

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر

گزارش تحقیق درس طراحی و مدل سازی سیستم های نهفته

مدیریت انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از فناوری های برداشت انرژی محیطی

نگارش

رضا آدینه پور

استاد درس

جناب آقای دکتر صدیقی

تیر ۱۴۰۳



سپاس

از استاد گرانقدر خود، جناب آقای دکتر صدیقی، به خاطر راهنمایی‌های بی‌نظیر، تشویق‌ها و حمایت‌های بی‌دریغ ایشان در طول این پروژه تحقیقاتی، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. بازخوردهای سازنده و تعهد بی‌پایان ایشان نقش بسزایی در شکل‌گیری این پژوهش داشته است.

از صبر و درک ایشان که مرا به تلاش برای برتری و غلبه بر چالش‌های متعدد الهام بخشیدند، بسیار سپاسگزارم. دانش عمیق و تخصص ایشان در این حوزه، تجربه تحقیقاتی و رشد علمی مرا به طور قابل توجهی غنی‌تر ساخته است.

چکیده

در دنیای امروز بحث IoT یکی از مسائل رو به رشد در زندگی بشر می باشد. سرعت این رشد خصوصاً در سال های اخیر بسیار زیاد بوده و پیش بینی می گردد که این پیشرفت با گام های بزرگ تری در آینده نیز دنبال گردد. مسئله توان و انرژی در سیستم های IoT یکی از مسائل مهم در راستای استفاده مناسب از آن ها می باشد. بسیاری از کاربردهای IoT در صنایع مختلف، به دلیل مسئله تامین توان مورد نیاز جهت عملکرد، علی رغم وجود راه حل برای باقی چالش های به کارگیری هنوز به صورت تجاری به بازار معرفی نشده اند. با حل مسئله تامین توان، بازار بزرگی در انتظار لوازم IoT خواهد بود. این موضوع با بهره گیری از تحقیقات و مقالات اخیر و مقایسه مدل های مختلف تامین توان با استفاده از روش های برداشت توان از محیط در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

کلیدواژه ها: اینترنت اشیاء، سیستم های توان پایین، برداشت توان از محیط، ذخیره سازی انرژی، تبدیل انرژی

فهرست مطالب

۱	مقدمه	۱
۱	۱-۱ تعریف مسئله	۱
۲	۲-۱ اهمیت پژوهش	۲
۲	۳-۱ اهداف پژوهش	۲
۳	۴-۱ ساختار پژوهش	۳
۴	۲ مفاهیم اولیه	۴
۴	۱-۲ معماری کلی سیستم‌های IoT با نگرش به مصرف توان	۴
۶	۳ کارهای پیشین	۶
۷	۴ بررسی و مقایسه مقالات	۷
۸	۵ نتیجه‌گیری و جمع‌بندی	۸
۹	مراجع	۹

فهرست جداول

فهرست تصاویر

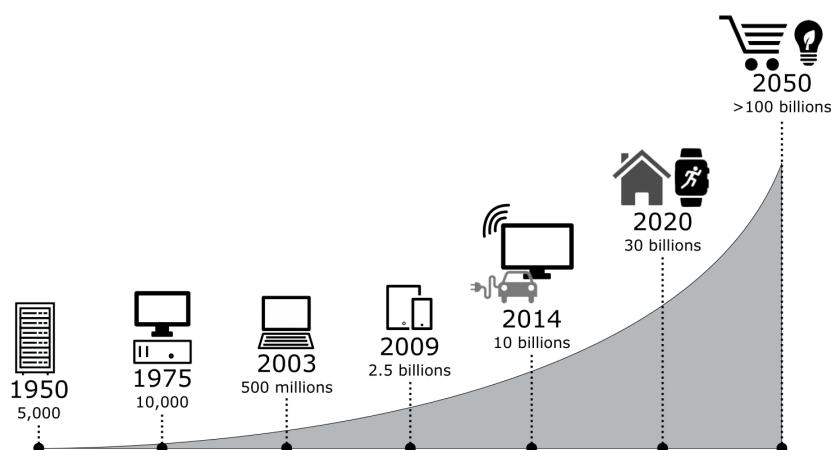
۱-۱	برآورد توان در سیستم‌های IoT [۱]	۱
۱-۲	معماری یک سیستم IoT [۲]	۵

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ تعریف مسئله

ابزارهای IoT^۱ و تکنولوژی‌های وابسته به آن در حال پیشرفت سریع و ورود به زندگی روزمره بشر هستند. سرعت این امر به قدری بالا است که در آینده نزدیک تقریباً تمامی لوازم به شبکه اینترنت متصل خواهند بود و مفهومی با نام IoET^۲ در زندگی بشر ایجاد خواهد شد. این مسئله در شکلی زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱: برآورد توان در سیستم‌های IoT [۱]

