



مدیریت و طراحی مزرعه هوشمند با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیا

احمد جلیلی

استادیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبد کاووس
jalili@gonbad.ac.ir

چکیده

اینترنت اشیا (IoT) دیدگاهی نوین در صنعت فناوری اطلاعات است که تمامی مفاهیم فنی، اجتماعی و اقتصادی را شامل می شود. در این دیدگاه، محصولات، کالاهای مصرفی، خودروها و کامیون‌ها، تجهیزات صنعتی و صنایع (برق، تلفن و ...)، حسگرها و دیگر مؤلفه‌ها؛ هر روزه توسط اتصالات اینترنتی و همچنین قابلیت‌های قدرتمند تحلیلی داده‌ها با یکدیگر ترکیب می شوند تا نحوه کارکرد و زندگی ما را دگرگون کنند. با پیشرفت اینترنت اشیاء و صنعتی شدن آن، توسعه فناوری اطلاعات منجر به مطالعات مختلف نه تنها در صنعت بلکه در کشاورزی نیز شده است. به ویژه آنکه فناوری IoT می تواند بر محدودیت‌های فاصله و مکان سیستم‌های ارتباطی سیمی مورد استفاده در مزارع موجود غلبه کند. در این مقاله، یک سیستم مزرعه هوشمند با استفاده از مازلول های ارتباطی بلوتوث کم مصرف و شبکه کم توان (LPWAN) ساخته شده است. علاوه بر این، سیستم پیشنهادی قابلیت نظارت و کنترل را با استفاده از پروتکل ارتباطی (MQTT) که یک پروتکل اختصاصی IoT است، ارائه کرده و از این طریق امکان توسعه IoT کشاورزی را افزایش می دهد.

واژگان کلیدی: شبکه های حسگر بی‌سیم، ارتباطات بی‌سیم، اینترنت اشیا، مزرعه هوشمند، کشاورزی هوشمند.

۱- مقدمه

امروزه با افزایش رشد اینترنت و دستگاههای هوشمند، توجه زیادی به مبحث اینترنت اشیا یا IOT شده است. این تکنولوژی عبارت است از شبکه‌ای از ابزارهای فیزیکی به همراه تجهیزات الکترونیکی که اجزا می‌دهد دستگاه‌ها با یکدیگر، با سازنده‌ها و با شبکه‌های کامپیوتری ارتباط داشته باشند. درواقع اینترنت اشیا اجزا می‌دهد که مردم و چیزها در هر زمان، هر مکان با هر چیز و هر کس با استفاده از هر مسیر/شبکه و هر سرویس به طور ایده آل متصل شوند [۱].

خودکارسازی و نظارت بر خدمات کشاورزی نیز در سال‌های اخیر یکی از مباحث چالش برانگیز در زمینه کشاورزی و تکنولوژی‌های نوین بوده است. تاکنون تمامی کنترل‌های خودکاری که بر روی زمین‌های کشاورزی شده است به صورت دستی انجام می‌شده است؛ این کار هزینه و پیچیدگی زیادی برای کشاورز به همراه دارد. از طرف دیگر، کنترل تمامی نقاط مزارع و یا گلخانه و بررسی وضعیت خاک و موارد زیست محیطی برای کشاورزان به صورت دستی امکان‌پذیر نیست. شبکه‌های حسگر بی‌سیم در زمینه کشاورزی کاربردهای زیادی را برای خودکارسازی مزارع و گلخانه‌ها به همراه دارند نظارت بر محیط، مشاهده تغییرات جوی کل مزرعه، نظارت بر کیفیت محصول، بسته به نیاز می‌توان از کاربردهای گوناگون استفاده نمود. خودکارسازی کشاورزی با فناوری اطلاعات و جمع آوری رشد محصول آغاز می‌شود. برای جمع آوری داده‌ها به تعدادی سنسور نیاز هست که کار جمع آوری داده‌های زیست محیطی را انجام می‌دهند، یک سرور برای ذخیره داده‌ها نیاز است و

