

University of Mosul
College of Engineering



Multi-hop Energy Efficient Cluster-based Routing Protocol Development for Internet of Things Networks

Noor Raad Saadallah Ahmed

Ph.D. Thesis

In

Electrical Engineering/Electrical Engineering

Supervised by

Assistant Professor Dr. Salah Abdulghani Jaro

2023A.C

1445A.H

Abstract

Wireless Sensor Networks (WSNs) are intricate systems that amalgamate sensor technologies, micro-electro-mechanical systems (MEMS), and wireless networking. Using data collection and analysis facilitates the fulfillment of a diverse array of applications. However, these networks face a significant barrier in the form of the limited battery capacity of the sensors. The existence of this constraint has prompted the development of routing protocols that emphasize the reduction of energy consumption, optimization of data transmission channels, minimizing communication overhead, and adaptation to dynamic network conditions. The main aim of these initiatives is to extend the operating lifespan of networks, enhance their reliability, and make significant contributions to the sustainable and resilient ecosystems of WSN and the Internet of Things (IoT).

The quest to produce energy-efficient solutions encompasses more than just particular protocols, encompassing a broader focus on advancing WSNs and the IoT domains. To address the unique challenges posed by the implementation of IoT systems, such as energy efficiency, scalability, dependability, and flexibility, it is crucial to thoroughly consider the inherent limitations of IoT devices and the diverse array of application domains they encompass. This thesis introduces useful enhancements to the Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) protocol. The primary objective of this work is to investigate the problem of randomness in the selection of cluster heads (CH) and the subsequent imbalance that occurs in the development of clusters. A unique methodology is suggested to address this issue, which entails optimizing the selection

of CHs by employing a probabilistic equation. The simulation findings indicate that the Multi-hop Optimum Cluster Head (MHOCH) protocol outperforms LEACH in terms of performance, with a notable 92% improvement in network lifetime, especially in scenarios including random node distribution. The Genetic Cluster Head (GCH-LEACH) protocol, which incorporates a genetic algorithm, exhibits enhanced performance in scenarios defined by an uneven distribution, surpassing that of LEACH and other protocols. This enhancement is of considerable importance and deserving of attention. The thesis incorporates many methodologies, such as optimal cluster creation, CH selection, data packet compression, multi-hop communication, and time/event-based scheduling, to reduce network congestion within the distinct Multi-hop Optimum Cluster Head Compress Data Aggregation (MOCDA) protocol. This protocol exhibits a notable improvement of 100% compared to alternative current protocols, substantiating its capacity to propel the progression of WSNs and augment their practical use.

This work presents two methodologies, namely Mobile Sink Particle Swarm (MSPSO) and K-means Mobile Sink Particle Swarm (KMSPSO), as potential approaches to enhance energy efficiency, stability, and adaptability in response to changing network conditions. Both approaches exhibit greater performance when compared to their competitors, thereby emphasizing their capacity to adapt and persevere to maintain network lifetime, even in dynamic settings.



جامعة الموصل
كلية الهندسة

تطوير بروتوكول التوجيه العنقودي الموفر للطاقة متعدد المراحل لشبكات إنترنت الأشياء

نور رعد سعد الله أحمد

اطروحة دكتوراه فلسفة في
الهندسة الكهربائية/ هندسة كهربائية

بإشراف

الاستاذ المساعد الدكتور

صلاح عبد الغني جaro

المخلص

شبكات الاستشعار اللاسلكية (WSNs) هي أنظمة معقدة تدمج تقنيات الاستشعار والأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS) والشبكات اللاسلكية. إن استخدام جمع البيانات وتحليلها يسهل تحقيق مجموعة متنوعة من التطبيقات. ومع ذلك، تواجه هذه الشبكات عائقًا كبيرًا يتمثل في محدودية سعة بطارية أجهزة الاستشعار. وقد أدى وجود هذا القيد إلى تطوير بروتوكولات التوجيه التي تؤكد على تقليل استهلاك الطاقة، وتحسين قنوات نقل البيانات، وتقليل حمل الاتصالات، والتكيف مع ظروف الشبكة الديناميكية. الهدف الرئيسي من هذه المبادرات هو إطالة عمر تشغيل الشبكات، وتعزيز موثوقيتها، وتقديم مساهمات كبيرة في النظم البيئية المستدامة والمرنة لـ WSN وإنترنت الأشياء (IoT). يشمل السعي لإنتاج حلول موفرة للطاقة أكثر من مجرد بروتوكولات معينة، حيث يشمل تركيزًا أوسع على تطوير شبكات WSN ومجالات إنترنت الأشياء. ولمواجهة التحديات الفريدة التي يفرضها تنفيذ أنظمة إنترنت الأشياء، مثل كفاءة الطاقة وقابلية التوسع والاعتمادية والمرونة، من الضروري النظر بدقة في القيود المتأصلة في أجهزة إنترنت الأشياء ومجموعة متنوعة من مجالات التطبيق التي تشملها.

