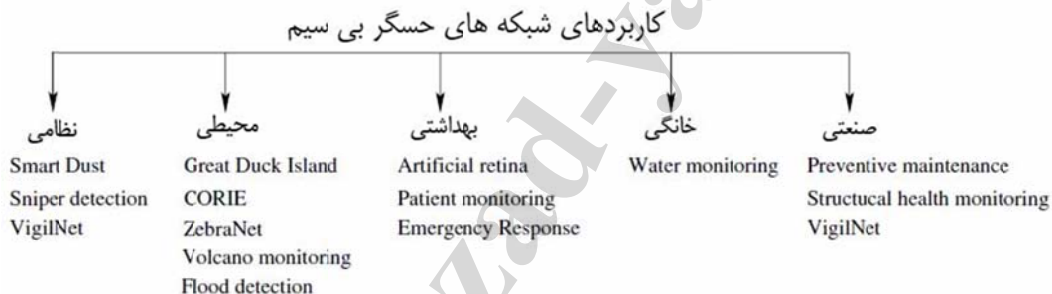


کاربردهای شبکه حسگر بی سیم

ظهور الگوی WSN^{۱۹۳}، تحقیقات وسیع در جنبه‌های مختلف آن را به همراه داشته است. کاربردپذیری این شبکه‌ها با تأکید بر قابلیت‌های بالقوه‌ی آنها، از مدتها قبل، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در اینجا، برخی از کاربردهای تجاری و تحقیقاتی این شبکه‌ها، به طور مختصر عنوان می‌گردند. این کاربردهای روز افزون WSNها را می‌توان به پنج دسته تقسیم نمود: کاربردهای نظامی، محیطی (یا محیط زیستی)، بهداشتی، خانگی و صنعتی. این دسته‌بندی به همراه نمونه‌های ویژه هر یک از آنها، در شکل ۷ نمایش داده شده است.



شکل ۷: کاربردهای شبکه‌های حسگر بی سیم به همراه برخی نمونه‌هایشان

۱-۲- کاربردهای نظامی

WSNها می‌توانند جزء لازم سیستمهای فرمان، کنترل، ارتباطات، محاسبات، هوش و خبرگیری، نظارت، شناسایی و هدف‌یابی نظامی باشند. آرایش (یا گسترش) سریع، خود-سازماندهی^{۱۹۴} و تحمل نقص^{۱۹۵}، به عنوان مشخصه‌های شبکه‌های حسگر، این شبکه‌ها را به یک تکنیک حسگر بسیار امید بخش برای کاربردهای نظامی، بدل کرده است. از آنجایی که شبکه‌های حسگر مبتنی بر پخش متراکم گره‌های حسگر ارزان و (معمولاً) یکبار مصرف هستند، انهدام برخی گره‌ها طی عملیات

¹⁹³ Wireless Sensor Network (WSN)

¹⁹⁴ Self-organization

¹⁹⁵ fault tolerance

دشمن، روی عملکرد نظامی تأثیری ندارد. برخی کاربردهای نظامی شبکه‌های حسگر عبارتند از: مانیتورینگ نیروهای خودی، تجهیزات و مهمات، دیده‌بانی منطقه جنگی، شناسایی نیروهای دشمن و محدوده‌ی آن‌ها، هدف‌یابی، ارزیابی خسارات جنگ، شناسایی و کشف حملات هسته‌ای، بیولوژیکی و شیمیایی. در ادامه، یک نمونه از کاربردهای نظامی شبکه‌های حسگر بی‌سیم به اختصار شرح داده می‌شود.

