دانشگاه جامع علمی کاربردی

جهاد دانشگاهی شعبه ۲

فنـــاوری

پروژه درس کاربرد مخابرات

استـاد زینلی

گردآورنده : شاهین پناهی

بهار ۱۳۸۸

v RFID چیست ؟

امروزه ضرورت شناسایی خودکار عناصر و جمع آوری داده مرتبط به آنان بدون نیاز به دخالت انسان جهت ورود اطلاعات در بسیاری از عرصه های صنعتی ، علمی ، خدماتی و اجتماعی احساس می شود . در پاسخ به این نیاز تاکنون فناوری های متعددی طراحی و پیاده سازی شده است .

به مجموعه ای از فناوری ها که از آنان برای شناسایی اشیاء ، انسان و حیوانات توسط ماشین استفاده می گردد ، شناسایی خودکار و یا به اختصار Auto ID گفته می شود . هدف اکثر سیستم های شناسایی خودکار، افزایش کارآیی، کاهش خطاء ورود اطلاعات و آزادسازی زمان کارکنان برای انجام کارهای مهمتر نظیر سرویس دهی بهتر به مشتریان است .

تاکنون فناوری های مختلفی به منظور شناسایی خودکار طراحی و پیاده سازی شده است. کدهای میله ای ، کارت های هوشمند، تشخیص صدا، برخی فناوری های بیومتریک ، OCR (برگرفته شده از opticalcharacterrecognition) و RFID (برگرفته شده از identification radio frequency) نمونه هایی در این زمینه می باشند .

v آشنایی اولیه با فناوری RFID

اجازه دهید برای آشنایی بیشتر با فناوری RFID چندین تعریف از آن را با یکدیگر مرور نمائیم :

- RFID با استفاده از ارتباطات مبتنی بر فرکانس های رادیویی امکان شناسایی خودکار ، ردیابی و مدیریت اشیا، انسان و حیوانات را فراهم می نماید . عملکرد RFID وابسته به دو دستگاه تگ و کدخوان است که جهت برقراری ارتباط بین یکدیگر از امواج رادیویی استفاده می نمایند.
- به مجموعه ای از فناوری ها که در آنان برای شناسایی خودکار افراد و اشیاء از امواج رادیویی استفاده میگردد، RFID گفته میشود. از روش های مختلفی برای شناسایی افراد و اشیاء استفاده می شود. ذخیره شماره سریال منتسب به یک فرد و یا شی درون یک ریزتراشه که به آن یک آنتن متصل شده است ، یکی از متداولترین روش های شناسایی خودکار است .
- به تلفیق تراشه و آنتن ، تگ RFID و یا فرستنده خودکار RFID گفته می شود . تراشه به کمک آنتن تعبیه شده، اطلاعات لازم جهت شناسایی آیتم مورد نظر را برای یک کدخوان ارسال می نماید. کدخوان امواج رادیویی برگردانده شده از تگ RFID را به اطلاعات دیجیتال تبدیل می نماید تا در ادامه ، امکان ارسال داده برای کامپیوتر و پردازش آن فراهم گردد.

- RFID یک پلت فرم مهم جهت شناسایی اشیاء ، جمع آوری داده و مدیریت اشیاء را ارائه می نماید . پلت فرم فوق مشتمل بر مجموعه ای از فناوری های حامل داده و محصولاتی است که به مبادله داده بین حامل و یک سیستم مدیریت اطلاعات از طریق یک لینک فرکانس رادیویی کمک می نماید . تگ های RFID با استفاده از یک فرکانس و بر اساس نیاز سیستم (محدوده خواندن و محیط) ، پیاده سازی می گردند . تگ ها به صورت فعال (به همراه یک باطری) و یا غیرفعال (بدون باطری) پیاده سازی می شوند . تگ های غیرفعال، توان لازم جهت انجام عملیات را از میدان تولید شده توسط کدخوان می گیرند .
- کدخوان RFID ، معمولا" به یک کامپیوتر متصل می شود و دارای نقشی مشابه با یک اسکنر کد میله ای است . مسئولیت برقراری ارتباط لازم بین سیستم اطلاعاتی و تگ های RFID برعهده کدخوان RFID است.

شکل 1 : یک نمونه تگ RFID

شکل 2 : یک نمونه کدخوان RFID بی سیم با برد 80 متر

v آیا فناوری RFID یک فناوری جدید است ؟

RFID یک فناوری تائید شده از سال 1970 تا کنون است و به دلیل قیمت بالای آن تاکنون در برنامه های تجاری اندکی مورد استفاده قرار گرفته شده است . در صورتی که بتوان تگ ها را با قیمت مناسب تری تولید کرد ، استفاده از فناوری RFID میتواند بسیاری از مسائل مرتبط با کدهای میله ای را برطرف نماید . با توجه به این که امواج رادیویی قادر به حرکت در بین اکثر مواد غیرفلزی می باشند ، امکان استفاده از فناوری RFID در حوزه های گسترده تری وجود دارد .

v مزایای بکارگیری RFID

هم کدخوان ها و هم تگ ها می توانند دارای اندازه و شکل مختلفی باشند . با توجه به اندازه کوچک تگ ها و آزادی عمل جهت حرکت آنان ، سازمان ها و موسساتی که علاقه مند به استفاده از این فناوری می باشند از انعطاف بالائی در این رابطه برخوردار خواهند بود .

برخی از **مزایای** بکارگیری فناوری RFID عبارتند از :

- تگ ها می توانند مخفی باشند و یا در اکثر مواد جاسازی شوند.
- با توجه به این که تگ ها در ابعاد و اشکال مختلف ارائه می شوند ، کاربران می توانند با توجه به نیاز خود یکی از آنان را انتخاب نمایند.
- جهت خواندن کد لازم نیست که تگ در معرض دید مستقیم کدخوان قرار بگیرد.
- با توجه به ماهیت تگ ها (عدم نیاز به تماس مستقیم) ، استهلاک و فرسودگی وجود نخواهد داشت.
- امکان دستکاری کدهای سریال ذخیره شده در تگ ها وجود نخواهد داشت.

۷ کاربردهای فناوری RFID

از فناوری RFID در بسیاری از ساختمان های اداری و به منظور کنترل تردد کارکنان در بخش های مجاز و غیرمجاز استفاده می گردد. تعداد زیادی از فروشندگان کالا به منظور مراقبت الکترونیکی از محصولات خود در مقابل سرقت از این فناوری استفاده می نمایند. برخی نهادهای دولتی نیز برای نظارت و کنترل متخلفین از فناوری فوق استفاده می نمایند.

برخی از کاربردهای فناوری RFID عبارتند از :

- کاربردهای امنیتی
- انبارداری و ردیابی کالا
- مدیریت دام و گوشت
- کنترل ورود و خروج وسایط نقلیه
- مدیریت کتابخانه ها و کتاب ها
- تحلیل پزشکی و آزمایشگاهی
- کنترل دستیابی
- کنترل تعداد دور. به عنوان نمونه ، ثبت اتوماتیک تعداد دفعاتی که یک دونده می بایست طی نماید
- شناسایی خودرو

۷ کاربردهای امنیتی

علاوه بر برچسب‌های RFID خاص ردیابی محصولات و کاربردهای امنیتی، کارت‌های شناسایی و دیگر انواع ترانسپوندرهای RFID را نیز می‌توان تولید کرد. داده درون کارت‌های شناسایی حاوی تگ‌های RFID، به محض عبور اشخاص از دروازه‌ای خاص، خوانده می‌شود. تگ‌های RFID جاسازی شده درون کیف‌های امنیتی، روشی جایگزین برای کنترل دسترسی به اطلاعات حساس یا دسترسی به ناحیه‌ای خاص، تلقی می‌شوند.