نیازهای کلی این لوازم از دیدگاه طراحی از زوایای مختلف قابل بررسی می‌باشند، اما به طور کلی می‌توان موارد زیر را به صورت خلاصه بیان کرد:

- سیستم پردازش

¹Internet of Things

²Internet of Every Things

- روش‌های انتقال اطلاعات

- تامین توان مورد نیاز

در تمامی موارد ذکر شده استفاده از روش‌هایی جهت بهینه سازی در راستای افزایش کارایی و در دسترس بودن سیستم انجام پذیرفته است. این موضوع به دلیل رشد کندتر قطعات با قابلیت ذخیره انرژی مانند ابرخازن‌ها^۳ و باتری‌ها با سرعت کمتری انجام شده است. لذا یکی از مهمترین مسائل در سیستم‌های IoT خصوصاً نمونه‌های بدون دسترسی مستقیم به شبکه برق، تامین پایدار توان مصرفی آن‌ها می‌باشد. این موضوع از جهات دیگری نیز قابل بررسی است، به عنوان مثال با رشد کاربرد سیستم‌های IoT و کاربرد وسیع آن‌ها، در صورت وجود توان مصرفی بالا و نیاز به تعویض سریع باتری‌ها، مشکلات تولیدی و زیست محیطی فراوانی ایجاد خواهد گردید. همچنین قابلیت اطمینان چنین سیستم‌هایی به دلیل مشکل تامین توان پایدار مورد نیاز بسیار پایین خواهد بود.

۲-۱ اهمیت پژوهش

بدون شک، بحث توان در سیستم‌های IoT از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به رشد روزافزون فناوری‌های اینترنت اشیا و نیاز مبرم به دستگاه‌های کم‌مصرف^۴ و خودمختار^۵، استفاده از منابع انرژی محیطی برای تأمین انرژی این دستگاه‌ها نقش حیاتی دارد. این امر نه تنها به کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش طول عمر مفید^۶ شبکه‌های حسگر بی‌سیم کمک می‌کند، بلکه باعث کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از استفاده از باتری‌های سنتی می‌شود. پژوهش در این زمینه می‌تواند به توسعه راهکارهای نوآورانه برای افزایش بهره‌وری انرژی، بهبود پایداری و کارایی سیستم‌های IoT و در نهایت ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها منجر شود.

۳-۱ اهداف پژوهش

در این نوشته سعی می‌گردد که در ابتدا مسائل موجود در سیستم‌های IoT که مرتبط با توان مصرفی هستند مورد بررسی کوتاهی قرار گیرد و سپس راه‌حل‌های موجود برای هر مورد معرفی گردند. سپس به مسئله اصلی تامین توان مصرفی سیستم‌های IoT و قابل حمل با استفاده از تکنیک‌های برداشت انرژی از محیط پرداخته می‌شود و با مقایسه روش‌های موجود و بهره‌وری هر یک نتایج حاصله ارائه می‌گردد. در انتها نیز به چند روش جدیدتر

³Supercapacitor

⁴Low Power

⁵Autonomous

⁶Remaining Useful Life

تامین توان با استفاده از برداشت انرژی از محیط پرداخته می‌شود. برخی راهکارهای پیشنهادی و نمونه‌های عملی حاصل از تحقیق در این خصوص نیز ارائه می‌گردد.

۴-۱ ساختار پژوهش

این پژوهش در ۵ فصل انجام شده است. در فصل ۱ به مقدمه و اهمیت موضوع پژوهش پرداخته شده است. در فصل ۲ به مفاهیم اولیه و پیش‌نیازها پرداخته شده است. در ادامه در فصل ۳ پژوهش به بررسی کارهای پیشین انجام شده در این زمینه پرداخته شده است. در فصل ۴ به بررسی دقیق و جزئی مقالات مطالعه شده در این پژوهش پرداخته شده است و در فصل پایانی، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پژوهش ارائه شده است.