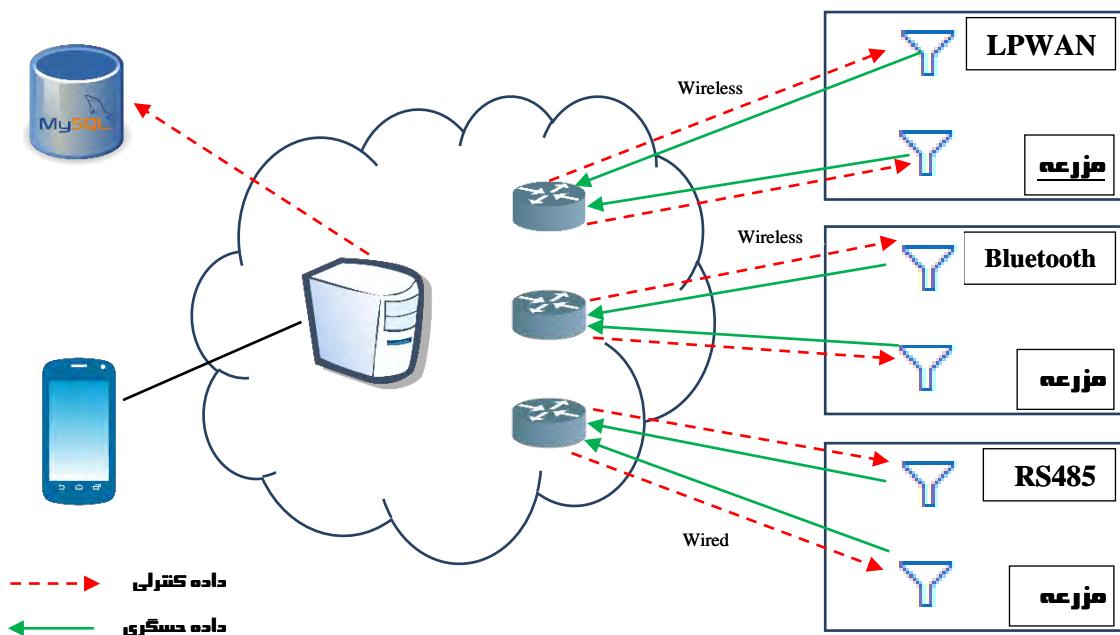
کشاورز که محیط را تنظیم می کند و گیاهان را بر اساس داده های جمع آوری شده کشت می کند. با این وجود، ساخت یک مزرعه هوشمند بر پایه سیستم های ارتباطی سیمی چالش ها و مشکلات بسیاری دارند، چرا که سیستم های ارتباطی سیم کشی دارای محدودیت در مسافت و مکان هستند، بنابراین نمی توان سنسورها را در بسیاری از محیط ها نصب کرد [۲].

در این مقاله قصد داریم با استفاده از مازول های ارتباطی بی سیم، بر محدودیت های کاربردی دستگاه های سیمی در کشاورزی غلبه کرده و مقیاس پذیری و قابلیت استفاده از سیستم مزرعه هوشمند جدید را بهبود بخشیم. اما از آنجا که یکی از مشکلات جدی شبکه های بی سیم مدیریت مصرف انرژی است، استفاده از مازول های ارتباطی بی سیم کم مصرف یکی از الزامات اساسی در این حوزه است. این مقاله عملکردهای مانیتورینگ و کنترل را با استفاده از مازول های ارتباطی بی سیم کم مصرف LPWAN و Bluetooth را پیاده سازی کرده و همچنین از روش ارتباط سیم کشی مبتنی بر آردوینو و پروتکل ارتباطی MQTT که یک پروتکل اختصاصی IoT است استفاده می کند. از آنجا که این سیستم یک ساختار ادغام شده از روش های موجود و فناوری جدید است، با صرفه جویی در هزینه های نگهداری دستگاه های موجود، هزینه ها کاهش یافته و امکان سازگاری با با دستگاه های جدید نیز امکان پذیر است.

ساختار مقاله به شرح زیر می باشد. در ادامه (بخش دوم) نحوه طراحی و ساخت سیستم پیشنهادی از دید سخت افزاری و نرم افزاری توضیح داده می شود. تحلیل نتایج و کارهای آینده در بخش سوم آمده است. بخش چهارم و انتهایی نتیجه گیری است.

