



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پیشنهاد پروژه ترم درس تخصیص منابع

عنوان پروژه

کنترل توان و فاکتور گسترش در شبکه LoRaWAN

نگارش

جابر بابکی

استاد راهنما

دکتر مهدی راستی

اسفند ۱۳۹۷

## ۱ مقدمه

اینترنت اشیاء یکی از فناوری‌های نوین در عصر کنونی می‌باشد که در آن بسیاری از وسایل و اشیاء پیرامون ما جهت کاربردهای گوناگون از طریق شبکه بی‌سیم به یکدیگر متصل می‌شوند. فناوری شبکه‌های دوربرد با توان پایین (LPWAN) امکان اتصال دستگاه‌ها در محدوده‌ای وسیع، با مصرف توان (باتری) کم و نرخ داده کم را فراهم می‌کند. این ویژگی‌ها فرصت عالی را ویژه راهکارهای اینترنت اشیاء (IoT) بوجود آورده است. [1]. در حوزه شبکه‌های LPWAN، فناوری‌های مختلفی قرار می‌گیرند که یکی از اساسی‌ترین تفاوت‌های آن‌ها در طیف فرکانسی مورد استفاده‌شان است. شبکه‌های LPWAN که از باندهای بدون مجوز (ISM) استفاده می‌کنند با استفاده از مزیت طیف فرکانسی رایگان، مسیر راحت‌تری تا ورود به بازار را طی خواهند کرد. در مقابل، شبکه‌های استاندارد شده توسط موسسه 3GPP قرار دارند که از باندهای بدون مجوز استفاده می‌کنند [2]. امروزه و پس از معرفی پروتکل‌های متنوع، مهم‌ترین شبکه‌های LPWAN که در بازار توسعه یافته‌اند عبارتند از: LoRaWAN [3]، SigFox [4] و NB-IoT [5]. شبکه LoRaWAN در سال‌های گذشته به دلیل مصرف انرژی کمتر، هزینه کمتر و متن باز بودن در صنعت و دانشگاه مورد استفاده و بررسی قرار گرفته است. شبکه LoRaWAN به عنوان شبکه ارتباطی IoT می‌تواند هزاران اشیاء را به دلیل Long Range بودن تحت پوشش قرار دهد. تحت پوشش قرار دادن تعداد زیادی اشیاء هر چند می‌تواند به عنوان مزیتی برای شبکه LoRaWAN عنوان شود اما افزایش تعداد دستگاه‌های انتهایی در شبکه LoRaWAN می‌تواند به عنوان تهدیدی بر روی قابلیت اطمینان شبکه تاثیر گذار باشد و افزایش نرخ تداخل بسته را به دنبال داشته باشد که در نتیجه باعث تلف شدن انرژی شود. در واقع در شبکه LoRaWAN بسته‌های دستگاه‌های انتهایی که در لبه ی سلول قرار دارند به دلیل دور بودن از دروازه دچار تداخل بیشتری می‌شوند. در این پروپوزال ما با در نظر گرفتن پارامترهای تاثیر گذار در شبکه LoRaWAN الگوریتمی را جهت کاهش نرخ تداخل ارائه خواهیم کرد. همچنین الگوریتم ارائه شده را در شبیه ساز NS-3 شبیه سازی خواهیم کرد.

## واژه‌های کلیدی:

شبکه دوربرد با توان پایین، اینترنت اشیاء، LoRaWAN

## ۲ سابقه تحقیق

از دلایل مهم و تاثیر گذار در عملکرد شبکه LoRaWAN استفاده از پروتکل pureALOHA برای دسترسی به کانال است. بر اساس مقاله [6] که کارایی pureALOHA در آن نشان داده شده است می توان گفت از نظر تئوری، حداکثر ظرفیت یک شبکه Pure ALOHA، برابر است با ۱۸,۴ درصد، این به دلیل تصادم های زیادی است که رخ می دهد. در حالی که یک نود در حال ارسال است، هر لحظه ممکن است نود دیگری در همان کانال و فرکانس قصد ارسال داده کند. علاوه بر تاثیر مخربی که پروتکل pureALOHA که بر مقیاس پذیری دارد تاثیر مخربی هم بر روی قابلیت اطمینان دارد. در یک دسته بندی کلی می توان سه راهکار کلی برای افزایش عملکرد شبکه LoRaWAN را برشمرد ۱- spectrum sensing ۲- بهبود لایه MAC شبکه LoRaWAN ۳- رایه الگوریتمی جهت تطبیق پارامتر های توان و فاکتور گسترش در شبکه های LoRaWAN [7].

