجموعة فولفو Volvo Group مراقبة عجلات البضائع التابعة لها بالتعاون مع LoRa
- <https://www.flexcity.energy/en> .11 تصميم المقاييس الذكية لحلول الطاقة والحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية
- <https://senraco.com/> .12 مشروع الحفاظ على الموارد المائية الصالحة للشرب من شركة SenRa الهندية
- <https://wireless-solutions.de/products/lora-solutions-by-imst/> .13 حلول تقليل استهلاك الطاقة في المنازل والمنشآت الصناعية من شركة IMST الألمانية
- <https://www.webee.io/> .14 الإدارة الذكية للخطوط الإنتاجية الزراعية من شركة Webee الأمريكية
- <https://orbiwise.com/> .15 مراقبة التلوث الناتج من الضوضاء في الطرق داخل المدن من شركة OrbiWise السويسرية