۲- ساختار سیستم هوشمند پیشنهادی

ساختار کلی سیستم شامل گره ها، دروازه ها (گیت وی)، سرورها، بانک اطلاعاتی و تلفن های هوشمند به عنوان لوازم جانبی سیستم است. شکل ۱. ساختار فیزیکی سیستم مزرعه هوشمند را نشان می دهد.



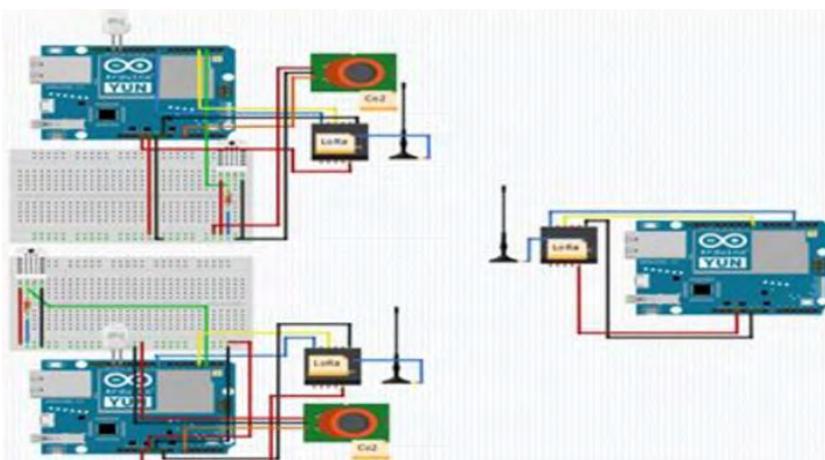
شکل ۱. ساختار فیزیکی سیستم مزرعه هوشمند



نودها بر اساس پروتکل‌های ارتباطی LPWAN ، بلوتوث و RS485 طبقه بندی می شوند، و داده‌های محیطی که از طریق سنسورهای موجود روی گره در مزرعه جمع آوری می شوند از طریق هر شبکه ارتباطی به دروازه منتقل می شوند. سنسورهای مورد استفاده، سنسورهای اندازه گیری دما، رطوبت و دی اکسید کربن هستند و داده‌های اندازه گیری شده در زمان واقعی منتقل می شوند. دروازه‌های مسئول هر شبکه ارتباطی به اینترنت متصل شده و ارتباط بین سرور و گره‌ها را انجام می دهند. از آنجا که پروتکل پیام بین سرور و دروازه از MQTT استفاده می کند، می توان بسادگی دروازه یا سرسورهای اضافی نیز ساخت، و اتصال با لوازم جانبی سرویس فقط با آدرس IP امکان پذیر است. سرور داده‌های سنجش را در زمان واقعی از طریق هر شبکه ارتباطی جمع می کند و آن را در بانک اطلاعاتی ضبط می کند یا فرمان دسترسی سرویس دهنده را به دروازه انتقال می دهد.

