طراحی و ساخت نمونه ای از شبکه‌های حسگر بی‌سیم در حوزه کشاورزی (٦٥٥)

فاطمه سادات آیت الهی[1] ، سعیده علی نژاد چمازکتی[2]

چکیده

هر گونه عملیات کشاورزی متناسب با شرایط حاکم بر محیط زراعی مورد نظر انجام می‌شود. بنابراین دقت در برآورد شـرایط محیطی باعث افزایش بازده می‌شود. این شرایط زمانی و مکانی مختلف متفاوت هستند. در نتیجه بهتر است که عملیات کشاورزی متناسب با شرایط نواحی مختلف مزرعه در هر زمان انجام شود. با افزایش دقت در ندازه‌گیری نقطه به نقطه، بازده افزایش می‌یابد. جهت دست یابی به اهداف فوق، از ابزارهایی به نام حسگر استفاده می‌گردد که به وسیله آن ها پارامترهای مختلف محیطی انـدازه گرفته می‌شوند. این حسگرها در گره‌هایی نصب شده‌اند که وظیفه ارسال داده‌های دریافتی را به مرکز اصلی برای نگهداری داده‌ها و عکس‌العمل لازم در شرایط خاص بر عهده دارند. این گره‌ها به طور بی‌سیم تشکیل شبکه‌ای از حسگرها را می‌دهند که به طور گسترده می توانند در سطح مزرعه توزیع شوند و به دریافت اطلاعات لازم به کمک حسگرهای تعبیه شده بر روی آنها می‌پردازند. در این مقاله به معرفی یک گره از این شبکه و معرفی برد حسگر به کار رفته در آن می پردازیم و وظایف هر یـک از حـسگرها در کمک به کشاورزی بیان می‌شود. مدار طراحی شده گره شامل حسگر حرارتی، رطوبت و نوری می باشد که اطلاعات دریافتی را از طریق ارتباط بی‌سیم به گره دیگر ارسال می‌کند. فرستنده و گیرنده های به کار برده ده در طراحی مدار در فرکانس 915 MHz کار می کنند. پردازنده مرکزی به کار رفته در گره نیز یک میکروکنترلر AVR است که کلیه اعمال پردازشی و نظارتی توسـط آن انجام می گیرد.

کلیدواژه: شبکه حسگر بی‌سیم، میکروکنترلر، کاربرد حسگر در کشاورزی

۱- مهندس کامپیوتر گرایش سخت افزار، دانشگاه صنعتی شریف، پست لکترونیک: Ayatollahi@ce.sharif.edu
۲- مهندس کامپ تر رایش سخت افزار، دانشگاه صنعتی شریف

مقدمه:

