

سیستم هوشمند آبیاری و تشخیص نشت منبع آب

فاطمه امجدی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد IT، دانشگاه قم، Amjadi.f.h@gmail.com

چکیده

آب ماده حیاتی است که کمبود آن منجر به تلفات زیستی در کره زمین می‌شود. کشور ایران نیز به دلیل کمبود ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی در زمره کشورهای نیمه خشک و خشک جهان قرار دارد، علاوه بر این با رشد روز افزون جمعیت و کاهش سرانه آب، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت، پدیده‌های اکوسیستمی، کاهش منابع تجدید شونده آب و ... در معرض خطر کمی آب و حتی نبود آن قرار دارد. یکی از بارزترین نمونه‌های هدر رفت آب، در بخش کشاورزی و باغداری است که درصد بالایی از آن مربوط به نشت منبع‌های ذخیره آب است که علاوه بر هدر رفت آب، باعث اتلاف انرژی الکتریکی و مکانیکی مورد نیاز در پمپ آب نیز می‌شود. برای حل این معضل، سامانه‌های نظارتی راه‌گشا هستند. با معماری اینترنت اشیا و استفاده از بُرد تینکر، برون رفت از این مشکل به سادگی امکان پذیر است. به کارگیری این سامانه به هر شخصی که به اینترنت متصل است کمک می‌کند تا به راحتی و حتی بدون فشار دادن یک دکمه، آب موجود در منبع را مدیریت کند. استفاده از این سامانه در زمینه‌ی جلوگیری از نابودی پوشش گیاهی در مناطق دور دست نیز کاربرد دارد. به دنبال افزایش محبوبیت دستگاه‌های اندرویدی و توانایی‌شان برای ارائه خدمات مختلف، تصمیم گرفته شد تا از این پلتفرم استفاده شود. همچنین پلتفرم وب عمومی برای کسانی که دستگاه اندرویدی ندارند، در نظر گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیا، کمبود آب، سامانه‌های نظارتی، دستگاه اندرویدی، بُرد تینکر.

مقدمه

مدیریت مصرف آب یکی از شاخه‌های مدیریت انرژی محسوب می‌شود و می‌تواند در مجموعه‌ای وسیع، اقدامات موثری را در خصوص الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن معمول دارد که نهایتاً منجر به کاهش نیاز انرژی نیز خواهد شد (شریف واقفی، ۱۳۸۵). اینترنت اشیا، میلیاردها شیء فیزیکی را به منظور جمع‌آوری و مبادله داده‌ها و کاربردهای مختلف مانند نظارت بر محیط، مدیریت زیرساخت و اتوماسیون خانگی با هم ارتباط می‌دهد. اینترنت اشیا انقلابی است که جهان را هوشمندتر می‌کند. (Cherukutota و Jadhav، ۲۰۱۶) طیف وسیعی از اشیا از طریق اینترنت به هم متصل می‌شوند تا بدون نیاز به انسان باهم ارتباط برقرار کرده و تعامل داشته باشند. همچنین از طریق این تکنولوژی می‌توان اشیا را از راه دور کنترل کرد (Ni, Zhang، ۲۰۱۷) اخیراً پروفیسور جگتپ^۱ همکارانش، یک سامانه طراحی کرده‌اند که در آن با استفاده از حسگر فراسوت و یک رسیپری پای^۲، سطح آب منبع اندازه‌گیری می‌شود و پمپ را فعال و غیرفعال کرده، وضعیت را در دستگاه اندرویدی نشان می‌دهد. (Jagtap, Sikandar، ۲۰۱۶) در طرح پیشنهادی حاضر از این سامانه استفاده شده و نشستی آب تشخیص داده می‌شود. همچنین به منظور پردازش سریع‌تر داده‌های عظیم، و در آینده برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های یادگیری ماشین بر روی داده‌ها، به جای رسیپری پای از بُرد تینکر^۳ استفاده می‌شود. علاوه بر این از ابر اینترنت اشیا^۴ برای ذخیره‌ی داده‌ها استفاده خواهد شد. ویژگی اصلی طرح پیشنهادی فوق این است که داده‌ها می‌توانند روی ابر ذخیره و تحلیل شوند. بنابراین هزینه‌های خیلی کمتری برای سخت‌افزار صرف خواهد شد؛ و کاربر می‌تواند در هر زمان و از هر کجا به داده‌ها دسترسی داشته باشد، آن‌ها را تحلیل کند و به اشتراک بگذارد. (adhav و Cherukutota، ۲۰۱۶)