Smart Dust - ۲-۱-۱

پروژه Smart Dust (به معنی غبار هوشمند)، یکی از اولین کاربردهای پدیده‌ی WSN بود. هدف اصلی این پروژه، که از سوی آژانس DARPA^{۱۹۶} سرمایه‌گذاری شده بود، عرضه‌ی تکنولوژی‌های جدید برای شبکه‌های حسگر به منظور انجام عملیات نظامی در قلمرو دشمن بود. بدین‌سان با ایجاد چنین شبکه‌هایی در مناطقی که برای عملیات مداوم انسان بسیار خطرناک است، مرزهای استفاده از WSN توسعه یافت. در این حالت، اطلاعاتی که برای ارزیابی موقعیت‌های بحرانی، ضروری هستند، در نتیجه‌ی پخش حسگرهای قدرتمند، خود-سازمانده^{۱۹۷} و خود-تنظیم^{۱۹۸} در منطقه‌ی جنگی، به دست می‌آیند. این پروژه قصد داشت پلتفرم‌های حسگر را در پکیج‌های چند میلی‌متر مکعبی ایجاد کند و لازم بود به جای اینکه صرفاً روی «حسگر مطلق» تمرکز شود، دستگاه فرستنده/گیرنده و واحد میکروکنترلر (MCU^{۱۹۹}) نیز طراحی شده و به حسگر اضافه شوند.

گره حسگر به دست آمده، یک نمونه ۱۰۰ میلی‌متر مکعبی با دو تراشه بود. از این پلتفرم در کاربردهای نظامی چون نظارت منطقه جنگی، مانیتورینگ حمل و نقل و تشخیص حرکات سریع، بهره‌برداری شد. به علاوه، برخی از کاربردهای تجاری نیز به کمک این تکنولوژی، دوام یافتند. به عنوان مثال، یک صفحه کلید (کیبورد) مجازی^{۲۰۰} ساخته شد که در آن هر ذره غبار به یک ناخن چسبیده شده و اطلاعات مربوط به سرعت و جهت حرکت هر انگشت، به فشردن یک کلید، تبدیل

¹⁹⁶ Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)

¹⁹⁷ self-organizing

¹⁹⁸ self-configuring

¹⁹⁹ Microcontroller Unit (MCU)

²⁰⁰ virtual keyboard

می‌شد. از Smart Dust، به عنوان جزئی از «کنترل موجودی انبار» نیز بهره گرفته شد؛ به این ترتیب که هر شیء موجود در انبار، با یک حسگر بی‌سیم منحصر بفرود مجهز می‌شود که قادر است با کامیون حمل کالا، اینترنت و ... ارتباط برقرار نماید. از این پروژه، همچنین در مانیتورینگ کیفیت محصولات، نظیر مانیتورینگ دما و نمناکی گوشت و محصولات لبنی، استفاده گردید.

از دیگر کاربردهای نظامی شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌توان به پروژه‌های Sniper Detection و VigilNet اشاره نمود [3].

۲-۲- کاربردهای محیطی (محیط زیستی)

قابلیت «همکاری خودمختار» در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، باعث شده است که این شبکه‌ها به شکل‌های متنوعی در دنیای واقعی از جمله کاربردهای محیط زیستی، به کار گرفته شوند. برخی کاربردهای محیط زیستی این شبکه‌ها عبارتند از: ردیابی مسیر حرکت پرندگان، حیوانات کوچک و حشرات؛ مانیتورینگ شرایط محیطی که روی زندگی گیاهان و احشام تأثیر می‌گذارد؛ ساخت ابزارهای بزرگ به منظور مانیتورینگ زمین در مقیاس بزرگ و اکتشافات نجومی؛ کشف آتش‌سوزی جنگل‌ها؛ تحقیقات هواسنجی و ژئوفیزیکی؛ کشف سیل؛ مطالعه در خصوص آلودگی و غیره. در ادامه به بررسی یکی از کاربردهای محیط زیستی شبکه‌های حسگر بی‌سیم پرداخته می‌شود.