توسعه روزافزون شبکه‌های کامپیوتری و نیاز به دست‌یابی به اطلاعات و منابع بیشتر بدون دست‌یابی فیزیکی و سخت‌افزاری موجب توسعه کاربردهای بی‌سیم و موبایل شده است و هم اکنون می‌توان توسط ارتباطات بی‌سیم با سراسر جهان بدون‌آنکه اتصال فیزیکی سیمی داشته باشیم، داده و اطلاعات خود را به مقصدهای مورد نظر ارسال نمود. استفاده از تکنولوژی شبکه‌های بی‌سیم در کنار سیستم‌های تعبیه شده(Embedded) منجر به ظهور تکنولوژی سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی شد که در آنها پردازشگرهای ریز، حسگرها و مدارات مخابراتی در یک سیستم قرار گرفته، با همدیگر در یک شبکه اهدافی را دنبال نمایند و با استفاده از تعدادی از این سیستم‌ها در کنار یکدیگر به شبکه‌ای دست یافت که راه‌حل خیلی از نیازهای روزمره و ضروری بشر می-باشد. این سیستم‌ها گره‌های حسگر نامی ه می‌شوند و به شبکه‌ای که با یکدیگر تشکیل می‌دهند شبکه های حسگر گفته می‌شود و با توجه به اینکه به صورت اقتضایی(Ad-hoc) و بی‌سیم به‌وجود می‌آیند شبکه‌های حسگر اقتضایی بی سیم نام گرفته‌اند. کم مصرف بودن، هزینه پایین، اندازه کوچک، و قطعات توزیع شده در گره های حسگر بی سیم باعث شده است که پردازش محلی, ارتباطات بی سیم، جمع‌آوری و توزیع اطلاعات در شبکه های حسگر بی سیم به راحتی صورت پذیرد و به اطلاعاتی در مورد مکانی که امکان دسترسی به آن وجود ندارد به راحتی آگاهی داشت. هر گره حسگر دارای قابلیت پردازش محدود می‌باشد ولی با قرارگرفتن در یک شبکه به همراه دیگر گره‌های حسگر، می توانند اطلاعات جزئی را در مورد یک موضوع خاص مورد پردازش قرار داده و اطلاعات کاملی را در اختیار کاربر قرار دهند. توجه به کاربرد این شبکه ها در حوزه کشاورزی کمک شایانی در رسیدن به کشاورزی دقیق و به کارگیری مناسب از منابع خواهد انجامید. به طور مثال، می توان به کاربرد شبکه حسگر بی سیم در مزارع یا گلخانه ها اشاره کرد. اندازه گیری دقیق دما، رطوبت، نور و موارد دیگر برحسب شرایط خاص محیط مورد بررسی از قابلیت های اینگونه شبکه هاست که به دلیل برخورداری از مزایای ارتباط بی سیم استفاده از اینگونه شبکه ها در مقایسه با روشهای دیگر بسیار به صرفه تر، راحت تر و با قابلیت بیشتر خواهد بود. در ادامه نحوه ساخت گره حسگر بیسیم جهت استفاده در گلخانه یا مزارع به طور کامل توضیح داده می شود.

حسگرها تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی را به تغییرات پارامترهای الکترونیکی تبدیل می‌کنند [2 و 3]. دیاگرام کلی ابزارهای اندازه‌گیری الکترونیکی در شکل ۱ ارائه شده است. از آنجا که مدارات الکترونیکی از قابلیت‌های زیادی مانند انعطاف‌پذیری، سرعت بالا، دقت، تحلیل‌پذیری، امکان پردازش و ثبت اطلاعات برخوردار است، در کشاورزی دقیق و به طور کلی در سامانه‌های دقیق از حسگرهای الکترونیکی استفاده می‌شود[3]. نحوه کار حسگرها به هفت گونه مقاومتی، القایی، خازنی، پیزوالکتریک، فتوالکتریک، الاستیک و حرارتی می‌باشند. عواملی که در انتخاب یک حسگر ایفای نقش می‌کنند عبارتند از: خطی یا غیرخطی بودن تغییرات خروجی حسگر نسبت به تغییرات پارامتر محیطی، دقت، عمر مفید، زمان پاسخ، نحوه کار، میزان انرژی لازم برای ایجاد تغییرات مناسب در خروجی حسگر، قیمت، نرخ تغییرات.

شکل ۱- نمودار کلی ابزارهای اندازه گیری الکترونیکی

حسگرها به طور کلی به منظورهای زیر در کشاورزی به کار می‌روند [4]:

۱- حس کردن خواص خاک: بافت، ساختمان و حالت فیزیکی خاک، رطوبت خاک، مواد غذایی خاک.

۲- حس کردن گیاهان: جمعیت گیاهان، تنش و موقعیت غذایی گیاه.

۳- مانه‌های نظارت بر محصول: محصول گیاه، رطوبت محصول، دروی عرض ردیف کاشت.

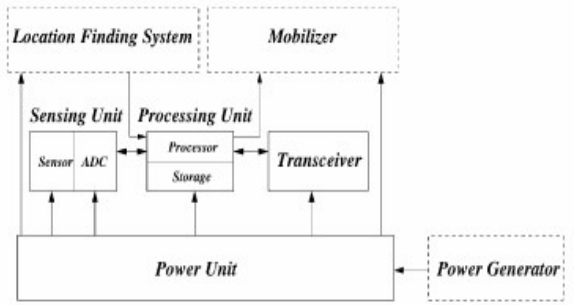
۴- مانه‌های با تکنولوژی نرخ متغیر.