۱-۲- طراحی سخت افزار

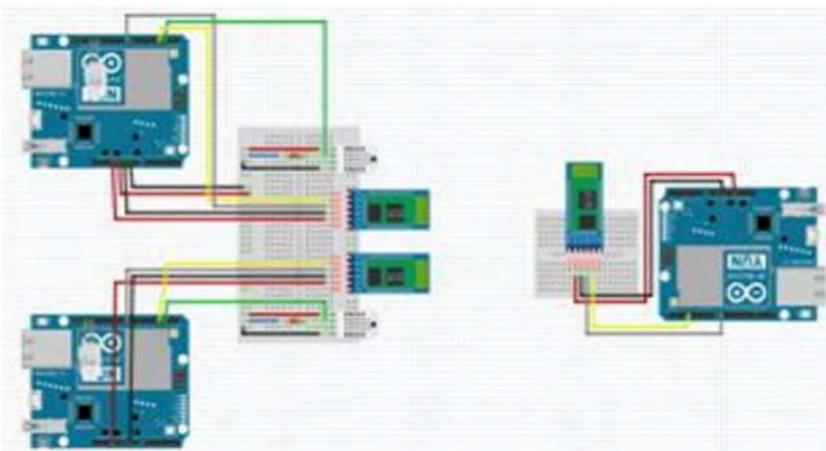
شکل‌های ۲ تا ۴ پیکربندی سخت افزار برای هر شبکه را نشان می دهند. کلیه سیستم‌ها به حسگرها و ماژول‌های ارتباطی مبتنی بر آردینو مجذب شده‌اند و از دو سنسور و یک دروازه تشکیل شده‌اند. همه دروازه‌ها دارای یک ماژول اینترنت بی‌سیم هستند که ارتباط MQTT را بر اساس IP با سرور امکان پذیر می کند. ماژول ارتباطی مورد استفاده در شبکه ارتباطی LPWAN یک ماژول ارتباطی فرکانس رادیویی کم مصرف و با راندمان بالا مطابق با استاندارد IEEE802.15.4e است. این سیستم از آدرس آدرس IPv6 در محیط ارتباطی مبتنی بر UDP پشتیبانی می کند و فاصله ارتباطی تا ۱۰ کیلومتر در باند فرکانسی ۹۰۰ مگاهرتز را دارد [۳].



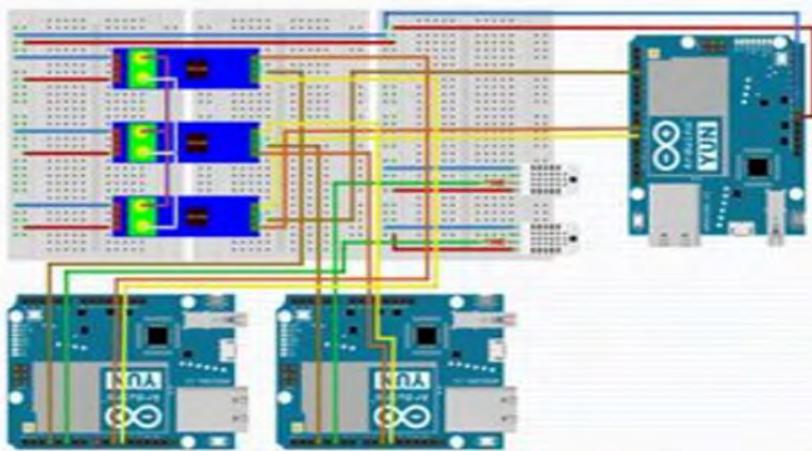
شکل ۲. پیکربندی سخت افزار بر اساس پروتکل LPWAN

ماژول ارتباطی مورد استفاده در شبکه ارتباطی بلوتوث با استاندارد V4.0 مطابقت دارد و حداقل فاصله ارتباطی آن ۱۰۰ متر در باند فرکانس 2.4 GHz است. امروزه بلوتوث قابلیت همکاری با کلیه تلفن‌های هوشمند را دارد و امکان ارتباط مستقیم با هر گره و همچنین از طریق سرور را فراهم می کند و باعث می شود ارتباط حسگر و کنترل دستگاه در فواصل نزدیک امکان پذیر باشد [۴].

پروتکل RS485، که در بیشتر تجهیزات سیمی نصب شده در گلخانه وجود دارد به عنوان شبکه ارتباطی سیمی مورد استفاده قرار می گیرد. این پروتکل به عنوان یک ماژول ارتباطی سریالی برای پیاده‌سازی و اجرای یک سیستم سیمی ای سیم ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نصب اضافی دستگاه‌های دیگر محدودیتی وجود ندارد، ارتباطات تا مسافت ۱.۲ کیلومتر امکان پذیر است و به دلیل قیمت پایین در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می گیرد [۵].