۷ انبارداری و ردیابی کالا

هنگام استفاده از این فناوری در کالاها و کنترل انبارها، یک رایانه، داده های دریافتی تگ‌ها از طریق قرائت‌گر را مدیریت کرده و با ثبت رکوردها، موجودی انبار را همیشه تحت کنترل داشته و در اختیار مدیر تولید قرار می‌دهد. آنتن‌های قرائت‌گر در چارچوب درهای انبار کار گذاشته می‌شوند تا داده‌ها را از کالاها، کارتن‌ها و پالت‌های حاوی تگ

بخوانند. قیمت استفاده از RFIDها ممکن است به اندازه کافی پایین نباشد تا از تگ‌ها بتوان برای انواع محصولات و سرویس‌ها استفاده کرد. ممکن است مقرون به صرفه نباشد که به هر کالای ارزانی بتوان یک تگ اختصاص داد، اما از تگ‌ها می‌توانند برای کنترل اقلام کوچک، با چسباندن تگ بر روی پالت‌ها و کارتن‌های حاوی آنها استفاده کرد.

§ مدیریت دام و گوشت

شاید به جرات بتوان گفت که یکی از قدیمیترین کاربردهای استفاده از فن آوری RFID در ردیابی و کنترل حرکت حیوانات اهلی مخصوصاً گاوهای شیرده بوده است .امروزه بصورت یک جریان کاملاً متداول، حیوانات همزی و اهلی بوسیله کپسولهای قابل تزریق و یا Tagهایی که به گوش حیوانات متصل می شود؛ به این فن آوری مجهز می شوند.

این Tagها به جهت شناسایی حیوانات اهلی گم شده، مرتب کردن، مراقبت کردن و نگهداری پیشینه درمانی حیوانات اهلی بکار برده میشود.

البته این فن آوری درسالهای اخیر در صنایع کشاورزی و دارویی کاربرد وسیعی پیدا کرده است. اطلاعات مربوط به حیوانات اهلی، مواد غذایی و دارویی در مواقع بحرانی برای سلامتی جوامع بشری بسیار مفید میتواند باشد.

۷ کنترل ورود و خروج وسایط نقلیه

یکی دیگر از کاربردهای بسیار شایع استفاده از فن آوری RFID کنترل ورود و خروج وسایط نقلیه در محلهایی است که امنیت ورود و خروج ماشینها بسیار مهم و ضروری بنظر میرسد.

این سیستم با چسباندن یک Tag برروی وسیله نقلیه و قراردادن کلیه اطلاعات مربوط به این وسیله در حافظه آن امکان پذیر میشود.

قبل از رسیدن وسیله نقلیه به درب ورودی یا خروجی ؛ ماشین از محلی که در آن یک آنتن جهت دریافت اطلاعات Tagچسبیده شده بر روی وسیله نقلیه وجود دارد؛ عبور میکند. دستگاه Readerاطلاعات موجود بر روی Tagرا از آنتن بازخوانی میکند و در صورتی که اطلاعات موجود بر روی Tagنشانگر مجوز ورود یا خروج باشد، گیت ورودی یا خروجی باز میشود.

در صورتی که هیچ گونه برچسبی بر روی ماشین وجود نداشته باشد و یا در صورتیکه اطلاعات موجود بر روی Tagنشانگر مجوز عدم خروج یا ورود باشد، افراد امنیتی مستقر در محل درب ورودی یا خروجی گیت جهت بارزسی وسیله نقلیه اقدام میکند.

۷ مدیریت کتابخانه ها و کتاب ها

ازجمله کاربردهای جالب فن آوری RFID کاربرد وسیع آن در کتابخانه های بزرگ میباشد.

با چسباندن یک Tag (که کلیه مشخصات کتاب در آن ذخیره سازی شده است) بر روی کتاب و قراردادن یکسری از آنتن ها و Readerها در محل کتابخانه میتوان از مزایای ذیل بهره جست :

الف- جلوگیری از سرقت کتاب های موجود

ب- اجرای سیستم خودکار بازگشت و حتی خروج کتابها از کتابخانه

ج- پیگیری و کنترل چیدمان صحیح کتابها در قفسه های مربوط به خودشان

۷ کاربرد فن آوری RFID در مباحث پزشکی

فن آوری RFID را مباحث پزشکی کاربردهای بسیار گسترده ای دارد. این فن آوری بسیار جالب از هنگام ورود بیمار توسط یک دستبند که کلیه اطلاعات بیمار در آن قرار میگیرد در یک بیمارستان مجهز آغاز میشود.

ثبت و یا ذخیره سازی اطلاعات بیمار از قبیل نام و آدرس، تاریخ پذیرش و بستری و نیز نوع بیماری ،پزشک معالج ،نوع عمل جراحی و .... در پایین آوردن اشتباهات و خسارات جبران ناپذیر در بیمارستان نقش حیاتی دارد.

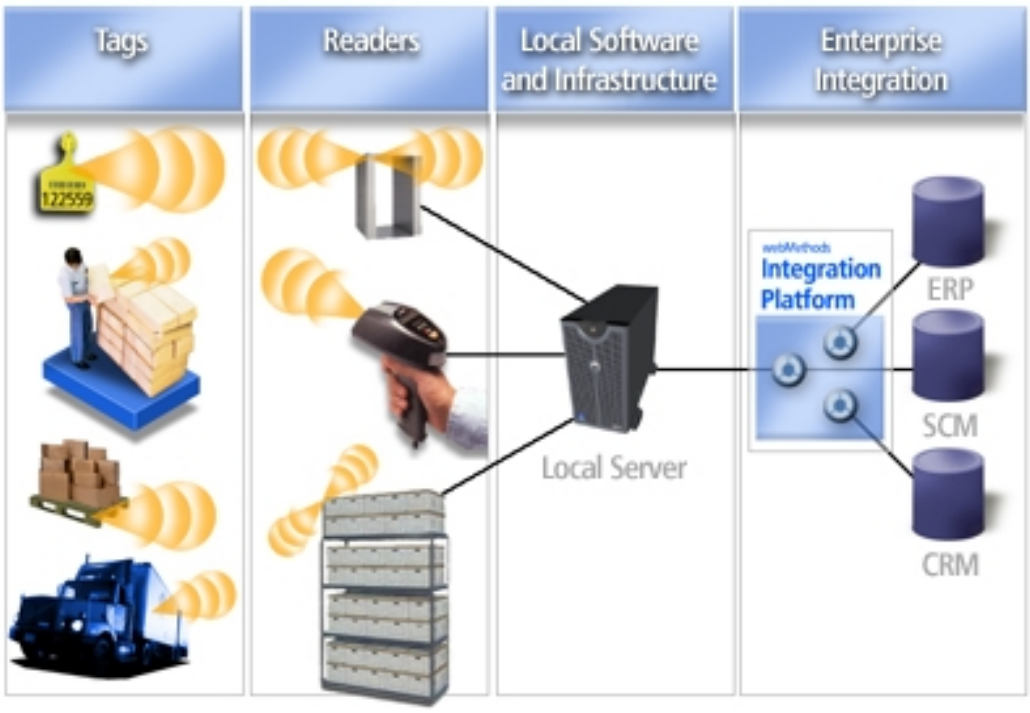
همچنین فرار و یا دزدیده شدن بیمار از بیمارستان با همین فن آوری تقریباً غیر ممکن بنظر می رسد.

جلوگیری ازجابجا شدن اطفالی که تازه بدنیا آمده اند از جمله کابردهای بسیار حساس این فن آوری میباشد. همچنین در محل های نگهداری دارو، با چسباندن برچسب داروها میتوان از میزان مصرف، تاریخ مصرف داروها به راحتی باخبر شد.

v RFID چگونه کار می کند ؟

تگ و یا دستگاه فرستنده خودکار ، شامل یک مدار الکترونیکی است که که به شی مورد نظری که لازم است دارای یک کد شناسایی باشد ، متصل می گردد . زمانی که تگ نزدیک و یا در محدوده کدخوان قرار می گیرد ، میدان مغناطیسی تولید شده توسط کد خوان باعث فعال شدن تگ می گردد .