۵- نظارت بر پارامترهای آب و هو یی: دما، رطوبت هوا، سرعت باد، جهت باد، روشنایی.

مواد و روش ها

گره حسگر بی‌سیم از قسمت های اصلی زیر تشکیل شده که در طراحی‌های مختلف آن با توجه به نوع کاربرد، انتخاب درست هر یک از این قسمت ها اهمیت پیدا می‌کند.این اجزا همانطور که در شکل ۲آمده است[۱]، عبارتند از:

منبع تغذیه، واحد پردازش، واحد حسگر، واحد انتقال



شکل ۲ - قسمت‌های اصلی گره حسگربی‌سیم

یک از مواردی که رعایت آن در طراحی اکثر گره‌های حسگر بی‌سیم اهمیت دارد، کوچک بودن اندازه و کم بودن توان مصرفی است . برای تأمین مورد اول لازم است که در تهیه اجزا دقت شود که کوچکترین اندازه ممکن با قابلیت های یکسان انتخاب شود، در مورد دوم نیز منبع تغذیه مورد استفاده و چگونگی بکارگیری آن در کاهش توان مصرفی نقش به سزایی دارد.

اجزای سخت افزاری گره طراحی شده

کنترل کننده مرکزی

در ای‌ن قسمت از میکروکنترلر AVR – مدل Atmega16 استفاده شده است. . این میکروکنترلرهای هشت‌بیتی به دلیل قابلیت برنامه نویسی توسط کامپایلر زبان‌های سطح بالا (HLL) بسیار مورد توجه ار می‌گیرند. این میکروکنترلرها از معماری RISC برخوردارند و از تکنولوژی CMOS در ساخت قطعه استفاده می‌کنند. شرکت ATMEL سعی نموده است با استفاده از معماری پیشرفته و دستورات بهینه، حجم کد تولید شده را کم و سرعت اجرای برنامه را بالا ببرد. یکی از مشخصات این نوع میکروکنترلر ها دارا بودن ۳۲ رجیستر همه منظو ه می‌باشد.

همچنین در این میکروکنترلر ها از حافظه های کم مصرف و غیرفرار FLASH و EEPROM استفاده می‌شود.
قابلیت دیگر این میکروکنترلرها اجرای دستورالعمل‌ها در یک سیکل پردازنده است و پشتیبانی از بسیاری از استانداردهای ارتباطی مانند UART,I2C, JTAG وSPI می‌باشد که می‌توان این میکروکنترلر را به میکروکنترلر یا وسایل دیگر وصل کرد و با آنها به راحتی ارتباط برقرار کرد.