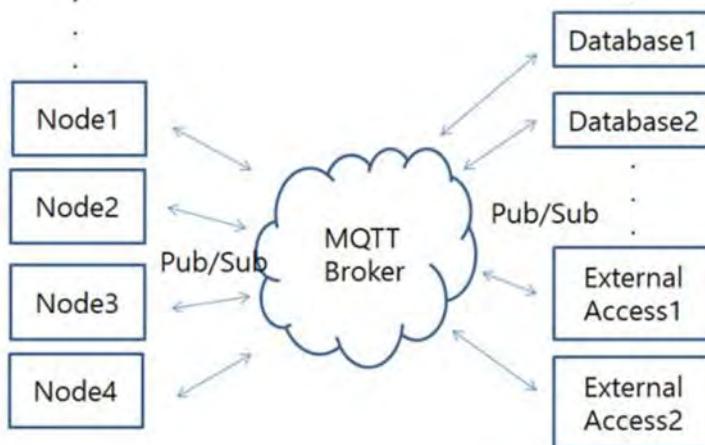
شکل ۳. پیکربندی سخت افزار بر اساس پروتکل بلوتوث



شکل ۴. پیکربندی سخت افزار بر اساس پروتکل RS485

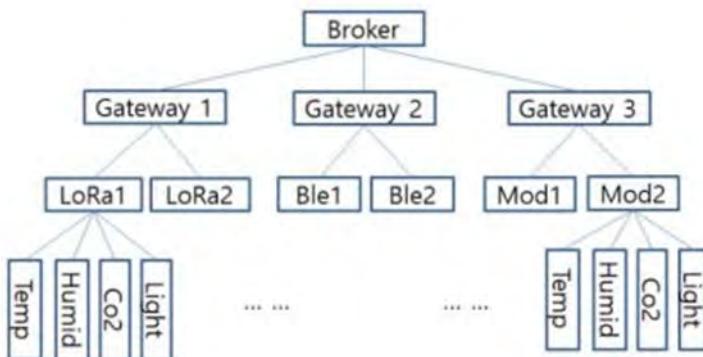
۲-۲- طراحی نرم افزار و نحوه ارسال پیام

شکل ۵ ساختار کلی مسیر ارسال پیام از طریق پروتکل MQTT را نشان می دهد. هر گره شبکه فیزیکی مخصوص به خود را دارد، و هر شبکه به دروازه مخصوص خود متصل می باشد، که به عنوان سرور به broker متصل است. دلیل این ساختار مرکز این است که یک کاربر خارجی بتواند از طریق اینترنت با استفاده از دستگاه هایی مانند تلفن های هوشمند، تبلت و رایانه شخصی به broker دسترسی پیدا کند و همه گره ها را از طریق broker کنترل کند. بنابراین، هر دروازه و broker به عنوان یک هاب IoT عمل می کند که پایگاه داده، دسترسی های خارجی و گره های انتهایی را به صورت یک بستر (پلت فرم) شبکه ارتباطی به یکدیگر متصل می کند. در واقع این پلت فرم با استفاده از پروتکل MQTT پیاده سازی شده است. پروتکل MQTT یک پروتکل پیام رسان سبک است که امکان برقراری ارتباط ناهمزمان (asynchronous) دستگاه های با منابع محدود را فراهم می آورد. این پروتکل مشکل از یک broker است که به عنوان سرور عمل می کند و یک یا چند مشتری (client). مدل ارسال پیام در MQTT براساس ساختار انتشار / اشتراک (publish/subscribe) است. ناشر و مشترک با موضوع (topic) متمایز می شوند و با نقش ارسال / دریافت تعیین می شوند [۶].



شکل ۵. مدل ارتباطی و تبادل پیام سیستم هوشمند پیشنهادی

اعداد ساختار ناشر/مشترک این سیستم به موضوع (topic) بستگی دارد که آیا یک پیام حس شده است و یا یک پیام کنترلی. شکل ۶ ساختار درختی موضوع را نشان می دهد. تاپیک های اصلی مورد استفاده در این سیستم پیام های حس شده و پیام های کنترلی است. پیام حس شده پیامی است که بطور دوره ای از سنسور به دروازه و از دروازه به سور م منتقل می شود. دروازه پیام را به سور منتشر می کند، و سور رابطه مشترک دروازه را تشکیل می دهد. از طرف دیگر، از آنجا که داده های کنترلی، پیام دریافت شده توسط سور را از انتهای ترمینال خارجی به دروازه منتقل می کنند، دروازه مشترک سور می شود و سور انتهای ترمینال را مشترک می کند. شکل ۶ ساختار پیام را به عنوان یک پیام تأیید برای پیام های کنترلی و سنجش دریافت شده توسط یک گره از سور نشان می دهد.