تقدم هذه الأطروحة تحسينات جديدة لبروتوكول التسلسل الهرمي للمجموعات التكيفية منخفضة الطاقة (LEACH). الهدف الأساسي من هذا العمل هو دراسة مشكلة العشوائية في اختيار رؤوس العناقيد (CH) وعدم التوازن اللاحق الذي يحدث في تطور العناقيد. يُقترح اتباع منهجية جديدة لمعالجة هذه المشكلة، والتي تستلزم تحسين اختيار رؤوس العناقيد من خلال استخدام معادلة الاحتمالية. عندما ينخفض مستوى طاقة رأس العنقود عن حد معين، يتم نقل واجب القيادة إلى عضو آخر في المجموعة يتمتع بطاقة أكبر. يتجنب هذا الأسلوب الحاجة إلى إعادة التجميع على مستوى الشبكة ويعزز كفاءة الشبكة بشكل كبير. تشير نتائج المحاكاة إلى أن بروتوكول رأس المجموعة الأمثل متعدد القفزات (MHOCH) يتفوق على LEACH من حيث الأداء، مع تحسن ملحوظ بنسبة ٩٢% في عمر الشبكة، خاصة في السيناريوهات بما في ذلك توزيع العقد العشوائي. يُظهر

بروتوكول رأس المجموعة الجينية (GCH-LEACH) ، الذي يشتمل على خوارزمية جينية، أداءً محسناً في السيناريوهات المحددة بالتوزيع غير المتكافئ، متجاوزاً أداء LEACH والبروتوكولات الأخرى. وهذا التحسين له أهمية كبيرة ويستحق الاهتمام. تتضمن الأطروحة العديد من المنهجيات، مثل إنشاء المجموعة الأمثل، واختيار رأس العنقود ، وضغط حزم البيانات، والاتصالات متعددة القفزات، والجدولة المستندة إلى الوقت/الحدث، لتقليل ازدحام الشبكة داخل جميع البيانات المضغوط متعدد القفزات الأمثل (MOCDA) بروتوكول.

يُظهر هذا البروتوكول تحسناً ملحوظاً بنسبة ١٠٠% مقارنةً بالبروتوكولات الحالية البديلة، مما يؤكد قدرته على دفع تطور شبكات الاستشعار اللاسلكية وزيادة استخدامها العملي. يقدم هذا العمل منهجيتين، هما سرب جسيمات الحوض المتثقل (MSPSO) و (K-mean) يعني سرب جسيمات الحوض المتثقل (KMSPSO) ، كنهج محتمل لتعزيز كفاءة الطاقة والاستقرار والقدرة على التكيف استجابة لظروف الشبكة المتغيرة. يُظهر كلا النهجين أداءً أكبر عند مقارنتهما بمنافسيهما، مما يؤكد على قدرتهما على التكيف والمثابرة للحفاظ على عمر الشبكة، حتى في الإعدادات الديناميكية. إن التحقيق في خوارزميات التوجيه المستندة إلى الكتلة والموفرة للطاقة متعددة القفزات في إطار شبكات إنترنت الأشياء له أهمية علمية كبيرة. تم تحسين LEACH باستخدام خوارزميات التحسين ، المعترف بها جيداً، لمعالجة تحديات كفاءة الطاقة التي تمت ملاحظتها في سيناريوهات إنترنت الأشياء على وجه التحديد. تضيف الأطروحة بشكل كبير إلى المجال دائم التطور للبروتوكولات الموفرة للطاقة، مما يعزز تطوير واستمرارية شبكات WSN وتقنيات إنترنت الأشياء.