مواد و روش‌ها

ابر اینترنت اشیا:

رایانش ابری^۵ یک روش پردازش داده است که در آن منابع اغلب مجازی شده، و از طریق شبکه‌های ارتباطی مانند شبکه‌های محلی و اینترنت عرضه می‌شود این فناوری به‌خصوص هنگام پردازش داده‌های حجیم و در اختیار نداشتن سامانه‌های پردازشگر قوی، بسیار سودمند خواهد بود. با توجه به این‌که اطلاعات جمع‌آوری شده به‌وسیله مجموعه‌ی گره‌های اینترنت اشیا از حجم بالایی برخوردار است، می‌توان از رایانش ابری به‌عنوان یک زیرساخت پشتیبانی‌کننده برای نگهداری و پردازش این اطلاعات استفاده نمود (ثانی و ثانی، ۱۳۹۵). به ترکیب دو فناوری اینترنت اشیا و رایانش ابری، ابر اینترنت اشیا گویند.

حسگر سطح-آب^۶:

حسگرهای سطح-آب یک ارتباط دو جانبه با رسیپری پای برقرار می‌کنند، وقتی رسیپری پای درخواستی را به حسگر ارسال می‌کند، حسگر داده‌های خام را برای رسیپری پای می‌فرستد. این حسگر بر اساس اصل سونار^۷ کار می‌کند، که یک موج صوتی اولتراسونیک منتشر کرده، بازخورد آن را دریافت می‌کند. هنگامی که ولتاژ روی پین تریگ^۸، HIGH است، موج صوتی را منتشر می‌کند می‌کند و ولتاژ بازخورد را روی پین اکو^۹ (که روی HIGH تنظیم نشده است)، دریافت می‌کند. (Jagtap و همکاران، ۲۰۱۶)

¹ Jagtap
² Raspberry Pi
³ Tinker Board
⁴ IoT Cloud
⁵ Cloud Computing
⁶ water-level
⁷ SONAR
⁸ TRIG
⁹ ECHO

رسپیری پای:

- رسپیری پای دارای یک اسکریپت Node.js است که یک ارتباط دو طرفه با حسگر سطح-آب و واسط MQTT^{۱۰} دارد.
- درخواست‌ها از طریق MQTT به رسپیری پای منتقل می‌شود. رسپیری در ازای دریافت درخواست، یک سیگنال HIGH به پین تریگ حسگر می‌فرستد.
 - سپس حسگر یک موج صوتی اولتراسونیک منتشر کرده، که بعد از دریافت آن به‌وسیله حسگر، پین اکو روی حالت HIGH تنظیم می‌شود.
 - این سیگنال HIGH در برگشت به‌وسیله رسپیری پای دریافت می‌شود.
 - سپس رسپیری پای فاصله‌ی زمانی سپری شده بین ارسال و دریافت موج صدا را محاسبه کرده، و حاصل را به MQTT ارسال می‌کند. (Jagtap، و همکاران، ۲۰۱۶) و (Agrawal و Singhal، ۲۰۱۵)

MQTT^{۱۱}:

MQTT یک سرور مرکزی است که روی نمونه‌ی EC2 وب سرویس آمازون اجرا می‌شود. این واسط مانند یک پل همه‌ی ماژول‌ها را به هم وصل می‌کند. همه‌ی دستگاه‌هایی که به MQTT وصل می‌شوند، به عنوان کلاینت^{۱۲} برای آن به حساب می‌آیند (از جمله وب‌سایت، اپلیکیشن اندرویدی^{۱۳} و رسپیری پای).