در ادامه ، تگ بطور پیوسته اقدام به ارسال داده از طریق پالس های رادیویی می نماید . در نهایت داده توسط کدخوان دریافت و توسط نرم افزارهای مربوطه نظیر برنامه هایERP (برگرفته شده از nterprise Resource Planning) و SCMS (برگرفته شده از Management systems Supply Chain) پردازش می گردد.

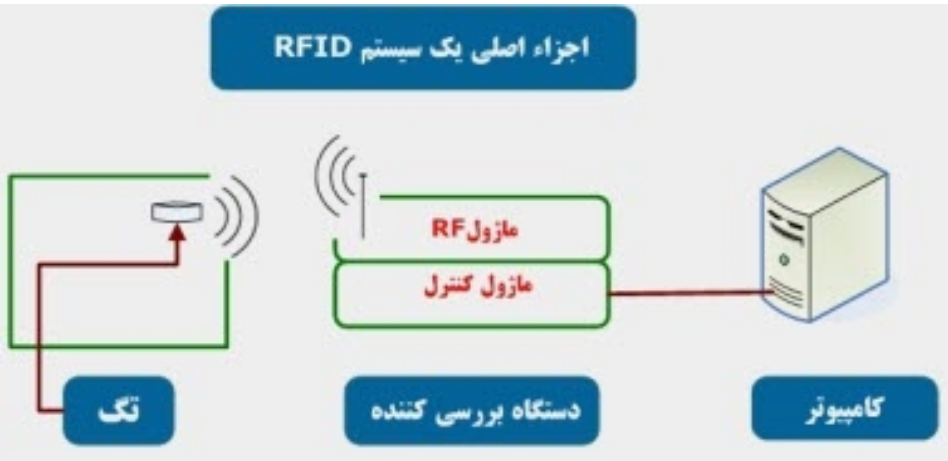


شکل 3 : نحوه کار RFID (نحوه انجام فرآیند فوق)

۷ اجزاء یک سیستم RFID :

سیستم های RFID از فناوری مبادله اطلاعات بی سیم برای شناسایی انحصاری اشیاء ، انسان و حیوانات استفاده می نمایند . توانمندی این گونه سیستم ها مدیون بکارگیری سه عنصر اساسی زیر است :

1- **تگ** : (که به آن فرستنده خودکار و یا Transponder نیز گفته می شود) ، شامل یک تراشه نیمه هادی، یک آنتن و در برخی موارد یک باطری است .
2- **بررسی کننده** : (که به آن کدخوان و یا دستگاه نوشتن و خواندن نیز گفته می شود)، شامل یک آنتن ، یک ماژول الکترونیکی RF و یک ماژول کنترلی است .
3- **کنترل کننده** : (که به آن هاست نیز گفته می شود) ، اغلب یک کامپیوتر شخصی و یا ایستگاه کاری است که بر روی آن بانک اطلاعاتی و نرم افزار کنترلی اجراء شده است .



شکل 4 : اجزاء یک سیستم RFID

مبادله اطلاعات بین تگ و بررسی کننده از طریق امواج رادیویی انجام می شود . زمانی که یک شی حاوی تگ RFID به محدوده خواندن یک بررسی کننده وارد می شود ، بررسی کننده با ارسال یک سیگنال به تگ اعلام می نماید که داده ذخیره شده در خود را ارسال نماید . تگ ها قادر به ذخیره اطلاعات مختلفی در خصوص یک شی می باشند . ذخیره شماره سریال ، شماره قطعه و یا دستورالعمل های پیکربندی نمونه هایی در این زمینه می باشد .

بررسی کننده پس از دریافت داده ذخیره شده در تگ ، اطلاعات مربوطه را از طریق یک رابط شبکه ای استاندارد نظیر یک رابط اترنت شبکه محلی و یا حتی اینترنت برای کنترل کننده ارسال می نماید. در ادامه ، امکان استفاده از اطلاعات دریافتی برای کنترل کننده در زمینه های مختلفی فراهم می گردد. به عنوان نمونه ، کنترل کننده می تواند از داده دریافتی برای بهنگام سازی موجودی یک کالا در بانک اطلاعاتی و یا تغییر مسیر یک شی بر روی یک سیستم تسمه نقاله استفاده نماید .

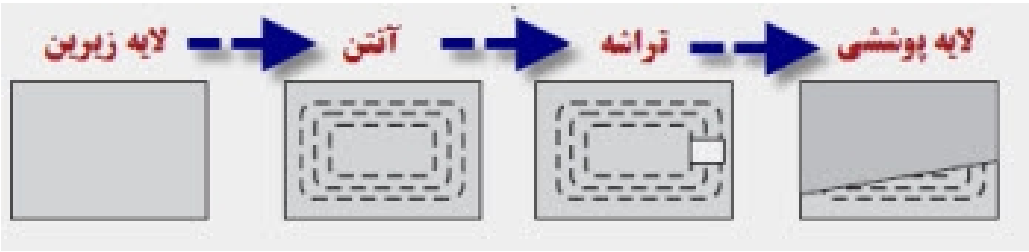
یک سیستم RFID می تواند شامل بررسی کننده های متعددی باشد که در محدوده یک ساختمان انبار و یا خطوط مونتاژ توزیع شده اند . تمامی بررسی کننده ها می توانند به یک کنترل کننده متصل و شبکه ای را با یکدیگر ایجاد نمایند . یک بررسی کننده می تواند با بیش از یک تگ بطور همزمان ارتباط برقرار نماید . با توجه به وضعیت فعلی فناوری RFID ، امکان مبادله 1000 تگ در هر ثانیه بطور همزمان با دقتی معادل 98 % وجود دارد .

تگ های RFID را می توان به هر چیزی متصل نمود از یک کفه بارگیری گرفته تا یک نوزاد و یا یک جعبه موجود در قفسه یک فروشگاه .

در ادامه با تگ ها و انواع آن بیشتر آشنا می شویم :

۱– تگ های RFID

وظیفه اولیه یک تگ RFID ، ذخیره داده و ارسال آن به یک بررسی کننده است . در ساده ترین حالت ، یک تگ شامل یک تراشه الکترونیکی و یک آنتن است که در یک بسته در کنار یکدیگر قرار می گیرند . تراشه موجود در تگ های RFID از حافظه ای با قابلیت فقط خواندنی و یا خواندنی/ نوشتنی به منظور ذخیره و بازیابی داده و در برخی موارد تغییر داده استفاده می نماید. در برخی تگ ها ممکن است از یک باطری نیز استفاده شود (وجه تمایز تگ های فعال و غیرفعال) .



شکل 5 : اجزاء اصلی یک تگ RFID

- **انواع تگ ها**
- **تگ های فعال در مقابل تگ های غیرفعال** :

تگ های فعال به آن دسته از تگ های RFID اطلاق می شود که بر روی برد اصلی آنان یک باطری نصب شده باشد. در زمانی که لازم است تگ RFID داده ذخیره شده در خود را برای بررسی کننده ارسال نماید ، از این منبع برای کسب توان لازم جهت انتقال داده استفاده می گردد (مشابه نقش باطری موجود در تلفن های همراه).

بدین دلیل ، تگ های فعال قادر به برقراری ارتباط با بررسی کننده هایی می باشند که دارای قدرت کمتری می باشند و می توانند اطلاعات را تا محدوده بیشتری نیز ارسال نمایند (به عنوان نمونه ده ها متر). علاوه بر این ، تگ های فعال عموما" دارای حافظه های زیادی نیز می باشند (به عنوان نمونه تا 128 کیلوبایت) .

