ستاد ملی هفته پژوهش و فناوری

دانشگاه بوعلی سینا
دانشکده مهندسی

# روشی بین لایه‌ای برای زمانبندی و مسیریابی جریان‌های ترافیکی بی‌درنگ در اینترنت اشیاء صنعتی

گروه آموزشی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

- نیکتا عظیمیان : دانشجوی کارشناسی ارشد کامپیوتر، گرایش شبکه‌های کامپیوتری، دانشگاه بوعلی سینا

nikta76azimian@gmail.com

# چکیده

در سالیان اخیر، تمایل گسترده به استفاده از وسایل هوشمند و همچنین مدیریت محیط های اتوماسیون صنعتی موجب رشد شبکه‌های حسگر بی‌سیم و اینترنت اشیا شده است. در اینترنت اشیاء، مجموعه بسیار زیادی از حسگرها و محرک ها به منظور کنترل و گزارش مداوم برخی معیار های اندازه گیری شده در محیط توزیع می شوند تا از طریق اطلاعات گردآوری شده قابلیت اتخاذ تصمیم هوشمند را فراهم سازند. این نوع شبکه ها، امروزه برای کاربردهای صنعتی، پزشکی، نظارت محیطی، ردیابی اهداف یا هشدار در مورد نفوذ غیرمجاز مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از اهداف مهم در صنعت ۴، استفاده از فناوری های شبکه بی سیم برای اینترنت اشیاء صنعتی است تا از این رهگذر بتوان فرآیندهای صنعتی را بصورت منعطف تر مدیریت و پیکربندی نمود. افزایش قابلیت اطمینان در اینترنت اشیا صنعتی تا ۹۹.۹۹۹ درصد و در عین حال عدم عبور تاخیر انتها به انتها از میزان بیشینه تعیین شده یکی از چالش های اصلی پژوهش در این حوزه است به همین منظور لازم است که الگوریتم های زمانبندی مناسبی برای لینک ها درنظر گرفته شود و همچنین به منظور جلوگیری از افزایش مصرف انرژی از چندین دروازه استفاده می‌شود و در این پایان‌نامه هدف این است که روشی بین لایه‌ای با درنظر گرفتن توأمان زمانبندی و مسیریابی در شبکه‌های مبتنی بر استاندارد TSCH و RPL ارائه گردد و سازوکاری برای زمانبندی سلول(زمانبندی مبتنی برجریان) ارائه شود، که با هماهنگی پروتکل RPL بتواند محدودیت‌های اینترنت اشیا را در نظرگرفته و نیازمندی‌های برنامه‌های کاربردی صنعتی را برآورده کند.

کلمات کلیدی: اینترنت اشیا، اینترنت اشیا صنعتی، زمانبندی، چندین دروازه، استاندارد TSCH

# مقدمه

تمایل گسترده به استفاده از وسایل هوشمند، مدیریت اتوماسیون‌های صنعتی و ساختمان‌های هوشمند موجب رشد خیره‌کننده شبکه‌های حسگر بی‌سیم و اینترنت اشیاء شده‌است. در واقع هدف پدیده اینترنت اشیاء، اتصال کلیه وسایل و اشیای پیرامون ما به اینترنت می‌باشد. در سال‌های اخیر، در محیط‌های صنعتی، مفهومی به نام اینترنت اشیاء صنعتی ارائه شده‌است که در تلاش است تا اینترنت اشیاء را در محیط‌های صنعتی و کارخانجات و مراکز تولیدی بکار گیرد. هدف از ارائه این مفهوم، افزایش انعطاف پذیری و بهره وری و کاهش هزینه تولید در محیط‌های صنعتی است. به طور خلاصه، اینترنت اشیا صنعتی باعث شده تا تجهیزات از سطح جمع آوری اطلاعات تا سطح پیاده سازی، با یکدیگر در ارتباط باشند. در حقیقت، به کمک اینترنت اشیا صنعتی، کارخانه‌ها و صنایع به یک شبکه و ساختار یکپارچه متصل می‌شوند[۱]. برای برنامه‌های کاربردی در حوزه‌ی اینترنت اشیاء صنعتی معیارهای قابلیت اطمینان، تاخیر و انرژی بسیار حائز اهمیت است[۲]. استانداردهایی همچون IEEE 802.15.4 [۳] و IEEE 802.15.4e [۴] لایه‌های MAC و فیزیکی را با هدف استفاده در اینترنت اشیاء صنعتی که توان مصرفی کمی دارند، طراحی‌کرده‌اند. در سال ۲۰۰۸ استاندارد IEEE 802.15.4e که تنها یک تغییر در لایه‌ی MAC است، معرفی-گردید. یکی از مدهای این استاندارد TSCH می‌باشدکه ترکیبی از سه ایده تقسیم زمانی، تقسیم فرکانسی و پرش‌کانالی است که احتمال رخداد تصادم بین فرستنده‌ها را کاهش می‌دهد[۲]. در این شبکه‌ها به منظور تخصیص آدرس از IPv6 استفاده می‌شود،که کارگروه IETF 6TiSCH که به تازگی ایجاد شده-است، برای فعال کردن IPv6 در TSCH، یک پشته پروتکل مبتنی بر استاندارد اینترنت اشیاء صنعتی مانند پروتکل مسیریابیRPL، 6LoWPAN و CoAP را اجرا می‌کندکه برای نگاشت آدرس از بستر 6LoWPAN استفاده می‌شود. علاوه بر طراحی لایه‌ی فیزیکی و لایه‌یMAC به منظور اصلاح ساختار فعلی لایه‌ی مسیریابی از یک پروتکل مسیریابی مناسب برای شبکه‌هایی با سطح انرژی پایین به نام RPL استفاده می‌شود، به‌گونه‌ای که بتوان از ویژگی چند والدی آن بهره برد و از یک ساختار DODAG استفاده می‌کند[۲].