تلاش ها برای مقیاس پذیر کردن شبکه LoRaWAN در مقالات [8,9,10] انجام شده است. در مقاله [8] این بررسی هایی بر روی ترافیک Uplink در شبکه LoRaWAN انجام شده است و نشان داده شده است که افزایش تعداد دستگاه های انتهایی باعث افزایش تداخل بسته ها می شود این نتایج در حالی بدست آمده است که فقط از یک فاکتور گسترش استفاده شده است. بررسی ها در حالتی که از چند فاکتور گسترش استفاده شده است در مقاله [9] انجام شده است. مطالعه انجام شده در مقاله [10] نشان داده شده که استفاده از فاکتور گسترش های بالاتر تاثیر منفی در عملکرد شبکه LoRaWAN دارد. از عوامل مهم تاثیر گذار در مقیاس پذیری شبکه LoRaWAN وجود تعداد دروازه ها و فاصله بین دروازه ها است که تاکنون بررسی نشده است.

در مقالات [11,12] تلاشی جهت برقراری قابلیت اطمینان در شبکه LoRaWAN انجام شده است. نتایج مقاله [11] نشان می دهد دستگاه هایی که دور از دروازه هستند میزان تداخل بیشتری را می پذیرند در این مقاله الگوریتمی را جهت تطبیق فاکتور گسترش و توان ارائه شده است به طوری تداخل دستگاه های دور از دروازه کاهش یابد ارائه این الگوریتم باعث افزایش قابلیت اطمینان شده است. از عوامل تاثیر گذار دیگر بر قابلیت اطمینان شبکه LoRaWAN میتوان به پارامتر نرخ کد و پهنای باند اشاره کرد که نقش این پارامترها در مقاله نشان داده نشده است در مقاله [12] یک پروتکل ساده MAC ارائه شده است که گره ها برای دسترسی به کانال و ارسال، ابتدا بسته های کوچکی را در اسلات های

تعیین شده توسط دروازه ارسال می‌کنند. بر اساس نتایج بدست در مقاله قابلیت اطمینان افزایش می‌یابد همچنین در این مقاله میزان مصرف پروتکل MAC ارائه شده بررسی نشده است.

### ۳ بررسی پروژه پیشنهادی

برای انجام این طرح ابتدا باید نقش پارامترهای تعیین کننده در شبکه LoRaWAN، مانند فاکتور گسترش، نرخ کد گذاری، توان ارسال، پهنای باند، duty cycle، که در مقیاس پذیری و قابلیت اطمینان شبکه LoRaWAN تاثیر گذار هستند مورد تجزیه تحلیل قرار خواهیم داد. سپس الگوریتمی جهت کنترل توان و فاکتور گسترش در حالتی که از توان گسسته و پیوسته استفاده می‌شود را ارائه می‌دهیم. الگوریتم ارائه شده را در سناریوهای مختلف در حالتی که از چند دروازه استفاده می‌شود در شبیه ساز NS-3 شبیه سازی می‌کنیم.

### ۴ منابع و مراجع

- [1] Usman Raza, Parag Kulkarni, and Mahesh Sooriyabandara, “Low Power Wide Area Networks: An Overview”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Secondquarter 2017 Vol 19
- [2] Jean-Paul Bardyn, Thierry Melly, Olivier Seller, Nicolas Sornin, “IoT: The Era of LPWAN is starting now”, *ESSCIRC Conference 2016: 42nd European Solid-State Circuits Conference*, Sept. 2016
- [3] “3GPP Low Power Wide Area Technologies,” <https://goo.gl/DaUHkV>, 2016
- [4] Semtech, “LoRa - Semtech,” <http://iot.semtech.com>, 2017.
- [5] Sigfox, “Sigfox,” <https://www.sigfox.com/>, 2017.
- [6] O. Georgiou and U. Raza, “Low Power Wide Area Network Analysis: Can LoRa Scale?” *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 6, no. 2, pp. 162–165, April 2017.
- [7] Dali Ismail, Mahbubur Rahman, Abusayeed Saifullah, “Low-Power Wide-Area Networks: Opportunities, Challenges, and Directions”, *ICDCN Workshops*, 2018
- [8] Ferran Adelantado, Xavier Vilajosana, Pere Tuset-Peiro, Borja Martinez, and Joan Melia, “Understanding the limits of LoRaWAN”, *IEEE Communications Magazine*, 8 September 2017

- [9] K. Mikhaylov, J. Petajajarvi, and J. Janhunen, “*On LoRaWAN scalability: Empirical evaluation of susceptibility to inter-network interference,*” in Proceedings of the IEEE EuCNC, 2017.
- [10] B. Reynders, W. Meert, and S. Pollin, “*Range and Coexistence Analysis of Long Range Unlicensed Communication,*” in Proceedings of the IEEE ICT, 2016.
- [11] B. Reynders, W. Meert, and S. Pollin, “Power and Spreading Factor Control in Low Power Wide Area Networks,” in Proceedings of the IEEE ICC, 2017.
- [12] B. Reynders, W. Meert, and S. Pollin, “*Power and Spreading Factor Control in Low Power Wide Area Networks,*” in Proceedings of the IEEE ICC, 2017.