تگ های فعال در مقام مقایسه نسبت به تگ های غیرفعال بزرگتر بوده و از پیچیدگی بیشتری نیز برخوردارند . همین موضوع باعث شده است که هزینه تولید آنان بالا باشد . عمر مفید باطری موجود در تگ های فعال ، دو تا هفت سال پیش بینی میگردد.

تگ های غیرفعال ، دارای منبع تغذیه ای بر روی برد نمی باشد و قدرت خود برای ارسال داده را از سیگنال ارسالی بررسی کننده می گیرند. این وضعیت باعث می شود که اندازه تگ ها کوچک تر شده و هزینه های تولید نیز کاهش یابد. علاوه بر این ، تگ های غیرفعال محدوده کمتری را نسبت به تگ های فعال پوشش می دهند (به عنوان نمونه چندین متر) .

با توجه به این که تگ های غیرفعال توان لازم جهت ارسال داده را از بررسی کننده خود می گیرند ، این نوع بررسی کننده ها لازم است دارای توان مناسبی باشند . تگ های غیرفعال دارای حافظه بمراتب کمتری نسبت به تگ های فعال می باشند (در حد چندین کیلو بایت) .

برخی از تگ های غیرفعال ، ممکن است دارای باطری از قبل تعبیه شده ای بر روی برد اصلی خود باشند که از آن برای کمک در ارسال سیگنال های رادیویی استفاده نمی گردد و کاربرد آن صرفا" فعال کردن مدارات الکترونیکی بر روی برد است .

به عنوان نمونه ،یک تولید کننده مواد غذایی ممکن است تگ های RFID مجهز به حسگرهای حرارتی را در سکوهای حمل بار نصب نماید تا بتواند حرارت محصولات را در حین حمل و نقل کنترل نماید. پس از افزایش درجه حرارت یک محصول خاص به یک سطح مشخص ، مشخصات آن توسط حسگر بطور اتوماتیک بر روی تگ ثبت می گردد . در ادامه و در زمان توزیع و یا فروش کالا، از اطلاعات موجود در تگ به منظور بررسی صحت فرآیند حمل و نقل و انبارداری استفاده می گردد . این نوع حسگرهای جانبی ممکن است نیازمند یک باطری بر روی برد اصلی خود باشند تا بتوانند در زمان حمل و نقل و یا انبارداری وظایف خود را به درستی انجام دهند .

۷ تگ های هوشمند (با قابلیت خواندن و نوشتن) در مقابل تگ های فقط خواندنی :

یکی دیگر از تفاوت های مهم بین تگ های بکارگرفته شده در سیستم های RFID ، نوع حافظه استفاده شده در آنان است . از دو نوع حافظه فقط خواندنی (RO) و خواندنی/ نوشتنی (RW) در تگ های RFID استفاده می گردد .

- **حافظه فقط خواندنی** : حافظه ای است که فقط امکان خواندن اطلاعات از آن وجود دارد و نمی توان اطلاعات موجود در آن را تغییر داد . تگ هایی از این نوع همانند کدهای میله ای می باشند که فقط یک مرتبه برنامه ریزی می گردند(توسط یک تولید کننده) . این نوع تگ ها معمولا" با حجم اندکی داده نظیر شماره سریال و یا شماره قطعه که به صورت ثابت می باشند ، برنامه ریزی می گردند و می توان آنان را به سادگی با سیستم های موجود کد میله ای تلفیق کرد.
- **تگ هایی از نوع** RW: که به آنان تگ های هوشمند نیز گفته می شود ، از انعطاف بالائی برخوردار هستند . در این نوع تگ ها امکان ذخیره حجم بالائی از اطلاعات وجود دارد . تگ های فوق از حافظه هایی با قابلیت آدرس دهی استفاده می نمایند که می توان به سادگی با آدرس دهی مناسب ، محتویات موجود در هر مکان حافظه را تغییر داد . اطلاعات موجود در تگ های RW را می توان به دفعات پاک و مجددا" نوشت (هزاران مرتبه) . همانند نوشتن و پاک کردن اطلاعات بر روی یک فلاپی دیسک .

با توجه به ویژگی مهم این گونه تگ ها را می توان به منزله بانک های اطلاعاتی سیار در نظر گرفت که اطلاعات پویا و مهمی توسط آنان حمل میگردد.(بر خلاف وضعیتی که داده ها بطور متمرکز بر روی کنترل کننده ذخیره شده است) با توجه به کاهش هزینه تولید این گونه تگ ها در سالیان اخیر و کاربرد گسترده آنان ، استفاده از سیستم های RFID همچنان روندی رو به رشد را با سرعت بالا طی می نماید.

علاوه بر دو نوع حافظه اشاره شده ، گونه های دیگری از حافظه ها در تگ های RFID **استفاده می گردد که بد نیست به آنان نیز اشاره ای داشته باشیم** :

- **حافظه هایی با ویژگی یک مرتبه نوشتن و چندین مرتبه خواندن ، (**WORM **برگرفته شده از** write-once-read-many) : این نوع حافظه ها همانند حافظه های فقط خواندنی می باشند که با حجم اندکی از اطلاعات ثابت برنامه ریزی می شوند و امکان تغییر اطلاعات موجود برای یک مرتبه در اختیار کاربر گذاشته می شود (نظیر CD-ROM) . از این نوع حافظه ها می توان در خطوط مونتاژ و برای ثبت تاریخ و یا مکان تولید (پس از تکمیل فرآیند تولید) استفاده کرد .
- **استفاده همزمان از دو نوع حافظه فقط خواندنی و خواندنی/نوشتنی**: برخی از تگ های RFID با توجه به نوع کاربری ممکن است از دو نوع حافظه فقط خواندنی و خواندنی / نوشتنی بطور همزمان استفاده نمایند که هر یک دارای جایگاه مختص به خود می باشند .

۷ اندازه و شکل تگ ها

تگ های RFID می توانند در ابعاد و اشکال مختلف ارائه شوند . با توجه به این که تراشه و آنتن بکارگرفته شده در یک تگ RFID بسیار کوچک ساخته می شود ، امکان استفاده از تگ های RFID به هر شکل و اندازه ای وجود خواهد داشت (نظیر گلوله های پلاستیکی کوچکی که همانند یک گوشواره به گوش حیوانات متصل می شوند).

اندازه و شکل یک تگ RFID به نوع کاربری آن بستگی خواهد داشت . برخی از تگ ها می بایست بگونه ای ساخته شوند که در مقابل عواملی نظیر حرارت بالا ، رطوبت و مواد شیمیایی مقاوم باشند . برخی دیگر می بایست بگونه ای ساخته شوند که ارزان قیمت و مصرفی باشند نظیر برچسب های هوشمند . برچسب های هوشمند صرفا" یک نمونه از تگ های هوشمند می باشند.

شکل 6 : چند نمونه تگ RFID

۲– بررسی کننده RFID

بررسی کننده RFID را می توان به منزله کامپیوترهای کوچکی در نظر گرفت که از سه بخش اساسی زیر تشکیل می گردد :

- یک آنتن
- یک ماژول الکترونیک RF که مسئول برقراری ارتباط با تگ RFID است .
- یک ماژول کنترل کننده الکترونیکی که مسئولیت ارتباط با کنترل کننده را برعهده دارد .