وب‌سایت و/یا اپلیکیشن اندرویدی از MQTT میزان سطح آب را درخواست می‌کنند. به این منظور، MQTT همه‌ی دستگاه‌های مرتبط با آن درخواست را جدا کرده و سپس رسپیری پای را در لیست جستجو و درخواست را به آن فوروارد می‌کند. به طور مشابه، وقتی رسپیری پای سطح آب را محاسبه می‌کند، داده‌های سطح آب را برای کلاینت خاصی ارسال می‌کند، این پیام ابتدا به‌وسیله MQTT دریافت می‌شود. سپس MQTT از بین کلاینت‌های مرتبط با آن پیام، وب‌سایت و/یا اپلیکیشن اندرویدی مورد نظر را در لیست پیدا کرده، و داده را برای آن فوروارد می‌کند (Jagtap و همکاران، ۲۰۱۶) و (Agrawal و Singhal، ۲۰۱۵)

سرور Node.js:

سرور Node.js یک وب-هاستینگ^{۱۴} برای وب‌سایت ماست. یک سرور برای وب‌سایت و یک کلاینت برای واسط MQTT. Node.js روی نمونه‌ی متفاوت EC2 وب سرویس آمازون اجرا می‌شود. این وب‌سایت که با استفاده از تکنولوژی تحت وب Node.js ساخته شده، دو هدف دارد:

۱. افزایش سرعت
۲. برقراری ارتباط با MQTT.

سرور Node.js دائماً از رسپیری پای می‌خواهد که سطح آب را برایش ارسال کند و داده‌ها را در رابط کاربری نمایش می‌دهد. (Bermudez-Ortega و همکاران، ۲۰۱۵). (Jagtap و همکاران، ۲۰۱۶)

Android Counter Part

Android Counter Part مشابه وب عمل می‌کند و به‌عنوان یک کلاینت برای MQTT است. همچنین از کتابخانه Paho MQTT Library به‌عنوان یک سرویس اختصاصی استفاده می‌کند، که مرتباً از رسپیری پای سطح آب را پرس و جو می‌کند.

¹⁰ MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)

¹¹ Message Queuing Telemetry Transport

¹² client

¹³ Android App

¹⁴ web-hosting

اپلیکیشن اندرویدی^{۱۵}:

اپلیکیشن شامل دو قسمت است:

۱. رابط کاربری برای نمایش گرافیکی داده‌ها

۲. Android MQTT Client

با دریافت داده‌های سطح آب از رسیپری پای، اپلیکیشن درصد سطح آب را محاسبه و آن را به واسط کاربری نگاشت می‌کند. در صورتی که تلفن همراه خاموش باشد، Android MQTT Client مسئول است که تغییرات سطح آب را به کاربر اطلاع دهد.

MSC^{۱۶}:

MSC یک مدیریت کننده مبتنی بر ابر و پلتفرم سرویس دهی داده‌ها، برای دستگاه‌های اینترنت اشیا است. داده‌ها را از دستگاه‌های متصل شده به هم جمع‌آوری می‌کند و به کاربر اجازه می‌دهد تا به طور مستقیم، دستگاه‌های متصل شده را، از راه دور و از طریق کنسول وب یا اپلیکیشن‌های موبایل کنترل کند. MSC سرویس ذخیره‌سازی داده‌های سری زمانی را فراهم می‌کند. که کاربر را قادر می‌سازد داده‌های جمع‌آوری شده به وسیله دستگاه‌های متصل شده را مشاهده نماید. همچنین کاربر می‌تواند داده‌های جاری خود را مشاهده و با استفاده از فیلتر زمان، داده‌های گذشته را نیز استخراج نماید (Jadhav و Cherukutota ، ۲۰۱۶)

MSC مجموعه‌ای غنی از API^{۱۷} های رست فول^{۱۸} را فراهم می‌کند که به توسعه دهندگان به بارگزاری و بازیابی نقاط داده‌ای کمک می‌کند. MSC برای اینکه نشان دهد آیا یک درخواست API موفقیت‌آمیز بوده یا خیر، از status code استاندارد اچ تی تی پی^{۱۹} استفاده می‌کند.