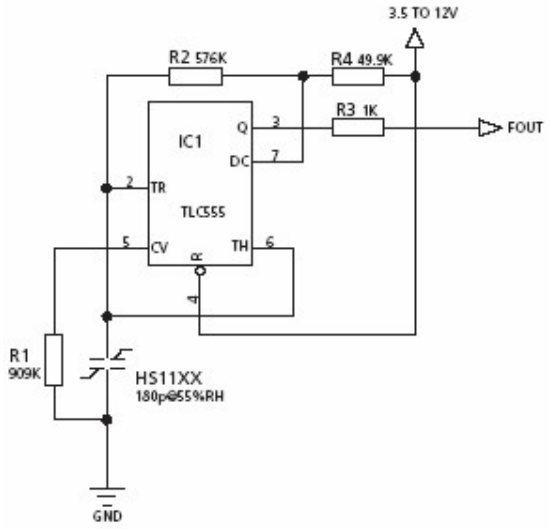
حسگر حرارتی DS18B20

حسگر استفاده شده در طراحی این گره مدل DS18B20 از نوع حسگرهای مدار مجتمع (IC) می‌باشد و یک نوع ترمیستور نیمه‌هادی است، که امروزه محبوبیت بیشتری یافته‌است، زیرا می‌توان از آنها در تراشه‌های استاندارد استفاده کرد. در این نوع حسگرها از اسیلاتورهای وابسته به دما ستفاده می‌شود و به همین جهت یک شمارش ساده برای اندازه گیری دما کافی است. این گونه حسگرها امروزه ارزان و در دسترس می باشند. دمای قابل اندازه گیری توسط DS18B20 از 55- C تا 125+ C می‌باشد که از دمای 10- C تا 85+ C حساسیت حسگر 0.5+ C ست و در این بازه پاسخ حسگر تقریبا خطی است. قدرت تفکیک دماسنج از ۹ تا ۱۲ بیت قابل انتخاب توسط کاربر می‌باشد. (که در ۱۲ بیتی ۰،۰۶۲۵ درجه و در ۹ بیتی ۰،۵ درجه سانتیگراد خواهد بود)

زمان پاسخ حسگر که عبارت است از محاسبه دما و تبدیل آن به صورت کلمه دیجیتالی ۱۲ بیتی، حداکثر ۷۵۰ میکروثانیه می‌باشد.نحوه اتصال حسگر به گونه‌ای است که در حالت Passive Mode کار می‌کند و نیاز به منبع تغذیه جداگانه ندارد. به این ترتیب مصرف توان کاهش یافته و از طریق همان خط داده توان حسگر تامین می‌شود.

حسگر رطوبت

این سنسور درواقع یک خازن حساس به رطوبت بوده و خودش به تنهایی خروجی ندارد بلکه باید مداری را برای آن ساخت و با تغییرات خازن به آن تغییرات دلخواه ایجاد کرد. روش اندازه گیری رطوبت هوا یا رطوبت خاک به کمک حسگر به وسیله اندازه‌گیری فرکانس است. به این معنی که تغییرات مقاومت و یا ظرفیت حسگر منجر به تغییر در فرکانس شده و با ازه‌گیری فرکانس و بررسی داده‌های دریافتی، مقدار پارامترهای محیطی به دست می‌آید. بنا بر این برای آن، از یک آی‌سی 555 استفاده شده است. روش استفاده از این آی‌سی در شکل ۳ دیده می‌شود.



شکل ۳ – نحوه اتصال حسگر رطوبتی به TLC555

حسگر نور (شعله)

این نوع حسگرها به دو دسته کلی فتوولتایی و فتوکونداکتیو تقسیم می‌شوند [3]. حسگرهای فتوولتایی از نیمه هدی‌های pn ساخته می‌گردند. مشکل آنها غیرخطی بودن تغییرات ست. حسگرهای فتوکونداکتیو را می‌توان به سه دسته‌ی فتودیود، فتوترانزیستور و LDR (مقاومت وابسته به نور) تقسیم رد. یکی از مزایای LDR مطابقت حساسیت آن با طول موج‌های حساس چشم است.

ولی حسگر مناسب‌تر برای تخمین میزان فعالیت فتوسنتزی گیاه، حسگرهای کوانتومی ست. این حسگرها میزان فوتون‌های برخورد کرده با سطح را ندازه می‌گیرند که روش مناسبی برای اندازه‌گیری انرژی رسیده شده به گیاه در محدوده‌ی PAR (پرتوهای مؤثر در فتوسنتز) می‌باشد [۵].

حسگر استفاده شده در این پروژه LDR بوده که یک نوع مقاومت حساس به نور می‌باشد و در برابر نور مقاومت آن کاهش می‌یابد و با کاهش نور مقاومت آن افزایش می‌یابد.

به کمک حسگرهای معرفی شده می توان از بروز حوادثی چون آتش سوزی در جنگل‌ها جلوگیری کرد و یا هر چه بهتر در نگهداری مزارع و گلخانه ها بکار برد.