یک بررسی کننده RFID به عنوان یک پل بین تگ RFID و کنترل کننده عمل می نماید و دارای وظایف زیر است :

- خواندن محتویات داده یک تگ RFID
- نوشتن داده در تگ (در خصوص تگ های هوشمند)
- رله و یا باز انتشار داده برای کنترل کننده و بالعکس
- تامین انرژی مورد نیاز تگ (در خصوص تگ های غیرفعال)

علاوه بر انجام عملیات فوق ، بررسی کننده های پیچیده تر RFID قادر به انجام سه عملیات مهم دیگر نیز می باشند :

- **مقابله با تصادم** : حصول اطمینان از ارتباطات همزمان با چندین تگ
- **تائید تگ ها** : پیشگیری از سوء استفاده احتمالی و دستیابی غیرمجاز به سیستم
- **رمزنگاری** : حصول اطمینان از یکپارچگی داده

§ مقابله با تصادم

هدف از پیاده سازی الگوریتم های ضد تصادمی، حصول اطمینان از توانائی بررسی کننده جهت برقراری ارتباط همزمان با چندین تگ می باشد .

فرض کنید در محدوده تحت پوشش یک بررسی کننده صدها تگ وجود داشته باشد و تمامی آنان بخواهند در یک لحظه اطلاعات خود را ارسال نمایند . بدیهی است به منظور پیشگیری از بروز تصادم ، می بایست ازالگوریتم هائی خاص استفاده گردد.

برای پیاده سازی الگوریتم های ضد تصادمی در بررسی کننده ها از سه روش مختلف استفاده می گردد :

- سه بعدی
- فرکانسی
- زمانی

از تمامی روش های اشاره شده به منظور برقراری یک سلسله مراتب و یا سنجش تصادفی و با هدف پیشگیری از بروز تصادم در زمان ارسال اطلاعات استفاده می گردد .

§ تائید تگ ها

در سیستم هائی که نیازمند یک سطح خاص از امنیت می باشند ، بررسی کننده می بایست با استفاده از مکانیزم هائی خاص ، هویت کاربران سیستم را تائید نماید . در چنین سیستم هائی فرآیند تائید کاربران در دو سطح و یا لایه مجزا پیاده سازی می گردد . بخشی از فرآیند بر روی کنترل کننده و بخش دیگر ، بر روی بررسی کننده انجام می شود .

برای تائید کاربران از دو روش عمده استفاده می گردد :

- متقارن
- مشتق از کلید

در روش های فوق ، یک تگ RFID یک کد کلید را در اختیار بررسی کننده قرار می دهد تا در ادامه در اختیار یک الگوریتم گذاشته شود .در صورت تائید (بر اساس خروجی الگوریتم) ، امکان ارسال داده در اختیار تگ RFID گذاشته می شود .

رمزنگاری و رمزگشائی داده

رمزنگاری داده یکی دیگر از اقدامات امنیتی است که می بایست به منظور پیشگیری از تهاجم خارجی به سیستم ، پیاده سازی گردد . به منظور حفاظت از یکپارچگی داده ارسالی و پیشگیری از رهگیری و استراق سمع داده از رمزنگاری استفاده می گردد . بررسی کننده رمزنگاری و رمزگشائی را پیاده سازی می نماید .

§ مکان استقرار و اندازه بررسی کننده

در سیستم های RFID ، لازم نیست که تگ ها در معرض دید دستگاه های کدخوان قرار بگیرند (بر خلاف سیستم های کد میله ای) . مهمترین مزیت ویژگی فوق ، آزادی عمل طراحان برای اتخاذ تصمیم در خصوص مکان استقرار بررسی کننده است. برخی از بررسی کننده ها را می توان بطور ثابت به درب ها متصل نمود ، برخی دیگر را می توان از سقف آویزان کرد و در بررسی کننده های کوچکتر قابل حمل دستی ، این امکان در اختیار کاربر گذاشته می شود تا با استقرار در یک مکان راه دور ، اقدام به خواندن اطلاعات نماید (در مکان هائی که امکان نصب بررسی کننده ثابت وجود ندارد) . در اغلب موارد می توان اینگونه دستگاه های بررسی کننده قابل حمل را به کامپیوتر به صورت بی سیم و یا باسیم متصل نمود .

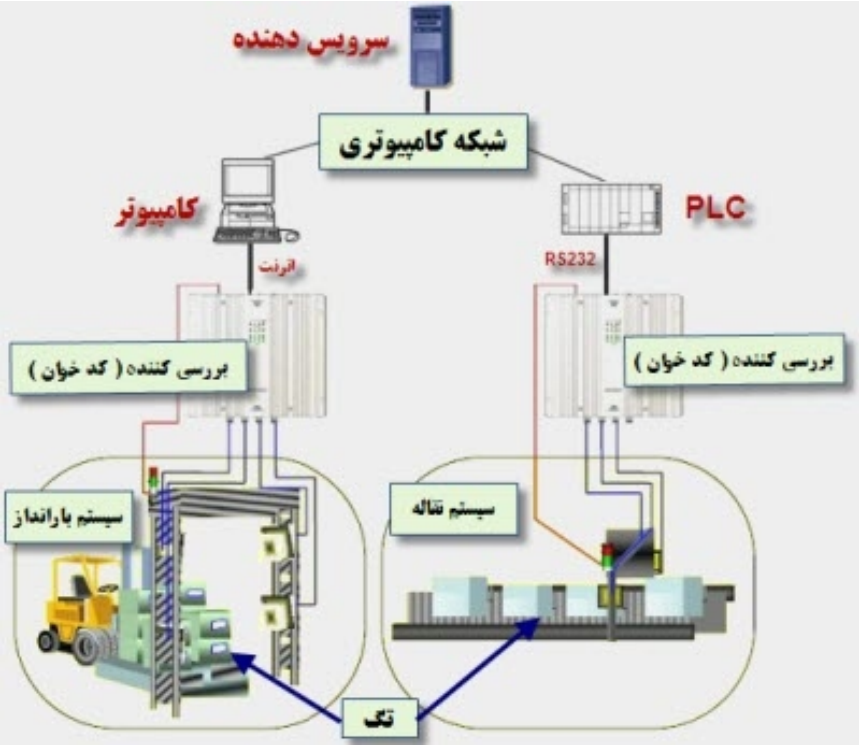
شکل 7 : چندین نمونه دستگاه بررسی کننده (کدخوان) RFID

۳– کنترل کننده RFID

کنترل کننده های RFID به منزله مغز متفکر یک سیستم RFID عمل می نمایند. از این دستگاه ها به منظور اتصال شبکه ای چندین بررسی کننده و تمرکز در پردازش اطلاعات استفاده می گردد . کنترل کننده در هر شبکه ، اغلب یک کامپیوتر شخصی و یا یک ایستگاه کاری است که بر روی آن بانک اطلاعاتی و یا سیستم نرم افزاری اجراء شده است (و یا شبکه ای از این ماشین ها).

کنترل کننده بر اساس اطلاعات دریافتی قادر به انجام عملیات مختلفی با توجه به نوع سیستم RFID می باشد :

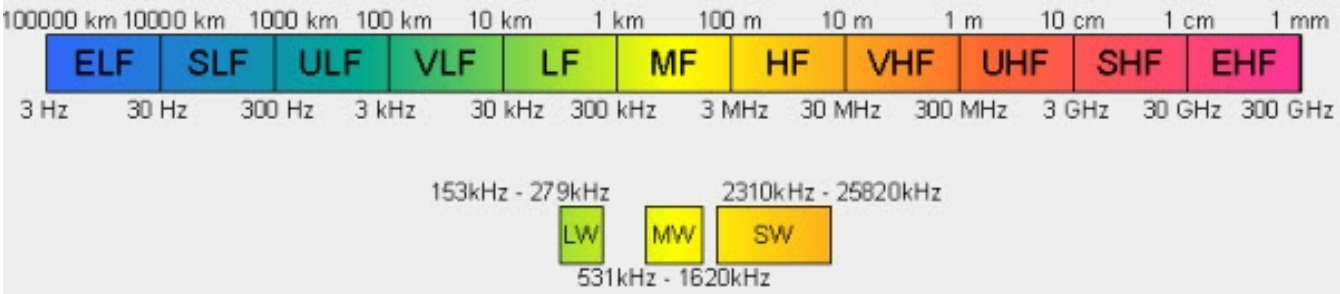
- نگهداری و بهنگام سازی موجودی کالا و اعلام اتوماتیک به واحد تدارکات (در مواردی که موجودی یک کالا از سقف تعیین شده کاهش پیدا می نماید) .
- ردیابی جابجائی اشیاء در یک سیستم و حتی تغییر مسیر آنان (نظیر سیستم تسمه نقاله در یک برنامه صنعتی)
- بررسی هویت و اعطاء مجوزها
- به روز رسانی حساب کاربران
- و ...



