Ministry of Higher Education and
Scientific Research
University of Mosul
College of Computer Science and
Mathematics
Department of Computer Science

Integration of Cloud of Things (CoT) with Big Data for Telemedicine

**A Thesis Submitted to the Council of the College of
Computer Science and Mathematics
University of Mosul
as a Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in
Computer Science**

By

Zeena Nabil Jamil Saadaldeen

**Supervised by
Prof. Dr. Dhuha Basheer Abdullah Mohammed**

2024 A.D. **1445 A.H.**

ABSTRACT

In today's world, telemedicine has become increasingly crucial, gaining significant attention and recognition. Numerous efforts have focused on intelligently modeling telemedicine by integrating the Internet of Things (IoT) with cloud computing technology to produce the so-called Cloud of Things (CoT). Cloud of Things has grown as a promising technology in academia, medicine, and industry and is an important innovation driver that helps many developing sectors.

IoT devices play an important role in monitoring patients' health. Cloud computing also provides many advantages, including cost savings, simplicity, flexibility, and the ability to contain the huge amount of information generated from the Internet of Things devices. Despite the great benefits of the cloud of things in telemedicine, many obstacles hinder its progress. The most important of these obstacles is how to deal with and control the huge amount of data generated from Internet of Things devices, latency time, rapid response, and ensuring accuracy in medical systems, frameworks, and architectures due to their close relationship with human health, additional to availability, fault tolerance, and the ability to expand.

This thesis presented an innovative framework that combines IoT Cloud, Fog Computing, machine learning, and ensemble learning to deal with big data generated from IoT devices for telemedicine management. This architecture harnesses emerging technologies, such as the Internet of Things and distributed Computing, where tasks are divided among multiple nodes for parallel processing and mobile applications, to improve quality of service (QoS) in real-time.

The proposed framework enhances fog computing and the centralized and decentralized computational model for local data processing to improve response time. It combines fog computing and cluster.

head-based load balancing, which leads to improving access time and reducing network bandwidth and response time effectively.

This Intelligent Real-Time Cloud of Things Framework underscores the importance of ensuring system availability and continuity by leveraging cloud elasticity, particularly in instances of system inundation, along with hardware failure handling mechanisms. It can also be configured to work in a variety of scenarios according to demand and need.

The proposed framework provided the possibility of building an auxiliary cloud-based database. This involves storing pre-processed data in the cloud environment. The auxiliary cloud database serves as an instrument for expanding the comprehensive database. This expansion, in turn, enables

the extraction of in-depth insights into patients' conditions. Furthermore, it allows for uncovering relationships and correlations that significantly influence the enhancement of medical staff decision-making processes.

The proposed framework was applied and tested in predicting two different types of diseases: predicting gestational diabetes in pregnant women and predicting kidney disease through several scenarios. Experiments have shown good performance and efficiency in both applications. The percentage of improvement in forecast accuracy reached about 6.5% when using ensemble learning when using the proposed framework to predict gestational diabetes, and the improvement in energy use reached about 87.01% when using fused fog computing instead of cloud computing.

As for applying this framework to predict kidney disease, the proposed model achieved an amazing accuracy of almost 99.953%, while the fog environment reduced latency by 31% and energy consumption by 75% compared to traditional cloud-based solutions.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل
كلية علوم الحاسوب والرياضيات
قسم علوم الحاسوب

تكامل سحابة الأشياء مع البيانات الضخمة للتطبيب عن بعد

اطروحة مقدمة
الى مجلس كلية علوم الحاسوب والرياضيات في جامعة الموصل
كجزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه فلسفة في
علوم الحاسوب

من قبل

زينة نبيل جميل سعدالدين

بإشراف
أ.د. ضحى بشير عبدالله محمد

٢٠٢٤ م ١٤٤٥هـ

المستخلص

في عالم اليوم، أصبح التطبيب عن بعد أمرًا بالغ الأهمية بشكل متزايد، حيث اكتسب اهتمامًا وتقديرًا كبيرًا. ركزت العديد من الجهود على نمذجة التطبيب عن بعد بذكاء من خلال دمج إنترنت الأشياء (IoT) مع تكنولوجيا الحوسبة السحابية لإنتاج ما يسمى بسحابة الأشياء .(CoT) لقد نمت سحابة الأشياء كتقنية واعدة في الأوساط الأكاديمية والطب والصناعة وهي محرك ابتكار مهم يساعد العديد من القطاعات النامية.