فصل ۲

مفاهیم اولیه

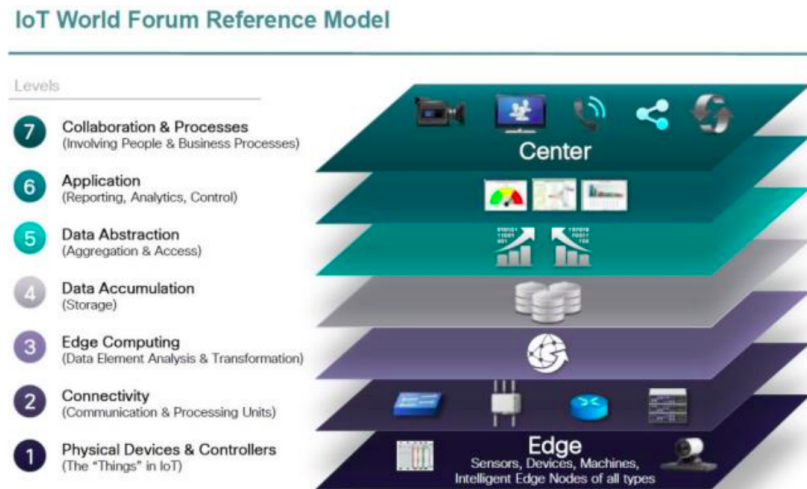
۱-۲ معماری کلی سیستم‌های IoT با نگرش به مصرف توان

به طور کلی سیستم‌های IoT اطلاعاتی را از محیط برداشت و پس از پردازش اولیه (و یا به صورت خام در برخی موارد) نتایج را از طریق یک کانال ارتباطی به خدمات‌دهنده ارسال می‌کنند و سپس با توجه به کاربرد سیستم ممکن است در پاسخ عملی را نیز در محیط انجام دهد. در حقیقت یک سیستم IoT یک سیستم نهفته^۱ می‌باشد که به شبکه اینترنت متصل است و از طریق آن، به رد و بدل اطلاعات با خدمات‌دهنده می‌پردازد. چنین سیستم‌هایی کاربردهای بالقوه فراوانی را در زمینه‌های مختلف دارند که می‌توان به موارد زیر به عنوان برخی از کاربردهای گسترده آن اشاره نمود:

- لوازم متصل سلامتی شخصی
- کشاورزی هوشمند متصل
- سیستم‌های مدیریت هوشمند ساختمان
- سیستم‌های متصل مدیریت مصرف منابع (مانند آب و برق و گاز)
- ذخیره‌سازی تامین هوشمند
- خودروهای متصل
- صنایع متصل

¹Embedded

لایه‌های معماری یک سیستم IoT در شکل زیر آمده است.



شکل ۲-۱: معماری یک سیستم IoT [۲]

آنچه در این تحقیق مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد قسمت مربوط به Physical Device ها در سیستم IoT می‌باشد. در Physical Device با توجه به محدودیت‌های حجم، وزن، قیمت و کاربری آن، توان در دسترس برای سیستم می‌تواند محدود باشد، لذا استفاده بهینه از توان در هر بخش بسیار مورد توجه است.

در جدول زیر به انواع مختلف سیستم‌های IoT مورد استفاده با توجه به میزان منابع و همچنین مصرف توان آنها اشاره شده است.

Feature	No OS or RTOS	L
Typical devices	Simple sensor devices, heartbeat sensors, lightbulbs, and so on	Feature watches

فصل ۳

کارهای پیشین

فصل ۴

بررسی و مقایسه مقالات

فصل ۵

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

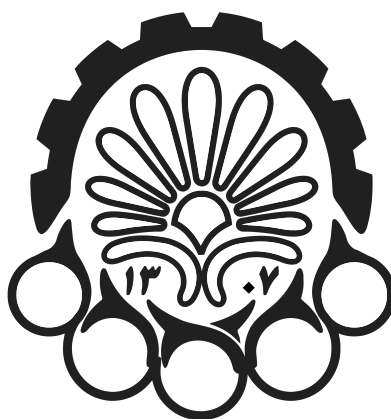
Bibliography

- [1] M. Capra, R. Peloso, G. Masera, M. Ruo Roch, and M. Martina. Edge computing: A survey on the hardware requirements in the internet of things world. *Future Internet*, 11(4):100, 2019.
- [2] A. El Hakim. Internet of things (iot) system architecture and technologies. *White Paper*, 10, 2018.

Abstract

In today's world, the discussion of IoT is one of the growing issues in human life. The speed of this growth has been particularly significant in recent years, and it is predicted that this progress will continue with even greater strides in the future. The issue of power and energy in IoT systems is one of the important issues in the proper use of them. Many IoT applications in various industries, due to the issue of power supply required for operation, despite the existence of solutions for other challenges, have not yet been commercially introduced to the market. By solving the power supply issue, a large market awaits IoT devices. This topic has been examined in this research by leveraging recent studies and articles, comparing different power supply models, and using energy harvesting methods from the environment.

Keywords: Internet of Things, Low Power Systems, Environmental Energy Harvesting, Energy Storage, Energy Conversion



Amirkabir University of Technology

(Tehran Polytechnic)

Department of Computer Engineering

Embedded Systems Final Research Report Thesis

Energy Management in Wireless Sensor Networks Using Environmental Energy Harvesting Technologies

By:

Reza Adinepour

Supervisor:

Prof. Sedighi

Jul 2024