شکل 8 : یک سیستم RFID به همراه اجزا اصلی آن در یک محیط عملیاتی

۷ بررسی طیف فرکانس RFID :

یکی از ملاحظات مهم در ارتباط با فناوری RFID ، فرکانس عملیاتی آنان است . همانند تلویزیون که می تواند در باندهایUHF (برگرفته شده از Frequency High-Ultra) وVHF (برگرفته شده از Very High Frequency) فعالیت نماید، سیستم های RFID نیز می توانند از باندهای مختلفی برای ارتباطات خود استفاده نمایند.



شکل 9 : طیف فرکانس رادیویی (منبع ITU)

در RFID هم از باند فرکانس پائین و هم از باند فرکانس بالا در محدوده های زیر استفاده می گردد :

- **باندهای فرکانس پایین RFID**

- فرکانس پایین و یا LF (برگرفته شده از Frequency Low) : بین 125 تا 134 کیلوهرتز

- فرکانس بالا و یا HF (برگرفته شده از Frequency High) : محدوده 13/56 مگاهرتز

- **باندهای فرکانس بالا RFID**

- **باند** UHF : محدوده 860 تا 960 مگاهرتز

- **میکروویو** : 2/5 گیگاهرتز به بالا

انتخاب فرکانس بر روی چندین خصلت سیستم های RFID تاثیر گذار است که در ادامه به تشریح برخی از آنان خواهیم پرداخت .

§ محدوده خواندن

در باندهای فرکانس پایین ، محدوده خواندن تگ های غیرفعال با توجه به بهره ضعیف آنتن چیزی بیش از یک متر نمی باشد. (در فرکانس های پایین ، طول موج الکترومغناطیسی بسیار بالا می باشد . در برخی حالات تا چندین کیلومتر و طولانی تر از ابعاد آنتن تعبیه شده در تگ های RFID . بهره آنتن ، بطور مستقیم با اندازه آنتن مرتبط با طول موج متناسب می باشد . بنابراین بهره آنتن در این فرکانس ها بسیار پایین است) .

در فرکانس های بالاتر ، محدوده خواندن معمولا" افزایش خواهد یافت خصوصا" در مواردی که از تگ های فعال استفاده شده باشد . با توجه به این که باندهای فرکانس بالا می توانند باعث بروز مسایل مختلفی در رابطه با سلامت انسان گردند ، تعداد بسیار زیادی از سازمان های تنظیم مقررات رادیویی نظیر FCC (برگرفته شده از) ، محدودیت های بیشتری را در خصوص قدرت سیستم های میکروویو و UHF اعمال می نمایند . این کار باعث می شود که محدوده خواندن این نوع سیستم های فرکانس بالا در تگ های غیرفعال بطور متوسط بین سه تا نه متر گردد .

§ تگ های غیرفعال در مقابل تگ های فعال

به دلایل تاریخی ، از تگ های غیرفعال معمولا" در باندهای LF و HF و از تگ های فعال در باندهای UHF و میکروویو استفاده می گردد . در اولین سیستم های RFID از تگ های غیرفعال در باندهای HF و LF استفاده می گردید. شاید قیمت مناسب بکارگیری فناوری فوق و عدم امکان سرمایه گذاری بالا بر روی سایر گزینه ها (در گذشته ای نه چندان دور) ، باعث بکارگیری تگ های غیرفعال در باندهای HF و LF شده باشد. امروزه با توجه به تحولات گسترده و سریع در این عرصه ، استفاده از تگ های فعال در باندهای فرکانس بالا در دستور کار قرار گرفته است .

§ تداخل امواج از سایر سیستم های رادیویی

سیستم های RFID مستعد تداخل امواج از سایر سیستم های رادیویی می باشند . سیستم های RFID که در باند LF عمل می نمایند ، در معرض این آسیب می باشند. توجه داشته باشید که فرکانس های LF ، تحمل اتلاف در مسیر زیاد و یا تضعیف خیلی کم در مسافت های کوتاه را ندارند (در مقام مقایسه با فرکانس های بالاتر). این بدان معنی است که سیگنال های رادیویی سایر سیستم های ارتباطی که در محدوده مشابه فرکانسی LF کار می کنند ، دارای مقاومت میدانی بالائی در آنتن یک بررسی کننده RFID خواهند شد که می تواند به تداخل امواج منتج گردد . در سمت دیگر طیف ، سیستم های میکروویو دارای استعداد کمتری برای تداخل امواج می باشند چراکه افت مسیر در باند میکروویو برای فرکانس های پایین بسیار بیشتر است.

§ مایعات و فلزات

کارآئی سیستم های RFID متاثر از سطوح نم دار و یا آبکی است . سیگنال های HF نسبت به سیگنال های میکروویو و UHF دارای قابلیت نفوذپذیری بهتری در آب و سایر مایعات می باشند . طول موج های کوتاه تر UHF دارای استعداد بیشتری جهت جذب در آب می باشند . به همین دلیل است که اغلب از تگ های HF برای برچسب گذاری مواد مایع استفاده می گردد. در چنین مواردی می توان از تگ های UHF نیز استفاده کرد ولی محدوده موثر خواندن آن بطرز محسوسی کاهش خواهد یافت .

محیط های فلزی بر روی تمامی فرکانس های RFID تاثیر می گذارند . سیگنال های فرکانس رادیویی قادر به عبور از فلزات نمی باشند و در مواردی که مواد فلزی در مجاورت آنتن کد خوان و یا آنتن تگ قرار بگیرد ، رفتار و خصایص سیستم دستخوش تغییرات عمده ای می گردد .