MSC، API های زیر را فراهم می‌کند:

- GET: برای بازیابی منابع
- POST: برای ایجاد منابع
- PUT: برای بروزرسانی منابع
- DELET: برای حذف منابع

تمام درخواست‌های فرستاده شده به API نیاز به تایید اعتبار دارند. اگر معتبر نباشند، سرور، در پاسخ یک پیغام خطا مبنی بر غیرمجاز بودن، می‌دهد.

یافته‌های تحقیق

برای اندازه‌گیری سطح آب منبع از حسگر فراصوت استفاده می‌شود. سطح آب بررسی شده و داده‌های آن از طریق دستگاه اندرویدی به کاربر فرستاده می‌شود. اگر پمپ غیرفعال و سطح آب تغییر کرده بود، به معنای نشتی منبع آب است. به منظور پردازش سریع‌تر داده‌های عظیم، و در آینده برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های یادگیری ماشین بر روی داده‌ها، به جای رسیپری پای از بُرد تینکر استفاده شود. علاوه بر این از ابر اینترنت اشیا برای ذخیره‌سازی داده‌ها استفاده می‌شود. ویژگی اصلی این سامانه آن است که داده‌ها می‌توانند روی ابر ذخیره و تحلیل شوند. بنابراین هزینه‌ی بسیار کمتری برای سخت افزار صرف خواهد شد. همچنین کاربر می‌تواند در هر زمان و از هر کجا به داده‌ها دسترسی داشته باشد، آن‌ها را تحلیل کرده و به اشتراک بگذارد.

از طرفی برای جلوگیری از نابودی پوشش گیاهی در مناطق پیشنهاد شده می‌تواند تشخیص دهد چه زمانی گیاه نیاز به آب دارد، و بدون دخالت انسان و به صورت خودکار به میزان لازم به آن آب دهد. این سامانه با استفاده از یک حسگر رطوبت سنج خاک و

¹⁵ Android Application

¹⁶ Media tek Cloud Sandbox

¹⁷ Application Programming Interface

¹⁸ RESTFul

¹⁹ HTTP

یک برد تینکر برای کنترل پمپ آب طراحی شده است. حسگرها، میزان رطوبت و آب موجود در خاک را اندازه گیری می کنند، تا شرایط مناسب را برای گیاه فراهم آورند. در این پروژه، حسگر به تینکر متصل می شود و سپس خشکی خاک را تشخیص می دهد، اگر سطح رطوبت بسیار کم باشد، به این معناست که گیاه نیاز به آبیاری دارد. این حسگر به تینکر اعلام می کند که میزان رطوبت کم است. رسیبری هم برای شروع آبیاری گیاهان، پمپ آب را روشن می کند، زمانی که رطوبت سطح خاک به مقدار کافی برسد، آن را خاموش می کند. مزیت باغبانی هوشمند این است که مانع خشک شدن گیاهان می شود، رطوبت گیاهان در سطح مطلوبی حفظ شده، با مصرف آب کمتر نتیجه دلخواه به دست می آید.

استفاده از شبکه های حسگر بی سیم^{۲۰}:

همه چیز می تواند در اینترنت اشیا به هم وصل شود: لوازم خانگی، اتومبیل، لباس، قفل دربها، لامپها، حسگرها، لپ تاپها، گوشی های تلفن همراه هوشمند و ... فناوری های ارتباطی مورد استفاده در اینترنت اشیا، شامل NFC^{۲۱}، بلوتوث، بارکد، QR^{۲۲}، Zigbee، LTE/LTE-A^{۲۳}، 3Gpp، شبکه های متحرک Ad-hoc^{۲۴}، شبکه های حسگر بی سیم، شبکه های بی سیم هستند. (Song ۲۰۱۴). به طور کلی در اینترنت اشیا از شبکه های حسگر بی سیم استفاده می شود، اما مشکلاتی از جمله هزینه بالا، تعداد گره های زیاد، طول عمر کم، مصرف انرژی زیاد، شارژ کردن مجدد و همچنین قرار گرفتن در شرایط آب و هوایی مختلف و ... دارد. هدف اصلی شبکه های حسگر بی سیم نظارت بر محیط اینترنت اشیا، جمع آوری، پردازش و انتقال اطلاعات و رویدادها به کاربران (انسان یا کامپیوتر) است.

