

University of Mosul
College of Engineering



Development of Routing Protocol for Low Power Lossy Networks for IoT Environment

Nariman Najeeb Shaba Hadaya

M.Sc. / Thesis

Science in Computer Engineering / Computer Engineering

Supervised by

Asst. Prof. Dr. Salah Abdulghani

2021 A.D.

1442 A.H.

Abstract

The Routing Protocol for Low Power Lossy Networks (RPL) gained a lot of popularity in the research community with the advent of the Internet of Things (IoT). The RPL's Objective Function (OF) calculates the ranks of nodes on the network depending on one routing metric. Because of the single metric, both Minimum Rank with Hysteresis Objective Function (MRHOF) and Objective Function Zero (OF0) will suffer from long hops when selecting the routes to the sink. Moreover, selecting an inefficient route, like paths containing nodes with small residual energy, may consume the node's energy faster than other nodes. Also unbalanced choice of parents makes bottleneck nodes that cause more network delay and high Packet Loss Ratio (PLR) because of the high congestion nodes. This causes unreliable and inefficient networks. However, it is challenging to provide high Packet Delivery Ratio (PDR), low power consumption, and reliable services. To solve the problem of a bottleneck, we suggested a load balance algorithm. Additionally, to solve the problem of choosing the node with little energy, we proposed a residual energy metric. To get high efficient network, we suggested an improved OF that takes into consideration three metrics (Load, Residual Energy, and Expected Transmission Count (ETX) metrics). The Cooja simulator was used in this analysis. For the PDR, it has improved by 40.59%. With regard to power consumption, the proposed protocol succeeded in reducing it by 132.16 mW in the network with 60 nodes. In the network with 70 nodes of three transmission ranges (40m, 50m, and 60m) the proposed protocol increased the average PDR by 54.305 %, 58.425%, and 2.75%. About the total power consumption, it

decreased by 144.003 mW, 181.815 mW, and 13.524 mW. With various TX,RX ratios (100,100, 85,85, and 75,75), in the network with 70 nodes, in terms of PDR, the proposed protocol increased the average PDR by 22.81%, 13.74%, and 8.5%. As for the total power consumption, the proposed protocol decreased the total power consumption by 75.6 mW, 43.82 mW, and 63.9 mW, respectively. We compared the performance of the proposed protocol with many protocols (OF0, MRHOF, FUZZY, ERAOF, OFRRT-FUZZY, OFECF, RPL-FL, RPL-EC). The results showed that the proposed protocol succeeded in improving the network performance by achieving a high PDR and low power consumption, compared to all other protocols. We proposed a Multi-Sink RPL. In the network with 70 nodes, with different sink nodes (1, 2, and 3), the PDR is 80.43%, 90.24%, and 93.573%, the power consumption is 215.18 mW, 121.73 mW, and 112 mW. In crowded networks, the MRHOF suffers from high congestion and high delay, but the proposed protocol maintains a high performance. With the network with 100 nodes the PDR, the power consumption for the proposed protocol is 88.73%, 226.512 mW, while the PDR is 31.408%. The power consumption is 349.362 mW, for the RPL MRHOF. We conclude that the OF that takes only one metric is not sufficient and the OF that takes more than one metric is more accurate and efficient. Load balancing is very important in the RPL networks to avoid congestion and delay.