شکل ۶. ساختار درختی ارسال پیام

۳- تحلیل نتایج و کارهای آینده

به منظور جلوگیری از از دست دادن بیت ناشی از انتقال پیام با استفاده از مازول ارتباط بی سیم، ما از یک روش جایگزین استفاده کرده ایم. در این آزمایش، پیام اصلی از پیام ارسالی که چندین مرتبه ارسال می شود بازیابی می شود، زیرا برخی از بیت ها به صورت تصادفی در انتقال ارسال پیام از بین می روند. در این آزمایش، در کل ۱۰ پیام یکسان ارسال می



شود و گیرنده با بریدن پیام به اندازه کلمه، بیشترین کلماتی که دریافت شده است را برای هر کلمه انتخاب می کند. در نهایت دروازه کلمات انتخاب شده را به ترتیب لیست کرده و آنها را به سرور می رساند.

اگرچه شبکه ارتباطات بی سیم نسبت به شبکه سیمی مورد استفاده در مزارع، موجب بروز نگرانی هایی در مورد از دست دادن داده ها می شود، اما اجرای این مقاله تأیید می کند که نتایج مشابهی از هر دو سیستم دریافت شده است، بنابراین می توان از سیستم پیشنهادی در کشاورزی ICT استفاده کرد. در مورد شبکه پیاده سازی شده بر مبنای پروتکل LPWAN نتایج شبیه سازی نشان می دهد که امکان ارسال و دریافت داده ها تا فاصله ۵۰۰ متری وجود دارد. همچنین پروتکل LPWAN یک مژول انتقال بی سیم با قدرت کم است که می تواند نه تنها برای مزرعه هوشمند اجرا شود بلکه برای سیستم مدیریتی پژوهشکی نیز مورد استفاده قرار گیرد. اگر ارسال و دریافت داده ها در واحد های کیلومتر موردنیاز باشد، ممکن است یک دروازه رله اضافی نصب شود تا بتواند کنترل فرکانس رادیویی از راه دور را فعال کند. از طرفی از مژول های بلوتوث می توان برای ساخت کنترلر از راه دور برای استفاده در مزرعه با استفاده از مژول های کم قدرت فاصله طولانی استفاده کرد.

۴- نتیجه گیری

سیستم پیشنهادی در این مقاله یک سیستم مزرعه هوشمند سیمی/ بی سیم با ساختار گره - سرور - بانک اطلاعاتی و کنترل خارجی است. به منظور حل مشکل توان مصرفی و محدودیت فضای سیستم سیم - کشی، که محدودیت مزرعه های هوشمند موجود است، یک روش ارتباطی مبتنی بر پروتکل های بلوتوث و LPWAN که به عنوان مژول کم مصرف شناخته می شوند ارائه شده است. علاوه بر این، با استفاده از یک راه حل ساده، معضل از دست رفتن بیت که معمولا در ارتباطات بی سیم رخ می دهد، تبادل پیام intermodule با موفقیت انجام شد. همچنین با استفاده از یک متاد تبادل پیام استاندارد امکان گسترش کاربرد فناوری در زمینه IOT وجود دارد.

۴- منابع و مراجع

1. Talavera, J. M., Tobón, L. E., Gómez, J. A., Culman, M. A., Aranda, J. M., Parra, D. T., ... & Garreta, L. E. (2017). Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 283-297.
2. Muangprathub, J., Boonnam, N., Kajornkasirat, S., Lekbangpong, N., Wanichsombat, A., & Nillaor, P. (2019). IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and electronics in agriculture*, 156, 467-474.
3. Mekki, Kais, et al. "A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment." *ICT express* 5.1 (2019): 1-7.
4. Qi, JunGuo, Yong Gao, and Liping Liu. "Bluetooth v4. 0-based intelligent electronic cigarette." U.S. Patent Application No. 14/243,919.
5. <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485>.
6. Light, R. (2017). Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol. *Journal of Open Source Software*, 2(13), 265.