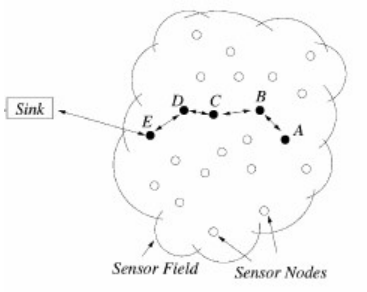
فرستنده و گیرنده بی‌سیم

فرستنده و گیرنده HM-T و HM-R به عنوان فرستنده و گیرنده امواج رادیویی است که از تکنولوژی FSK بهره می برد و جایگزین مناسبی برای فرستنده و گیرنده هایی می باشد که از تکنولوژی ASK استفاده می کردند. ویژگی های بارز این پیمانه عبارت است از: تکنولوژی FSK ، مناسب جهت جایگزینی با تکنولوژی ASK، استفاده از باند ISM ، 915 MHz، اندازه بسیار کوچک، تداخل کم، حساسیت بالا و مصرف توان کم. این پیمانه از پروتکل ارتباطی سریال استفاده کرده و به پ یه های RX و TX میکروکنترلر متصل می شود، به همین جهت نرخ ارسال اده محدود می باشد.

اگر پایه data برای مدت زمانی بیش از 70ms بیکار بماند، این پیمانه (Module) به طور خودکار وارد حالت Standby می شود، و به این ترتیب مصرف توان آن کاهش می یابد و قابل کنترل است.

طراحی شبکه حسگر بی‌سیم

گره‌های حسگر در منطقه ای پخش شده‌اند و نحوه چیدمان و ارتباط آنها در محیط، نوع طراحی شبکه ما را مشخص می کند. هر گره قابلیت دریافت و ارسال اطلاعات را دارا می‌باشد، همچنین می تواند اطلاعات را جمع آوری و به سینک منتقل کند. گره سینک مسئولیت دریافت اطلاعات از گره‌های مختلف را بر عهده دارد، تا در صورت لزوم اطلاعات دریافتی را به مراکز دیگر مخابره کند یا خود، اطلاعات را پردازش و عکس العمل لازم را اعمال کند.شکل ۴



شکل۴ - چیدمان گره‌های حسگر در میدان

روش ساده ای جهت جلوگیری از تداخل در استفاده از کانال ارتباطی مشترک استفاده شده است. به این صورت که به طور مثال گره D برای شروع ارسال، سیگنال SYNC را برای گره E ارسال می کند و گره E در این حالت منتظر دریافت است و داده ای ارسال نمی‌کند تا سیگنال مربوط به پایان ارسال را از گره D دریافت کند. سپس گره E برای شروع ارسال سیگنال لازم را به گره D ارسال می کند و داده مورد نظر را پس از آن ارسال می کند، به این ترتیب ارسال و دریافت ادامه می یابد. در صورت افزایش تعداد گره‌ها، به همین صورت هر گره می تو ند با ارسال سیگنال شروع خود، گره‌های دیگر را مطلع کند و بقیه گره‌ها ارسالی انجام نمی دهند. گره سینک نیز با دریافت سیگنال شروع مربوط به هر گره، مطلع می‌شود که داده های ارسالی آتی مربوط به کدام گره است و آن را دریافت می کند.

نتایج و بحث

به منظور کنترل شرایط یک مزرعه توسط حسگرهای بی سیم، گره های حسگر را به طور یکنواخت در سطح مزرعـه پخـش نموده و به بررسی شرایط کاری شبکه می پردازیم. نتایج زیر از آزمایش های انجام گرفته بدست می آید:

محیط مناسب برای راه‌اندازی باید دارای شرایط زیر باشد:

با توجه به محدوده‌ی دمایی کاری اجزای بکار رفته در گره، دمای محیط باید بین 80C+ – 35- باشد.

به دلیل استفاده از امواج رادیویی در ارسال و دریافت داده، تراکم امواج در محیط انتقال باید حداقل باشد.