الملخص

اكتسب RPL شعبية كبيرة في مجال البحث مع ظهور إنترنت الأشياء. تحسب وظيفة الهدف (OF) في RPL رتبة العقد في الشبكة اعتمادًا على مقياس توجيهه (metric) واحد. بسبب المقياس الفردي، سيعاني كل من MRHOF و OF0 من قفزات طويلة عند تحديد المسارات إلى عقدة sink، قد يؤدي تحديد المسارات غير الفعالة مثل المسارات التي تحتوي على عقد ذات طاقة متبقية صغيرة إلى استهلاك طاقة العقدة بشكل أسرع من العقد الأخرى. أيضا الاختيار غير المتوازن للأداء في RPL، يسبب عقد مزدحمة (bottleneck) والتي تسبب تأخير في الشبكة ونسبة عالية من فقدان الحزم، هذا يجعل الشبكة غير جيدة. انه تحدي ان نحصل على PDR عالية، استهلاك طاقة اقل و شبكة موثوقة. لحل مشكلة bottleneck اقترحنا خوارزمية لعمل موازنة الحمل. لحل مشكلة اختيار عقد ذات طاقة منخفضة، اقترحنا اخذ الطاقة المتبقية للعقدة عند حساب OF واختيار افضل مسار. للحصول على شبكة كفوءة اقترحنا OF جديدة لتحسين RPL حيث تأخذ في الاعتبار ثلاثة مقاييس (Load, Residual Energy, ETX). الاداة المستخدمة هي Cooja Simulator. ارتفع PDR بنسبة 40.59%، من حيث استهلاك الطاقة، نجح البروتوكول المقترح في تقليل إجمالي استهلاك الطاقة بنسبة 132.16 mW في الشبكة ذات 60 عقدة. في الشبكة ذات 70 عقدة، مع ثلاثة نطاقات ارسال (40 متر، 50 متر، و 60 متر)، حقق البروتوكول المقترح ازدياد في معدل PDR بنسبة 54.305%، و 58.425%، و 2.75%، البروتوكول المقترح قلل إجمالي استهلاك الطاقة بنسبة 144.003 mW، 181.815 mW و 13.524 mW، على التوالي. مع نسب مختلفة من TX,RX (85,85، 100,100)،

و(75,75)، في الشبكة التي تحتوي على 70 عقدة، في البروتوكول المقترح ازداد معدل PDR بنسبة 22.81% و 13.74% و 8.5%. من حيث إجمالي استهلاك الطاقة، قلل البروتوكول المقترح إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار 75.6mW, 43.82 mW, 63.9mW. قمنا بمقارنة أداء البروتوكول المقترح مع العديد من البروتوكولات مثل (MRHOF، OF0)، (FUZZY، ERAOF، OFRRT-FUZZY، OFECF، RPL-FL، RPL-EC)، وتبين النتائج أن البروتوكول المقترح نجح في تحسين أداء الشبكة من خلال تحقيق نسبة عالية من PDR، انخفاض استهلاك الطاقة، مقارنة بجميع البروتوكولات الأخرى. اقترحنا بروتوكول RPL متعدد Sink node، في الشبكة ذات 70 عقدة، مع عقد sink (1، 2، و 3)، فإن معدل PDR يبلغ 80.43%، 90.24%، و 93.573%، إجمالي استهلاك الطاقة يبلغ 215.18 mW، 121.73 mW و 112 mW على التوالي. في الشبكات المزدهمة، يعاني بروتوكول MRHOF من ازدحام وتأخير، لكن البروتوكول المقترح يحافظ على الأداء الجيد، حيث مع الشبكة التي تحتوي 100 عقدة فإن PDR، و استهلاك الطاقة للبروتوكول المقترح يبلغ 88.73%، 226.512 mW، على التوالي، بينما PDR يبلغ 31.408%، واستهلاك الطاقة يبلغ 349.362 mW، لبروتوكول MRHOF. لذلك، نستنتج أن OF التي تستخدم مقياس (metric) واحد فقط ليست كافية، و التي تستخدم أكثر من metric في حساب افضل مسار، أكثر دقة وكفاءة. و موازنة الحمل هو metric مهم جدا في شبكات RPL لتجنب الازدحام والتأخير.



جامعة الموصل

كلية الهندسة

تطوير بروتوكول توجيه للشبكات منخفضة الطاقة في بيئة انترنت الأشياء ذات الفقد

ناريمان نجيب شابا هدايا

رسالة ماجستير

علوم في هندسة الحاسوب / هندسة الحاسوب

بإشراف

أ.م.د. صلاح عبدالغني