

University of Mosul  
College of Engineering



# **Reliable Industrial IoT Monitoring and Controlling System for Remote Clients**

Mohammed Basil Shukur Mahmood

Ph.D. Thesis in Computer Engineering / Computer Engineering

Supervised By

Prof. Dr. Jassim Mohammed Abdul-Jabbar

---

April/2023 A.D.

Ramadan/1444 A.H.

## **ABSTRACT**

The Industrial Internet of Things (IIoT) is a promising technology that can increase the number of high-quality productions. IIoT technologies guarantee complete control of the processes remotely through the Internet, which can reduce the number of workers in the field. As a result, this can reduce the percentage of worker injuries and accidents in addition to the total costs. IIoT systems are attractive targets to attackers. For this reason, these systems require high levels of security since such levels directly affect physical devices, which may be dangerous to human life and safety.

This thesis aims to build an efficient, reliable Industrial-IoT system for regions with slow, unreliable Internet connections to maintain the minimum requirements for industrial processes and guarantee production sustainability. Also, it establishes a remote monitoring and control system practically using KEPServerEX.

The considerable increase in new industrial devices requires new efficient communication protocols with innovative methods to deal with the enormous real-time data transferred between the transmitter and the receiver. For this reason, an innovative communication method will be designed and implemented utilizing two well-known IIoT protocols: Open Platform Communication-Unified Architecture (OPC UA) and Simple Network Management Protocol (SNMP).

The innovative idea is to use two communication links between the transmitter and the receiver. This method ensures the availability and

integrity of the data in the case of normal network load. In addition, the system uses the two links to support each other by sending the same data through them to maintain the minimum requirement for communication between the transmitter and the receiver in the case of a heavy network load. The proposed system has been accomplished practically by using two different ISPs. Two real communication channels are established between the client PC and the server PC through the Internet; therefore, the results shown in this work are subject to real network effects like multi-layer, delay, and packet loss phenomena.

The communication between client and server is accomplished through the Internet using Fiber to the Home (FTTH) architecture with a dedicated public IP address on the server side. At the same time, 3G mobile data and FTTH have been used on the client side. OPC UA is used to transfer automation data between the client and the server through the Internet. A redundant Internet link is used in parallel with the other link to provide more reliability, availability, and security to the system.

The results show that the maximum Round Trip Time (RTT) between the client and the server is 190 ms. The designed system sends an alarm to the client in case of detecting link communication failure, link transmission delay, or malicious data injection into the system within a time delay between 200 to 300 ms.

The results also show that the traffic required to transfer six analog tags between the client and the receiver when using OPC UA is 748 Bytes/s, whereas 393 bytes/s when using SNMP. The designed system with dual links improves the system availability from 99.174% to 99.9932% and the reliability from 36.778% to 99.187%.



جامعة الموصل

كلية الهندسة

## نظام مراقبة وتحكم موثوق لإنترنت الأشياء الصناعية للعملاء البعيدين

محمد باسل شكر محمود

اطروحة دكتوراه فلسفة في هندسة الحاسوب / هندسة الحاسوب

بإشراف

الأستاذ الدكتور جاسم محمد عبد الجبار

## الخلاصة

إنترنت الأشياء الصناعية هي تقنية جديدة واعدة يمكن استخدامها لزيادة كمية وجودة المنتجات الصناعية. تضمن تقنيات إنترنت الأشياء الصناعية التحكم الكامل في العمليات الصناعية والانتاجية عن بُعد من خلال الإنترنت والتي يمكن أن تقلل من عدد العاملين في المصانع والمعامل مما يقلل من نسبة الإصابات والحوادث اثناء العمل بالإضافة إلى ذلك يمكن تقليل التكاليف الإجمالية. تعد أنظمة إنترنت الأشياء الصناعية من الأهداف الجذابة لقرصنة المعلومات ولهذا السبب تتطلب هذه الأنظمة مستويات عالية من الأمان لأن هذه الأنظمة لها تأثيرات مباشرة على الأجهزة المادية التي قد تكون مصدر خطورة على حياة الإنسان وسلامته في حال تعرضها لهجوم إلكتروني خارجي.