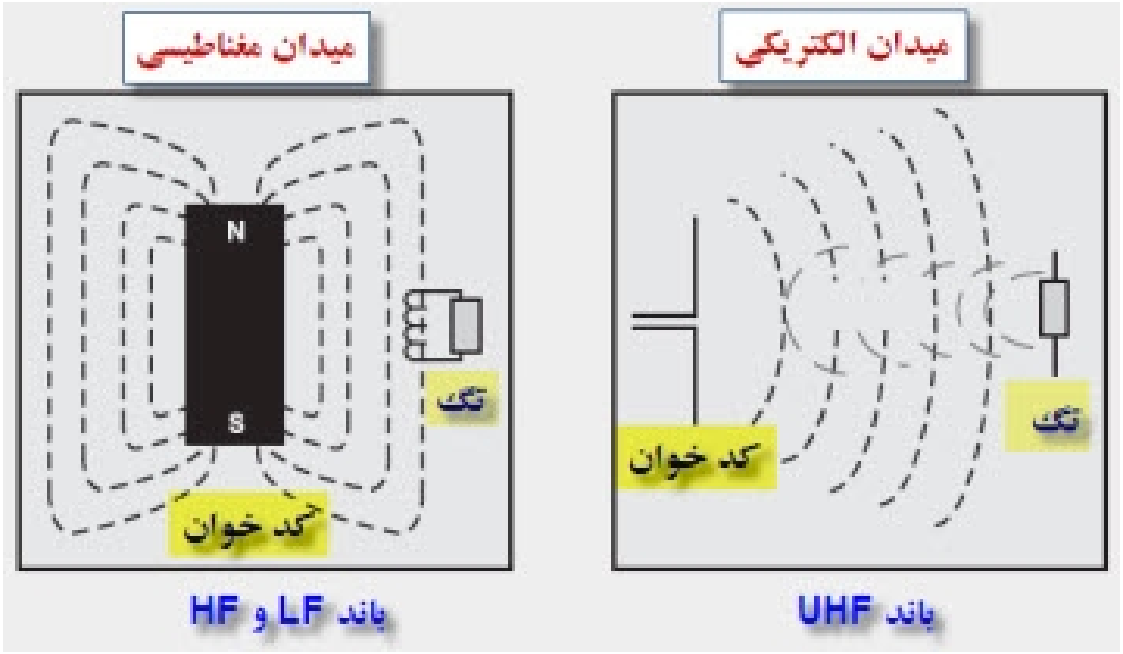
یکی از اثرات مشترک فلزات بر روی فرکانس های HF و UHF ، تغییر خودالقایی آنتن می باشد که پیامد آن کاهش محدوده خواندن خواهد بود . یکی دیگر از اثرات مواد فلزی بر روی هر دو نوع فرکانس ، جذب انرژی RF توسط فلزات است .با این که هر دو نوع فرکانس قادر به نفوذ از طریق یک شی فلزی نمی باشند ، اثر جذب در تگ های HF و UHF رفتاری کاملا" متفاوت دارد . در تگ های HF ، یک محدوه خواندن ضعیف وجود دارد در حالی که در تگ های UHF ، می توان محدوده خواندن را در صورت ایجاد یک شکاف هوایی بین آنان و سطح فلز ، افزایش داد . در مواردی که مواد فلزی بخشی از شی مورد نظر برای برچسب گذاری توسط تگ های RFID می باشند ، بهتر است که از فلز به عنوان آنتن استفاده گردد (به عنوان نمونه ، پیاده سازی یک شکاف هوایی بین سطح فلز و تگ). در صورتی که انجام این کار غیرممکن باشد ، می بایست از روش های روکش کردن استفاده کرد.

§ نرخ داده

سیستم های RFID که در باند LF عمل می نمایند ، دارای نرخ داده پایینی در حد چندین کیلوبیت در ثانیه می باشند . با توجه به فرکانس استفاده شده در سیستم های RFID ، نرخ داده می تواند به مرز چندین مگابیت در ثانیه برسد . چیزی که در فرکانس های میکروویو محقق شده است.

§ اندازه و نوع آنتن

با توجه به طول زیاد طول موج سیگنال های رادیویی فرکانس پایین ، آنتن سیستم های LF و HF می بایست از آنتن های UHF و میکروویو بزرگ تر باشد ، تا بتوان بهره سیگنال برابری را دریافت کرد . این موضوع با هدف ایجاد تگ های RFID کوچک و ارزان در تضاد است . همین موضوع باعث شده است که بسیاری از طراحان سیستم ، از بهره آنتن به نفع کنترل قیمت، بگذرند و بپذیرند که از سیستم های HF و LF صرفا" در حوزه های کوچک استفاده نمایند. تگ های LF و HF معمولا" بزرگ تر از تگ های UHF و میکروویو می باشند.



شکل 10 : دو نوع آنتن RFID به همراه تگ مربوطه در باندهای فرکانسی مختلف

توجه داشته باشید که فرکانس عملیات ، نوع آنتن قابل استفاده را به یک سیستم رادیویی تحمیل می کند . در سیستم های LF و HF از جفت گیری القایی و آنتن های القایی استفاده می گردد که معمولا" آنتن هایی از نوع حلقوی می باشند . در فرکانس های UHF و میکروویو ، از جفت گیری خازنی استفاده می گردد و آنتن ها از نوع دوقطبی می باشند .

§ اندازه و قیمت تگ های RFID

سیستم های RFID اولیه عموما" از باند LF استفاده می کردند (به دلیل سهولت در ساخت) . این نوع سیستم ها دارای مشکلات مختص به خود می باشند نظیر ابعاد بزرگ آنتن که می تواند قیمت تمام شده آنان را افزایش دهد .

در حال حاضر استفاده از باند HF بسیار متداول است. با توجه به پیشرفت های اخیر در فناوری ساخت تراشه ها، قیمت تگ های UHF قابل رقابت با تگ هایHF شده است. تگ های RFID میکروویو مشابه تگ های UHF می باشند با این تفاوت که می توان آنان را کوچکتر و با قیمت کمتری تولید کرد.

باند فرکانس	LF 125 KHZ	HF 13.56MHZ	UHF 860-960 MHZ	Microwave 2.5 GHZ به بالا
محدوده خواندن (تگ های غیرفعال)	کمتر از 62 سانتی متر	کمتر از یک متر	بین سه تا نه متر	چندین متر
منبع تامین انرژی تگ	عموما" غیرفعال می باشند	عموما" غیرفعال می باشند	عموما" فعال ولی ممکن است به صورت غیرفعال نیز باشند	عموما" فعال ولی ممکن است به صورت غیرفعال نیز باشند
قیمت تگ	نسبتا" گران	گران ولی بمراتب کمتر از LF	دارای پتانسیل لازم جهت تولید ارزان	دارای پتانسیل لازم جهت تولید ارزان
کاربردهای عمومی	ورود بدون کلید به مکان هایی خاص نظیر اطاق ها و ... ردیابی حیوانات پیشگیری از سرقت اتومبیل از طریق خاموش کردن آن از را دور	کارت های هوشمند ردیابی آیتم هایی نظیر حمل بار کتابخانه ها	ردیابی حمل بار جمع آوری الکترونیکی عوارض حمل بار مسافر	جمع آوری الکترونیکی عوارض
نرخ داده	کند	متوسط	سریع	بسیار سریع
کارآیی پس از قرار گرفتن در مجاورت فلزات و مایعات	خیلی خوب	خوب	بد	بدتر
اندازه تگ غیرفعال	خیلی بزرگ	بزرگ	کوچک	کوچک تر

جدول خصایص سیستم های RFID در فرکانس های مختلف

۷ مقایسه تگ های هوشمند RFID در مقابل کدهای میله ای

قبل از هر چیز لازم است به این نکته اشاره گردد که در کدهای میله ای از نور لیزری و در برچسب های هوشمند RFID از امواج رادیویی برای حمل داده استفاده می گردد . از کدهای میله ای به عنوان فناوری نوری و از RFID به عنوان فرکانس رادیویی یا RF نام برده می شود.

در ادامه ، این دو فناوری را در برخی زمینه ها با یکدیگر مقایسه می کنیم.

§ حجم ذخیره سازی و میزان حافظه

کدهای میله ای قادر به ذخیره سازی حجم محدودتری از اطلاعات در مقایسه با تگ های هوشمند RFID می باشند. نماد UPCE (تگ هایی با حداقل فضای ذخیره سازی داده) ، صرفا" قادر به نگهداری هشت حرف عددی (چندین بایت) است. در کدهای میله ای از نوع Data Matrix ، امکان ذخیره سازی 2000 حرف در یک تگ دو بعدی وجود دارد .

شکل 11 : یک نماد UPCE و یک نماد Data Matrix

تگ های RFID قادر به نگهداری حجم بیشتری از اطلاعات می باشند . با این که می توان تگ های RFID را بگونه ای ساخت که دارای حافظه اندکی برای ذخیره سازی داده باشند ولی همزمان با رشد فناوری ساخت این نوع تگ ها ، امکان ذخیره سازی اطلاعاتی بالغ بر 128 کیلو بایت در آنان فراهم شده است .