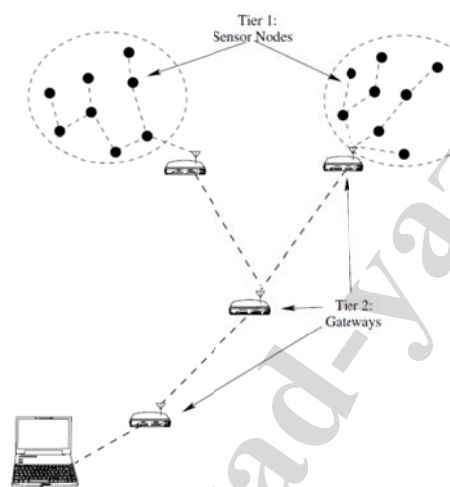
۲-۲-۱- جزیره Great Duck

پروژه جزیره Great Duck²⁰¹، با همکاری دانشگاه آتلانتیک²⁰² و آزمایشگاه تحقیقاتی اینتل²⁰³ در برکلی²⁰⁴ و با هدف مطالعه پراکنندگی و تراکم پرندگان دریایی در جزیره Great Duck (در نزدیکی ایالت مین²⁰⁵) ایجاد شد. شبکه‌ای از حسگرهای میکا²⁰⁶ برای اندازه‌گیری تعداد آشیانه‌های تودرتوی اشغال شده و همچنین تأثیر عوامل آب و هوایی در سکونت گونه‌های خاصی از پرندگان دریایی

²⁰¹ Great Duck Island (GDI)
²⁰² College of the Atlantic
²⁰³ Intel Research Laboratory
²⁰⁴ Berkeley
²⁰⁵ Maine
²⁰⁶ Mica Sensor

(مثل مرغ طوفان^{۲۰۷})، به کار گرفته شد. به طور ویژه، روند اشغال آشیانه‌ها ظرف مدت یک تا سه روز و همچنین تغییرات محیطی و تغییرات متعاقب آنها در رفتار پرندگان در طول فصل جفت‌گیری، مانیتور شدند.

شبکه مانیتورینگ محل سکونت پرندگان، از یک معماری سلسله مراتبی دو لایه^{۲۰۸} (شکل ۸) بهره می‌برد. در لایه اول، گروه‌هایی از حسگرها برای جمع‌آوری اطلاعات، استفاده شده‌اند.



شکل ۸. معماری دو لایه‌ای شبکه مانیتورینگ GDI

در این لایه، ذرات حسگر میکا با بوردهای آب و هوایی^{۲۰۹} مجهز شده‌اند. این بوردها از حسگرهای دمایی، رطوبتی، فشارهوایی، ترموپیلی^{۲۱۰} و مقاوم در برابر نور^{۲۱۱} تشکیل یافته‌اند. این گره‌های حسگر برای دو هدف ویژه استفاده می‌شوند: «ذرات آشیانه‌ای» که در آشیانه‌ها پراکنده شده و با کمک حسگرهای ترموپیلی و دمایی/رطوبتی از نوع مادون قرمز و بدون تماس^{۲۱۲}، مالکیت آشیانه‌ها را مشخص می‌کنند و «حسگرهای آب و هوایی» که برای مانیتور کردن شرایط جوئی کاربرد دارند. هر یک از این گروه‌های حسگری، به یک دروازه متصل هستند تا داده‌های جمع‌آوری شده را از این

²⁰⁷ petrel

²⁰⁸ two-tier hierarchical architecture

²⁰⁹ Weather Boards

²¹⁰ thermopile

²¹¹ photoresistor

²¹² non-contact infrared sensor

طریق به لایه‌ی دوم ارسال کنند. لایه‌ی دوم، شامل دروازه‌هایی است که اتصال بین گروه‌های حسگر موجود در منطقه و ایستگاه پایه^{۲۱۳} (که در مسافت طولانی از حسگرها قرار دارد) را به صورت یک ارتباط «نقطه به نقطه»^{۲۱۴}، فراهم می‌نماید.

پروژه‌ی GDI، در سال ۲۰۰۲ کلید خورد و اطلاعات ضروری بیشماری را در خصوص مشخصات پرندگان دریایی به دست داد. به علاوه، شبکه‌ی GDI، یکی از اولین دلایل شهودی ایجاد پدیده‌ی «شبکه‌ی حسگر بی‌سیم» برای کاربردهای محیط زیستی به شمار می‌رود.

۳-۲- کاربردهای بهداشتی

پیشرفت‌های حاصله در جاگذاری وسایل پزشکی و حسگرهای مجتمع هوشمند، استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم در کاربردهای پزشکی را ممکن ساخته است. برخی کاربردهای بهداشتی شبکه‌های حسگر عبارتند از: فراهم کردن واسطه‌هایی برای معلولان؛ مانیتورینگ جامع بیماران؛ تشخیص بیماری؛ تجویز دارو در بیمارستان‌ها؛ نظارت بر حرکات و فرایندهای داخل بدن حشرات و دیگر حیوانات ریز؛ مانیتور کردن داده‌های فیزیولوژیکی بدن انسان از راه دور؛ ردیابی و نظارت پزشکان و بیماران داخل بیمارستان و غیره.