تلعب أجهزة إنترنت الأشياء دورًا مهمًا في مراقبة صحة المرضى. كما توفر الحوسبة السحابية العديد من المزايا، بما في ذلك توفير التكاليف، والبساطة، والمرونة، والقدرة على احتواء الكم الهائل من المعلومات الناتجة عن أجهزة إنترنت الأشياء. على الرغم من الفوائد الكبيرة التي توفرها سحابة الأشياء في التطبيب عن بعد، إلا أن الكثير من العوائق تعيق تقدمها. وأهم هذه العوائق هو كيفية التعامل والتحكم في الكم الهائل من البيانات المتولدة من أجهزة إنترنت الأشياء وزمن الكمون والاستجابة السريعة وضمان الدقة في الأنظمة والأطر والمعماريات الطبية نظرا لارتباطها الوثيق بصحة الإنسان. بالإضافة إلى التوفر والتسامح مع الأخطاء والقدرة على التوسع.

قدمت هذه الأطروحة إطارًا مبتكرًا يجمع بين سحابة إنترنت الأشياء وحوسبة الضباب والتعلم الآلي والتعلم الجماعي للتعامل مع البيانات الضخمة الناتجة عن أجهزة إنترنت الأشياء لإدارة التطبيب عن بعد. تسخر هذه البنية التقنيات الناشئة، مثل إنترنت الأشياء والحوسبة الموزعة، حيث يتم تقسيم المهام بين عقد متعددة للمعالجة المتوازية وتطبيقات الهاتف المحمول، لتحسين جودة الخدمة (QoS) في الوقت الفعلي.

يعزز الإطار المقترح حوسبة الضباب والنموذج الحسابي المركزي واللامركزي لمعالجة البيانات المحلية لتحسين وقت الاستجابة. فهو يجمع بين الحوسبة الضبابية والكتلة.

موازنة التحميل على أساس الرأس، مما يؤدي إلى تحسين وقت الوصول وتقليل عرض النطاق الترددي للشبكة ووقت الاستجابة بشكل فعال.

يؤكد إطار عمل سحابة الأشياء الذكي في الوقت الفعلي على أهمية ضمان توفر النظام واستمراريته من خلال الاستفادة من مرونة السحابة، لا سيما في حالات غمر النظام، إلى جانب آليات التعامل مع فشل الأجهزة. ويمكن أيضًا تهيئتها للعمل في مجموعة متنوعة من السيناريوهات وفقًا للطلب والحاجة.

يوفر الإطار المقترح إمكانية بناء قاعدة بيانات سحابية مساعدة. يتضمن ذلك تخزين البيانات المعالجة مسبقًا في البيئة السحابية. تعمل قاعدة البيانات السحابية المساعدة كأداة لتوسيع قاعدة البيانات الشاملة. ويتيح هذا التوسع بدوره استخلاص رؤى متعمقة حول حالة المرضى. علاوة على ذلك، فهو يسمح بالكشف عن العلاقات والارتباطات التي تؤثر بشكل كبير على تعزيز عمليات اتخاذ القرار لدى الطاقم الطبي.

تم تطبيق الإطار المقترح واختباره في التنبؤ بنوعين مختلفين من الأمراض: التنبؤ بسكري الحمل لدى النساء الحوامل والتنبؤ بأمراض الكلى من خلال عدة سيناريوهات. وقد أظهرت التجارب أداء وكفاءة جيدة في كلا التطبيقين. وبلغت نسبة التحسن في دقة التنبؤ حوالي ٦.٥% عند استخدام التعلم المجمع عند استخدام الإطار المقترح للتنبؤ بسكري الحمل، كما وصل التحسن في استخدام الطاقة إلى حوالي ٨٧.٠١% عند استخدام حوسبة الضباب المنصهر بدلا من الحوسبة السحابية.

أما فيما يتعلق بتطبيق هذا الإطار للتنبؤ بأمراض الكلى، فقد حقق النموذج المقترح دقة مذهلة بلغت ٩٩.٩٥٣% تقريبًا، بينما خفضت بيئة الضباب زمن الوصول بنسبة ٣١% واستهلاك الطاقة بنسبة ٧٥% مقارنة بالحلول السحابية التقليدية.