# روش انجام تحقیق

پیاده‌سازی الگوریتم زمانبندی متمرکز با در نظر گرفتن چندین دروازه در شبکه و وجود مسیرهای چندگانه(Multi-path) در شبیه‌ساز 6Tisch:

تاکنون روش‌های زمانبندی متعددی برای شبکه‌های 6TiSCH ارائه شده‌است ولی تحقیقات محدودی در حوزه‌ی زمانبندی در شبکه‌هایی با امکان تعبیه کردن چندین دروازه انجام شده‌است. هدف از انجام این پژوهش ارائه‌ی یک روش زمانبندی موثر به صورت متمرکز در اینترنت اشیاء صنعتی مبتنی بر دروازه‌های چندگانه می‌باشد. مراحل انجام کار به شرح زیر می‌باشد:

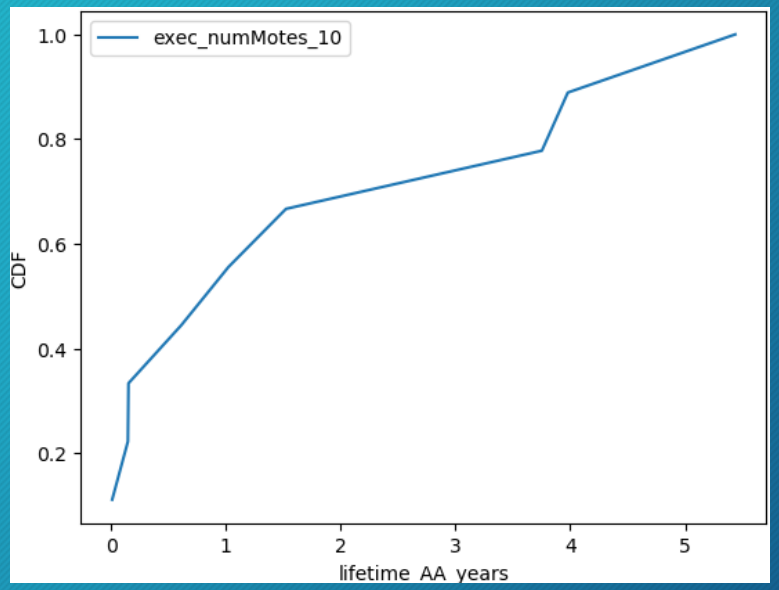
- پیاده‌سازی چندین دروازه در شبیه‌ساز 6tisch: در این شبیه‌ساز تعداد Dagroot به بیش از یک عدد افزایش می‌یابد و سپس توپولوژی تغییر می‌کند و گره‌ها به دروازه‌های مختلف متصل می‌شوند که گره‌ها براساس توابع هدف OF0 و ETX دروازه هارا انتخاب می‌کنند و به بهترین دروازه متصل می‌شوند. در این شبیه‌ساز وقتی چندین دروازه در شبکه وجود دارد بین دروازه‌ها نیز ارتباط برقرار می‌شود و گره‌ها می‌توانند از طریق این ارتباط به دروازه‌های دیگر بسته‌های اطلاعات ارسال کنند همچنین در این توپولوژی چند مسیری وجود خواهد داشت یعنی یک گره ممکن است از دو مسیر جداگانه به یک گره‌ی مشترک به ارسال داده بپردازد.
- الگوریتم زمانبندی: الگوریتم زمانبندی پیاده‌سازی شده یک الگوریتم زمانبندی متمرکز و پویا و مبتنی بر الگوریتم زمانبندی AMUS [۵] می‌باشد. یک ماتریس زمانبندی خواهیم داشت که همه‌ی گره‌ها می توانند این ماتریس را ببینند و اطلاعات داخل آن‌را مشاهده کنند و سپس زمانبندی و تخصیص سول انجام گیرد. این الگوریتم، زمانبندی مبتنی بر چندگامه را در نظر می‌گیرد به این‌صورت که یک گره ممکن است چند گام را طی کند تا به مقصد برسد که باید تمامی این گام‌ها برای انتقال داده به مقصد زمانبندی شوند و همچنین این الگوریتم زمانبندی تداخلات را هم در نظر می‌گیرد چون ممکن است چندین فرستنده به چندین گیرنده در یک زمان ارسال داده داشته باشند و امکان تداخل سیگنال‌ها وجود خواهد داشت.