یکی از پروژه‌های صورت گرفته در این خصوص «شبکه‌ی مصنوعی»^{۲۱۵} است که در ادامه به توضیح مختصری در مورد آن پرداخته می‌شود.

۱-۳-۲- شبکه‌ی مصنوعی

پروژه‌ی شبکه‌ی مصنوعی که توسط گروه انرژی ایالات متحده پشتیبانی می‌شد، بر ساخت یک شبکه‌ی مصنوعی برای افرادی که بینایی ناقص و مزمن داشتند، تمرکز نمود. به طور خاص‌تر، این پروژه دو نوع بیماری شبکه‌ی را هدف قرار داده بود؛ «انحطاط لکه‌ای وابسته به سن»^{۲۱۶} یا AMD و «رنگدانه‌ای شدن شبکه‌ی چشم»^{۲۱۷} یا RP. در AMD که یک بیماری وابسته به سن می‌باشد، اُفت

²¹³ Base Station (BS)

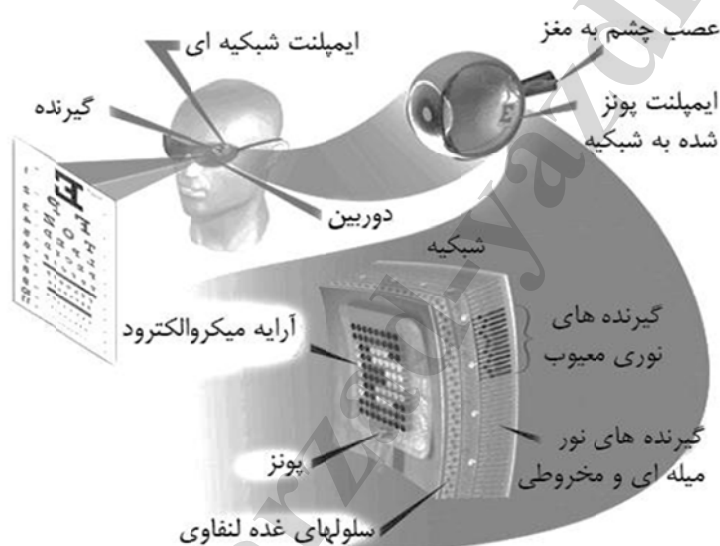
²¹⁴ point- to- point

²¹⁵ Artificial Retina (AR)

²¹⁶ Age-related Macular Degeneration (AMD)

²¹⁷ Retinitis Pigmentosa (RP)

شدید بینایی در مرکز شبکیه به دلیل ترشح مایع یا خونریزی در افراد بالای ۶۰ سال رخ می‌دهد. در سوی دیگر، RP روی سلول‌های میله‌ای^{۲۱۸} یا سلول‌های گیرنده‌ی نور^{۲۱۹} تأثیر گذاشته و باعث کاهش بینایی محیطی^{۲۲۰} می‌گردد. یک گیرنده‌ی نوری سالم، زمانی که نور از محیط خارجی تابیده می‌شود، مغز را با پیامهای الکتریکی تحریک می‌کند؛ در هنگام آسیب دیدگی، بینایی در محل گیرنده‌های نوری، مسدود می‌شود. پروژه AR بر آن بود تا این گیرنده‌های نوری آسیب دیده را با آرایشی از میکرو حسگرها جایگزین نماید.



شکل ۹: اصول عملکرد شبکیه‌ی مصنوعی

اصول کلی عملکرد شبکیه‌ی مصنوعی در شکل ۹ نمایش داده شده است. یک دوربین ریز روی عینک قرار گرفته است تا اطلاعات بصری دنیای بیرون را ثبت نماید. این اطلاعات به صورت بی‌سیم به یک ریزپردازنده ارسال می‌گردند تا به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل شوند. این سیگنال‌ها به آرایه‌ای از میکروالکتروودها که در طول شبکیه و در محل گیرنده‌های نوری جاسازی شده‌اند، فرستاده می‌شوند. میکروالکتروودها نیز از طریق عصب بینایی، پیام‌های الکتریکی به مغز ارسال می‌کنند.