حداکثر برد کاری بین دو گره برای ارتباط بی‌سیم، در محیط بسته تقریباً ۲۵ متر می‌باشد.

با توجه به محدو یت‌های آزمایش، حداقل فاصله زمانی ممکن جهت نمایش تغییرات حسگر، تقریباً ۲۰۰ms است.

حداکثر نرخ ارسال و دریافت داده 4800 bps می‌باشد.

دقت اندازه‌گیری دما ۰٫۵+ درجه سانتیگراد می باشد.

در سنجش رطوبت میانگین حساسیت در بازه ۳۳٪ تا ۷۵٪ برابر 0.34 pF/%RH می باشد.
اندازه گیری نور به طور نسبی صورت می گیرد و برای نشان دادن روشنایی یا تاریکی محیط استفاده می شود.

نـتـیـجه‌گـیـری و پـیـش ـادات

با توجه به افزایش روزافزون کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم در مکان‌هایی که امکان دسترسی به آنها دشوار است و نقش مؤثر این شبکه‌ها در پردازش و جمع‌آوری اطلاعات ، امروزه توجه به چگونگی طراحی و ساخت گره‌های حسگر که نقش اساسی در این شبکه‌ها ارا می‌باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پروژه تلاش شده است که طرحی ساده با استفاده از قطعات قابل دسترس و نه چندان گران قیمت، با قابلیت های لازم و توان مصرفی مناسب، ارائه گردد. این گره حسگر بی‌سیم طوری طراحی شده است که قابلیت استفاده در مزارع، گلخانه ها، هواشناسی و دیگر کاربردهای محیطی را دارا باشد و سپس با استفاده از آن‌ها شبکه‌ای ساده از حسگرها پیده‌سازی گردد.

پیشنهاد می شود برای رسیدن به گره های کاراتر با توان مصرفی کمتر از پروتکل ارتباطی ZigBee که خاص شبکه های حسگر بیسیم می باشد استفاده شود. همچنین باید به این نکته توجه داشت که گلخانه‌ها نسبت به موارد استفاده و ابعاد، دارای شرایط گوناگونی هستند. در نتیجه باید گره نسبت به نیازهای هر گلخانه طراحی و ساخته شود که البته با تغییرات جزئی در اساس این گره به این هدف می‌توان دست یافت. مثلاً ممکن است گلخانه‌ای دارای چندین سالن با گیاهان متفاوت باشد. بنا بر این سیستم باید دارای چندین مجموعه حسگر بوده که با تغییرات جزئی در مدار و نرم افزار آن، این قابلیت حاصل می‌شود.

منابع:

1. Akyldiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayiroici, " *A survey on Sensor Network*", IEEE Communications Magazine, Vol. 40, Issue:8, August 2002, pp. 102-114

2. Rizzoni, G., 2000, Principles and Applications of Electrical Engineering, 3th ed., McGraw-Hill, USA.

3. Storey N., 1998, Electronics: A system approach, Prentice Hall, Harlow.

4. Fraden, J.,1993 ,AIP Handbook of Modern Sensors: Physics, Design and Applications, American Institute of Physics, New York.

Abstract

Wireless sensor network (WSN) is composed of a large number of sensor nodes, which are densely deployed either inside the phenomenon or very close to it. These networks have a wide variety of potential applications in agricultural, environmental monitoring, homeland security, safety, medical, and military applications, to name a few. There are variable designs for wireless sensor nodes which use different devices as they are deployed in different applications.

In this paper, first we have a revision on different kinds of wireless sensor networks and we explain how we design and implement our sensor node. Finally we describe how we make communication between nodes especially with wireless link, which is the main aim of this project. The use of each device and the reason of selections are declared briefly.

The implemented circuit includes a digital temperature sensor, a humidity sensor and a light sensor. The information is transmitted with transmitter and receiver modules. These modules work in 915 MHz. The main processor in node is an AVR microcontroller for processing and controlling the node.

Using this wireless sensor network in agriculture helps us to optimize monitoring and using sources, so we can have more precise agriculture.