§ قابلیت خواندن و نوشتن

کدهای میله ای را نمی توان پس از چاپ اصلاح و یا تغییر داد و در عمل تابع یک فناوری فقط خواندنی و یا RO می باشند . در مقابل ، تگ های RFID با قابلیت خواندن و نوشتن نظیر تگ های هوشمند ، دارای قابلیت آدرس دهی می باشند و می توان به دفعات (هزاران مرتبه) اطلاعات موجود در آنان را در مدت زمان حیات یک تگ تغییر داد . ویژگی فوق توانمندی فناوری RFID را به شدت افزایش داده و زمینه بکارگیری آن را در حوزه هایی وسیع فراهم می نماید .

§ عدم نیاز به قرار گرفتن در خط دید

یکی دیگر از مزایای فناوری RFID نسبت به کدهای میله ای ، عدم ضرورت قرار گرفتن تگ در خط دید یک بررسی کننده به منظور عملکرد صحیح است چراکه امواج رادیویی می توانند در مواد جامد متعددی منتشر گردند . علاوه بر این می توان با توجه به ضرورت و ماهیت یک شی ، تگ را درون شی بکارگرفت (نه روی بسته بندی) و بدون نگرانی داده ذخیره شده در آن را خواند .

کدهای میله ای نیازمند قرار گرفتن در خط دید مستقیم می باشند تا دستگاه اسکنر بتواند به درستی آنان را پویش نماید. ویژگی فوق باعث می گردد که از کدهای میله ای صرفا" بر روی بسته بندی و سطح شی و نه درون شی استفاده کرد. در سیستم های مدیریت زنجیره تامین که در هر لحظه لازم است حجم بالایی از مواد و اشیاء جابجا گردد، استفاده از فناوری RFID می تواند دستاوردهای بیشتری را نسبت به کدهای میله ای به دنبال داشته باشد .

§ محدوه خواندن

محدوده خواندن کدهای میله ای بسیار اندک است و معمولا" از چندین اینچ تجاوز نمی کند . البته این امکان وجود دارد که بتوان اسکنرهای کدهای میله ای را بگونه ای ساخت که قادر به خواندن تگ ها در محدوده ای معادل چندین متر باشند. بدیهی است ، با توجه به هزینه بالای تولید اینگونه اسکنرها، استفاده از آنان تابع شرایط خاصی است . در صورت استفاده از این نوع اسکنرها ، ضرورت قرار گرفتن کد میله ای در معرض دید مستقیم اسکنر کم رنگ می شود .

محدوده خواندن تگ های RFID بسته به فرکانس عملیاتی ، اندازه آنتن ، فعال بودن و یا غیرفعال بودن تگ بمراتب بیشتر از کدهای میله ای است . محدوده خواندن تگ های RFID می تواند از ده ها سانتی متر شروع شود و به چندین متر برسد.

§ خواندن و نوشتن همزمان

برخلاف سایر فناوری های تشخیص خودکار AIDC ، که برای خواندن هر یک از آیتم ها لازم است آنان را بطور فیزیکی از یکدیگر جدا کرد و بطور جداگانه خواند ، سیستم های RFID قادر به خواندن چندین تگ بطور همزمان می باشند. برای خواندن کد میله ای کالاهای موجود در یک محموله ، می بایست تمامی محموله از شکل استاندارد بسته بندی خود خارج تا زمینه خواندن یکایک کالاها فراهم گردد .

در سیستم های RFID می توان تمامی محتویات یک محموله را در یک لحظه و در زمان عبور از محدوده یک بررسی کننده خواند . RFID تنها فناوری موجود در خانواده فناوری های AIDC است که دارای ویژگی مهم فوق است .

§ امنیت دستیابی

با توجه به این که کد میله ای در خارج از بسته بندی کالا نصب می گردد و می بایست به منظور خواندن در معرض دید دستگاه اسکنر قرار بگیرد ، ضریب ایمنی داده ذخیره شده در کد کاهش پیدا می نماید . هر شخص با بکارگیری یک دستگاه اسکنر استاندارد کد میله ای و یا حتی یک دوربین می تواند داده ذخیره شده را وارسی و در صورت لزوم ذخیره نماید.

سیستم های RFID نسبت به کدهای میله ای دارای امنیت بیشتری می باشند . با رمزنگاری داده ذخیره شده در تگ RFID و استفاده از روش های مختلف تایید هویت ، می توان یک سطح قابل قبول از امنیت را به همراه این نوع سیستم ها پیاده سازی کرد .

§ دوام و قابلیت تطبیق با شرایط محیطی

تگ های RFID قادر به کار در محیط های کثیف و ناصاف می باشند . این در حالی است که تاثیر شرایط محیطی بر روی صحت عملکرد کدهای میله ای بسیار زیاد می باشد . به عنوان نمونه ، تحقق یکی از شرایط زیر می تواند باعث بروز اختلال در خواندن کد میله ای گردد.

- قرار گرفتن یک لایه گردو خاک بر روی سطح کد میله ای
- پاره شدن کد میله ای
- کثیف شدن سطح کد میله ای
- آغشته شدن سطح کد میله ای به مواد چرب
- تو رفتگی کد میله ای
- قرار گرفتن بر روی یک سطح ناهموار
- زیادی شدت نور نیز می تواند برای دستگاه های اسکنر کد میله ای ممانعت ایجاد نماید و آنان را در خواندن تگ های کد میله ای با مشکل مواجه نماید .

فناوری RFID ، نسبتا" از اینگونه مسایل مصون است.

§ مشکل در تکرار

با توجه به ماهیت الکترونیکی بودن تگ های RFID ، مشابه سازی از آنان در مقایسه با کدهای میله ای بسیار مشکل تر است. همین موضوع باعث می شود که دستیابی غیرمجاز و یا تغییر داده ذخیره شده در تگ مشکل گردد.

§ قابلیت اطمینان به خواندن

در برنامه های زنجیره تامین، قابلیت اطمینان به داده خوانده شده در اولین مرحله بسیار حایز اهمیت است. بنابراین در برخی موارد لازم است که به دلیل بروز مشکل در کد میله ای (به دلایلی که در بخش قبل به آنان اشاره گردید) ، کدها را بیش از یک مرتبه خواند و اگر باز هم توام با موفقیت نبود از روش دستی برای درج کد استفاده کرد .

ویژگی ضد تصادمی و قابلیت خواندن و نوشتن همزمان تگ های RFID ، کاربران را از پویش آیتم هایی که ممکن است به درستی خوانده نشده باشند ، بی نیاز خواهد کرد . به عبارت دیگر ، به داده خوانده شده در سیستم های RFID بیش از سیستم های مبتنی بر کد میله ای می توان اعتماد کرد .

§ قیمت

بزرگترین مانع رشد و گسترش سیستم های RFID ، قیمت تگ های RFID است . در حالی که قیمت کدهای میله ای بسیار پایین است ، قیمت یک تگ غیرفعال RFID که صرفا" قادر به خواندن در یک محدوده چندین سانتی متری است بسیار بیشتر از قیمت تمام شده کدهای میله ای است .

تولید کنندگان مختلف سیستم های RFID با توجه به ضرورت استفاده از اینگونه سیستم ها ، تمامی تلاش خود را صرف اتخاذ تدابیر و راهکارهای مناسب برای کاهش قیمت تگ ها کرده اند و این پیش بینی می شود که در آینده ای نه چندان دور شاهد کاهش قیمت تمام شده تولید تگ های RFID باشیم تا زمینه بکارگیری سیستم های RFID بیش از گذشته و در حوزه های متنوع تری فراهم گردد.

NOTE:
Components labeled as NS are NOT SOLDERED!
They were used only for testing antenna circuit.