تهدف هذه الأطروحة إلى بناء نظام إنترنت الأشياء الصناعية بشكل فعال وآمن وموثوق به للمناطق ذات اتصالات الإنترنت البطيئة والغير موثوقة للحفاظ على الحد الأدنى من متطلبات العمليات الصناعية وضمان استدامة الإنتاج. تقدم هذه الأطروحة نظام مراقبة وتحكم عن بعد بشكل عملي باستخدام (KEPServerEX).

تتطلب الزيادة الكبيرة الحاصلة في الأجهزة الصناعية الذكية الى بروتوكولات اتصال جديدة وفعالة بأساليب مبتكرة للتعامل مع البيانات الهائلة في الوقت الحقيقي المنقولة بين المرسل والمستقبل. لهذا السبب، سنقوم بتنفيذ وتصميم طريقة اتصال مبتكرة باستخدام بروتوكولين معروفين جيدًا لإنترنت الأشياء الصناعية: بروتوكول الهيكل الموحد (OPC UA) وبروتوكول إدارة الشبكات البسيطة (SNMP).

الفكرة المبتكرة في هذه الأطروحة هي استخدام قناتي اتصال بين المرسل والمستقبل وباستخدام بروتوكولين مختلفين. تضمن هذه الطريقة توفر البيانات وسلامتها في حالة التشغيل الاعتيادي للشبكة. بالإضافة إلى ذلك، يستخدم النظام القناتين لدعم بعضهما البعض عن طريق إرسال نفس البيانات من خلالهما للحفاظ على الحد الأدنى من متطلبات الاتصال بين المرسل والمستقبل في حالة الحمل الثقيل على الشبكة. تم تنفيذ النظام المقترح عمليًا باستخدام اثنين من مزودي خدمة الإنترنت وتم إنشاء قناتين حقيقيتين للاتصال بين كمبيوتر العميل وجهاز كمبيوتر الخادم عبر الإنترنت؛ لذلك، فإن النتائج الموضحة في هذا العمل تخضع لتأثيرات شبكة حقيقية مثل ظاهرة تعدد الطبقات والتأخير وفقدان الحزم.

يتم إجراء الاتصال بين العميل والخادم عبر الإنترنت باستخدام الألياف الضوئية (FTTH) مع عنوان (IP) عام مخصص على جانب الخادم. في الوقت نفسه، على جانب العميل يتم استخدام بيانات الهاتف المحمول من الجيل الثالث والألياف الضوئية (FTTH). تم استخدام الهيكل الموحد (OPC UA) لنقل بيانات الأتمتة بين العميل والخادم عبر الإنترنت. يتم استخدام ارتباط الإنترنت المزدوج لتوفير مزيد من الموثوقية وتوافر الشبكة وأمان النظام.

تظهر النتائج أن الحد الأقصى لوقت الذهاب والإياب (RTT) بين العميل والخادم هو 190 مللي ثانية. يرسل النظام المصمم إنذارًا مبكرًا للعميل في حالة اكتشاف فشل في الاتصال أو تأخير في الإرسال أو إدخال بيانات ضارة إلى النظام خلال فترة زمنية تتراوح بين 200 إلى 300 مللي ثانية.

تظهر النتائج أيضًا، ان حركة المرور المطلوبة لنقل ستة اشارات تماثلية بين العميل والمستقبل عند استخدام بروتوكول الهيكل الموحد هي 748 بايت / ثانية ، بينما 393 بايت / ثانية عند استخدام بروتوكول إدارة الشبكات البسيطة. يعمل النظام المصمم ذو قناتي اتصال بين المرسل والمستقبل على تحسين توفر النظام من 99.174% إلى 99.9932% والموثوقية من 36.778% إلى 99.187%.