²¹⁸ rod cells
²¹⁹ photoreceptor
²²⁰ peripheral vision

مدت‌ها پیش، سه مدل به عنوان قسمتی از پروژه‌ی AR ایجاد شدند. اولین مدل، Argus I، در طول سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴، به طور کامل روی شش بیمار تست و پیاده‌سازی شد. این مدل شامل یک آرایه‌ی ۱۶ الکترودی بود و کمک می‌کرد که بیماران روشن یا خاموش بودن چراغ‌ها، حرکت یک شیء، تعداد یک ماده‌ی خاص و محل اشیاء را تشخیص دهند. مدل دوم، Argus II، متشکل از یک آرایه‌ی ۶۰ الکترودی و تحت آزمایش‌های بالینی است. و در نهایت، سومین مدل، که در حال ساخت و توسعه می‌باشد، از بیش از ۲۰۰ الکتروود تشکیل شده است. هدف نهایی در ساخت چنین اعضای مصنوعی، ایجاد قابلیت‌های تشخیص چهره و خواندن متن‌های بزرگ است.

۴-۲- کاربردهای خانگی

با پیشرفت تکنولوژی، گره‌های حسگر و محرک‌های هوشمند، در دستگاه‌هایی نظیر جاروبرقی، میکروویو، یخچال، دی.وی.دی پلیر و همچنین سیستم‌های مانیتورینگ آب^{۲۲۱}، جاسازی شدند. این گره‌های حسگر که درون وسایل خانگی قرار دارند می‌توانند از طریق اینترنت یا ماهواره با یکدیگر و یا با شبکه‌ی خارجی، تعامل داشته باشند. این حسگرها استفاده کنندگان را نیز قادر می‌سازند تا به راحتی وسایل خانگی را چه به صورت محلی و چه از راه دور، مدیریت نمایند.

۴-۲-۵- کاربردهای صنعتی

استفاده از شبکه‌های حسگر سیمی مدت زیادی در زمینه‌های صنعتی مثل کاربردهای کتتری و حسگری، اتوماسیون و کنترل دسترسی، مرسوم بود. هزینه‌ی زیادی که به این نوع شبکه‌ها تحمیل می‌شد، امکان توسعه‌ی کاربردهای آن‌ها را غیرممکن ساخته بود؛ حتی اگر یک سیستم حسگری با هدف صنعتی ایجاد می‌شد، ارتقاء این سیستم هزینه‌ی بسیاری زیادی، حتی به اندازه‌ی ایجاد یک سیستم جدید، به دنبال داشت. به علاوه، به منظور پیشگیری از تحمیل هزینه‌های نگهداری در سیستم‌های مانیتورینگ مبتنی بر حسگر^{۲۲۲}، از مانیتورینگ دستی در کاربردهای صنعتی استفاده می‌شد؛ مانیتورینگ دستی به وسیله‌ی افراد مجرب و با کمک دستگاه‌های تحلیل‌گر (آنالیزگر) دستی صورت

²²¹ water monitoring system

²²² sensor- based monitoring system

می‌گرفت. بدیهی است که چنین سیستم‌هایی علاوه بر هزینه‌ی بالا، با مشکلاتی چون فقدان دقت لازم در اندازه‌گیری و همچنین کمبود افراد متخصص نیز مواجه بودند. در عوض، شبکه‌های حسگر بی‌سیم، راه‌حل قابل اعتماد دیگری برای این سیستم‌ها بود؛ چرا که آرایش آسان، هزینه‌ی کمتر و دقت بالا را با کمک واحدهای ارتباطی بی‌سیم، برای این شبکه‌ها به ارمغان آورد.

برخی کاربردهای صنعتی شبکه‌های حسگر بی‌سیم عبارتند از: ساخت صفحه کلیدهای مجازی، مدیریت موجودی انبار، مانیتورینگ کیفیت محصولات، ساخت ادارات هوشمند، کنترل روباتی و هوشمند در کارخانه‌های اتوماتیک، اسباب بازی‌های تعاملی، موزه‌های تعاملی، اتوماسیون و کنترل فرایندهای کارخانه، مانیتورینگ مناطق حادثه دیده و غیره.