در یک دسته بندی شبکه های حسگر بی سیم به سه گروه تقسیم می شوند:

۱. رویداد محور

۲. زمان محور (چند وقت یکبار اطلاعات را ارسال کنند)

۳. مبتنی بر پرسش و پاسخ.

در این پژوهش از مدل زمان محور استفاده می شود. تا در حین اجرای سامانه یک مجموعه داده ی بزرگ برای تجزیه و تحلیل - های آینده تهیه شود. ساده ترین توپولوژی در شبکه های حسگر بی سیم، استار^{۲۵} است، که در آن همه ی گره ها به یک gateway متصل هستند. نقش gateway در شبکه های حسگر بی سیم جمع آوری، پردازش و ارسال داده ها به یک سرور متصل به اینترنت است. می توان برای تامین انرژی گره هایی که در محیط باز هستند، از انرژی طبیعی استفاده کرد؛ اما این موضوع ممکن است روی عملکرد شبکه و گره ها و قابلیت اطمینان شان تأثیر بگذارد و حتی در مواردی باعث افزایش هزینه ها شود. بنابراین در حال حاضر از باتری های قابل شارژ بهره گرفته می شود. رویدادهایی که باید به صورت آنی گزارش شوند، بیشترین مصرف انرژی را دارند. برای کاهش مصرف انرژی، بهتر است از توپولوژی مش^{۲۶} به جای استار استفاده کرد (در این توپولوژی گره ها باید بتوانند امواج رادیویی را دریافت کنند)؛ همچنین کوتاه کردن پیامها موجب کاهش مصرف انرژی می شود. (Lazarescu, ۲۰۱۴)

استفاده از ابر اینترنت اشیا:

در ارتباط با ابر، چالش اصلی این است که داده ها به TCP/IP^{۲۷} تبدیل شده، سپس از طریق وای فای به ابر ارسال شود. در اینجا از برد توسعه ی تینکر برای دستیابی به قابلیت یکپارچه سازی پروتکل ها استفاده می شود.

²⁰ Wireless Sensor Network

²¹ Near Field Communication

²² Quick Response

²³ Long-Term Environmental

²⁴ Mobile ad hoc network

²⁵ Star

²⁶ Mesh

²⁷ Transmission Control Protocol/Internet Protocol

بُرد توسعه‌ی تینکر، این داده‌ها را با استفاده از سرویس مبتنی بر وب رست فول به ابر خواهد فرستاد. از MSC به‌عنوان پلتفرم ابری استفاده می‌شود، که سرویس ذخیره‌سازی داده‌های سری زمانی را فراهم می‌کند و به کاربر امکان مشاهده و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده به‌وسیله دستگاه‌های متصل را می‌دهد. این سامانه به کاربر اجازه می‌دهد که بدون درنگ و در هر زمان و از هر مکان، از طریق وبسایت یا اپلیکیشن تلفن همراه به داده‌های قدیمی دسترسی داشته باشد.