# فرضیه‌ها

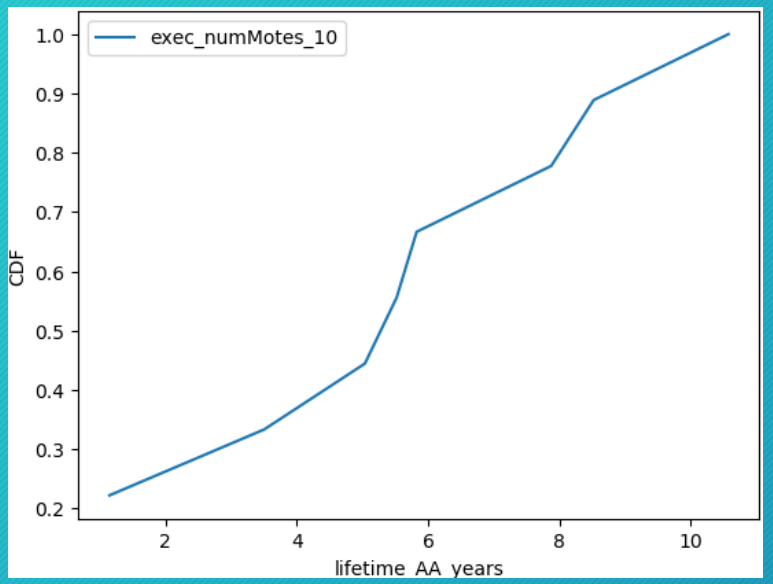
- استفاده از مسیرهای چندگانه از طریق اتصال به دروازه‌های مختلف می‌تواند باعث توازن یکنواخت مصرف انرژی می شود.
- استفاده از مسیرهای چندگانه از طریق اتصال به دروازه‌های مختلف باعث افزایش طول عمر شبکه شود.

# بحث و نتیجه‌گیری

- مقایسه‌ی نتایج با حالت تک دروازه:
  - نتایج حاصل از پیاده‌سازی نشان می‌دهد که استفاده از چندین دروازه در شبکه باعث کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه در مقایسه با حالت تک دروازه می‌شود. شکل ۱ تغییرات طول عمر شبکه را برای حالت چند دروازه نشان می‌دهد و شکل ۲ همین تغییرات را برای حالت تک دروازه نشان می‌دهد.




شکل ۲- طول عمر شبکه در حالت استفاده از یک دروازه در شبکه های صنعتی مبتنی بر IEEE 802.15.4e




شکل ۱- طول عمر شبکه در حالت استفاده از چند دروازه در شبکه های صنعتی مبتنی بر IEEE 802.15.4e

# تقدیر و تشکر

بدینوسیله از زحمات و تلاش بی دریغ اساتید محترم جناب آقای دکتر رضا محمدی و جناب آقای دکتر محمد نصیری که در این راه راهنمای بنده بوده‌اند، تشکر و مراتب سپاس قلبی خود را اعلام نموده و موفقیت این دو بزرگوار را ازخداوند متعال خواهانم.

# منابع


[1] H. Boyes, B. Hallaq, J. Cunningham, and T. Watson, "The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework," *Computers in industry,* vol. 101, pp. 1-12, 2018

[2] E. M. Ahrar, M. Nassiri, and F. Theoleyre, "Multipath aware scheduling for high reliability and fault tolerance in low power industrial networks," *Journal of Network and Computer Applications,* vol. 142, pp. 25-3.۲۰۱۹ ,۶

[3] A. Gezer and S. Okdem, "☆ Improving IEEE 802.15. 4 channel access performance for IoT and WSN devices," *Computers & Electrical Engineering,* vol. 87, p. 106745, 2020.

[4] D. De Guglielmo, S. Brienza, and G. Anastasi, "IEEE 802.15. 4e: A survey," *Computer Communications,* vol. 88, pp. 1-24, 2016.

[5] Y. Jin, P. Kulkarni, J. Wilcox, and M. Sooriyabandara, "A centralized scheduling algorithm for IEEE 802.15. 4e TSCH based industrial low power wireless networks," in *2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, 2016, pp. 1-6: IEEE.