بُرد تینکر:

این بُرد با استفاده از یک طراحی قدرتمند اما کم‌مصرف، از نسل جدید گرافیک و API‌های پردازشی پشتیبانی می‌کند. داشتن پردازنده گرافیکی، با توان جی پی یو Mali™-T764^{۲۸} مبتنی بر آرم، و همچنین داشتن پردازنده‌های تابع ثابت، طیف گسترده‌ای از کاربردها مانند پخش صوت و تصویر، بازی، چشم‌انداز رایانه‌ای، تشخیص حرکت، تثبیت‌کننده و پردازشگر تصویر را همراه با تصویربرداری محاسباتی ممکن می‌سازد. تینکر مجهز به یک RK3288 SoC مبتنی بر آرم، با چهار هسته پردازشی، برای بهبود عملکرد برنامه‌های چند هسته‌ای است. این پردازنده در فرکانس ۱/۸ گیگاهرتز اجرا می‌شود که عملکرد را برای تمام برنامه‌ها افزایش می‌دهد. این افزایش در تعداد هسته‌های پردازنده، به همراه افزایش فرکانس، به بهبود قابل توجه عملکرد در طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها کمک می‌کند و قابلیت‌های پروژه را افزایش می‌دهد. در نتیجه، برنامه‌های رایج رایانه‌ای سریع‌تر اجرا می‌شوند.

پردازنده گرافیکی یا همان جی پی یو این چیپ SoC، با نام Mali T764 که شرکت آرم آن را طراحی کرده، دارای فرکانس 600MHz است که می‌تواند تصویر را از طریق HDMI 1.4 روی مانیتور نمایش دهد. همچنین می‌تواند فرمت‌های H265 و H264 را به صورت سخت‌افزاری دیکد کند. این قابلیت می‌تواند بار بیشتری را برای نمایش تصویر از دوش سی پی یو^{۲۹} بردارد. سرعت تبادل رابط LAN این برد توسعه 1000Gbps است که در حدود ۱۰ برابر بیشتر از سرعت LAN رسیپری پای ۳ است. بر خلاف رسیپری پای ۳، این بُرد دارای میکروفون است که می‌توان از آن استفاده کرد. پورت‌های دیگر تینکر برد شامل چهار پورت یو اس بی 2.0^{۳۰} و یک پورت میکرو یو اس بی برای اتصال منبع تغذیه پنج ولتی است. برای توسعه الکترونیکی بُرد تینکر، همانند بُردهای رسیپری پای، یک هدر پین ۴۰ تایی دارد که دارای GPIO، I2C، PWM، I2S، PCM و UART است. این بُرد می‌تواند به دوربین و صفحه نمایش لمسی از طریق رابط MIPI متصل شود. دیگر قابلیت آن داشتن وای فای و بلوتوث است. مدار ماژول وای فای آن دارای یک شیلد فلزی است تا از تداخل الکترومغناطیسی جلوگیری کند. همچنین قابلیت اتصال یک آنتن خارجی برای آنتن‌دهی بهتر وجود دارد. همچنین حافظه‌ی داخلی آن دو برابر رسیپری پای است. بُرد تینکر، مخصوص برنامه‌نویسی در حوزه اینترنت اشیا است و می‌تواند تقریباً تمامی نیازهای مرتبط با حوزه اینترنت اشیا را بدون داشتن دغدغه‌ی افت سرعت و فشار بر روی بُرد فراهم سازد. این بُرد یکی از جدیدترین بُردهایی است که بعد از بُردهای رسیپری پای ۳ معرفی شده است. مقایسه‌ی این دو بُرد در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ - مقایسه‌ی بُرد تینکر و رسیپری پای

Raspberry Pi 3 Model B	Asus Tinker Board	
Cortex-A53 Quad-core 1.2GHz	Cortex-A17 Quad-core 1.8GHz	پردازنده
1GB LPDDR2	2GB LPDDR3	حافظه داخلی
Wi-Fi 802.11n, Bluetooth 4.1, 10/100Mbit/s Ethernet	Wi-Fi 802.11b/g/n, Bluetooth 4.0, Gigabit LAN	اتصالات
4x USB 2.0	4x USB 2.0	USB
1x 3.5mm jack	1x 3.5mm jack	صدا
1x HDMI supports Full HD	1x HDMI supports 4K	پشتیبانی از نمایشگر
MicroSD card slot	MicroSD card slot	فضای ذخیره سازی
1x 40-pin header	1x 40-pin header	هدر داخلی

²⁸ GPU

²⁹ CPU

³⁰ USB

نتیجه گیری:

با استفاده از فناوری‌های جدید برای حل مشکل بحران آب و صرفه‌جویی در مصرف آب راه حلی ارائه شد، تمرکز اصلی بر روی مسأله هدرفت آب، از طریق سرریز منبع‌های آب است. طرح مورد بحث این مشکل را رفع و به کنترل آن کمک خواهد کرد. سامانه طراحی شده با استفاده از اینترنت اشیا و پلتفرم اندروید، تغییرات سطح آب را نظارت و بررسی می‌کند و همچنین به کاربر این امکان را می‌دهد، در هر کجا که هستند آب داخل منبع را کنترل نمایند. کل این فرایند به صورت خودکار انجام می‌شود و بنابراین کاهش اتلاف انرژی و کاردستی را خواهیم داشت. اندروید یکی از پلتفرم‌های پر استفاده و وسیع است که بسیاری از اپلیکیشن‌ها بر روی آن قابل توسعه است. ویژگی‌های مختلف بُرد تینکر و توانایی‌اش برای استفاده از داده‌های حسگری موجب عملکرد بهتر و توسعه‌ی این طرح می‌شود. این سامانه به باغداران و کشاورزان و سازمان‌ها برای کاهش ضرر و زیان مالی کمک کرده و راه‌های مطمئنی را برای مدیریت مخازن آب بدون هیچ زحمتی ارائه می‌دهد. تحولات آینده می‌تواند سامانه را بهبود بخشد و مقیاس پذیری را افزایش دهد.

منابع

- شریف واقفی، سید حمید رضا، ۱۳۸۵، مدیریت مصرف آب و نقش آن در کاهش سرانه مصرف آب و فاضلاب، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- ثانی، آیدا، ثانی، فرشته، ۱۳۹۵، اینترنت اشیا، رایانش ابری و همگرایی آن‌ها، اولین همایش ملی کاربردهای سیستم‌های مکترونیک و رباتیک، ایلخچی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلخچی.
- Agrawal, N. and S. Singhal (2015). Smart drip irrigation system using raspberry pi and arduino. Computing, Communication & Automation (ICCCA), 2015 International Conference on, IEEE.
- Bermudez-Ortega, J., E. Besada-Portas, J. López-Orozco, J. Bonache-Seco and J. De la Cruz (2015). "Remote web-based control laboratory for mobile devices based on EJS, Raspberry Pi and Node. js." IFAC-PapersOnLine 48(29): 158-163.
- Cherukutota, N. and S. Jadhav (2016). Architectural framework of smart water meter reading system in IoT environment. Communication and Signal Processing (ICCSP), 2016 International Conference on, IEEE.
- Collina, M., G. E. Corazza and A. Vanelli-Coralli (2012). Introducing the QEST broker: Scaling the IoT by bridging MQTT and REST. Personal indoor and mobile radio communications (pimrc), 2012 IEEE 23rd international symposium on, IEEE.
- Hunkeler, U., H. L. Truong and A. Stanford-Clark (2008). MQTT-S—A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. Communication systems software and middleware and workshops, 2008. comsware 2008. 3rd international conference on, IEEE.
- Lazarescu, M. T. (2014). Internet of things low-cost long-term environmental monitoring with reusable wireless sensor network platform. Internet of Things, Springer: 169-196.
- Lee, S., H. Kim, D.-k. Hong and H. Ju (2013). Correlation analysis of MQTT loss and delay according to QoS level. Information Networking (ICOIN), 2013 International Conference on, IEEE.
- Prof. A. M. Jagtap, B. S. S., Shinde Sharmila Shivaji, Khalate Vrushali Pramod, Nirmal Kalyani Sarangdhar (2016). ""Aquarius"" - Smart IOTA Technology for Water Level Monitoring System " International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering 5(8): 4.
- Song, Z., M. T. Lazarescu, R. Tomasi, L. Lavagno and M. A. Spirito (2014). High-level internet of things applications development using wireless sensor networks. Internet of Things, Springer: 75-109.