

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
XIX - CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA E
REDES DE COMPUTADORES**

LUIS GUILHERME ZANLOURENSI

IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA - RFID

CURITIBA 2011

LUIS GUILHERME ZANLOURENSI

IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA - RFID

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Teleinformática e Redes de computadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR

Orientador: Prof. Walter Godoy Junior

Curitiba 2011




TERMO DE APROVAÇÃO


Título da Monografia
Identificação por Rádio Frequência -RFID

por


Luis Guilherme Zanlourensi

Esta monografia foi apresentada às 17:30h. do dia 29 de agosto de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM TELEINFORMÁTICA E REDES DE COMPUTADORES, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado com a nota *10,0 (DEZ INTEIROS)*


Prof. Walter Godoy Junior
(UTFPR)


Prof. Kleber Kendy Horikawa Nabas
(UTFPR)

Visto da Coordenação


Prof. Dr. Walter Godoy Júnior
Coordenador do Curso

Com esforço e dedicação e busca pelo conhecimento, você poderá dominar qualquer assunto que deseje. Além disso, é importante gostar do que se está fazendo. Sendo assim, as informações serão absorvidas de uma forma muito mais fácil e você passará a ter prazer nas suas atividades.

Luis Guilherme Zanlourensi

RESUMO

Esta monografia apresenta um estudo sobre a identificação em rádio frequência - RFID. O estudo envolve a história do RFID, conceitos básicos de rádio frequência, modulação, os componentes do sistema de RFID, como as antenas, etiquetas e seus tipos, leitores e as padronizações envolvidas. Também é feita uma abordagem sobre o protocolo LLRP, sigla de *Low Level Reader Protocol*, que é um protocolo utilizado dentro da arquitetura de um sistema de RFID.

Além da tecnologia, esta monografia aborda as aplicações práticas de um sistema de identificação por rádio frequência.

RFID é uma tecnologia criada há muitos anos, mas que atualmente está em evidência, pois com o avanço da tecnologia, muitas aplicações poderão ser desenvolvidas e utilizadas em muitas áreas, como em indústrias, logística, varejo, segurança.

ABSTRACT

This monograph presents a study on radio frequency identification - RFID. The study involves the history of RFID, basic concepts of radio frequency modulation, the components of the RFID system, such as antennas, labels and their types, readers and the patterning involved. It's also made an approach to protocol LLRP, an acronym for Low Level Reader Protocol, which is a protocol used within the architecture of an RFID system.

In addition to technology, this monograph addresses the practical applications of a system of radio frequency identification.

RFID is a technology created many years ago, but that currently is in evidence, because with the advancement of technology, many applications can be developed and used in many areas, such as industries, logistics, retail, security.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS	IV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. A HISTÓRIA DO RFID.....	2
3. CONCEITOS BÁSICOS DE RÁDIO FREQUÊNCIA.....	3
3.1. O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	3
3.2. FAIXA DE FREQUÊNCIAS.....	3
3.3. PROPAGAÇÃO.....	4
3.4. MODULAÇÃO.....	5
3.5. PROTOCOLO ANTICOLISÃO.....	5
3.6. ESPALHAMENTO ESPECTRAL.....	6
3.7. O ESPECTRO DE FREQUÊNCIA RFID.....	7
4. COMPONENTES DE UM SISTEMA DE RFID.....	8
4.1. LEITORES.....	8
4.2. CABEÇA DE LEITURA / ESCRITA (ANTENA).....	8
4.3. CONTROLADORES (<i>MIDDLEWARE</i> RFID).....	8
5. PADRÕES E REGULAMENTAÇÕES.....	10
5.1. PADRÕES ISO.....	10
5.2. PADRÕES EPC.....	11
5.2.1. Arquitetura de Padrões EPCglobal.....	12
5.2.2. Padrão dos Serviços de Informação do EPC (EPCIS).....	13
5.2.3. Padrão do Low Level Reader Protocol (LLRP).....	13
5.2.4. Padrão para Pedigree de Medicamentos.....	13
5.2.5. Padrão de Dados da Etiqueta EPC.....	14
5.2.6. Padrão para Tradução de Dados da Etiqueta EPC (TDT).....	14
5.2.7. Padrão do Protocolo de Comunicação Classe 1 Geração 2 UHF (Gen 2)	

5.2.8.	Padrão do Protocolo de Leitura	15
5.2.9.	Padrão <i>Application Level Events</i>	16
5.2.10.	Padrão para Serviço de Nomes de Objetos	16
6.	PROTOCOLO LLRP	17
6.1.	Linha do tempo do Protocolo LLRP	17
6.2.	OPERAÇÃO DO PROTOCOLO LLRP	18
6.2.1.	Inventário, Vistoria de Rádio Frequência e Operações de Acesso.....	19
7.	CONCEITO DE ANTENAS E SUA INFLUÊNCIA EM SISTEMAS DE RFID	30
7.1.	ANTENA DE POLARIZAÇÃO LINEAR (ANTENA DIPOLO)	30
7.2.	ANTENA DE POLARIZAÇÃO CIRCULAR	31
7.3.	ANTENA DE POLARIZAÇÃO CIRCULAR MONOESTÁTICA	31
7.4.	CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS E AMBIENTAIS	33
8.	CONCEITUAÇÃO DE ETIQUETAS RFID	35
8.1.	ETIQUETAS PASSIVAS	35
8.1.1.	Comunicação das etiquetas passivas.....	36
8.2.	ETIQUETAS ATIVAS	38
8.3.	ETIQUETAS SEMI ATIVAS	39
8.4.	CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DAS ETIQUETAS.....	40
8.5.	FREQUENCIA DAS ETIQUETAS	41
9.	MIDDLEWARE PARA UM SISTEMA BASEADO EM RFID.....	43
9.1.	REQUISITOS DE UM MIDDLEWARE RFID	43
9.1.1.	Leitura e escrita em etiquetas RFID	43
9.1.2.	Agregação de dados.....	43
9.1.3.	Filtro de dados.....	43
9.1.4.	Conformidade com padrões de middleware	44
9.2.	PADRÕES DE MIDDLEWARE RFID	44
10.	APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	45

10.1.	HOSPITALARES	45
10.2.	VEÍCULOS.....	45
10.3.	IMPLANTES HUMANOS	45
10.4.	SEGURANÇA	46
10.5.	IDENTIFICAÇÃO ANIMAL.....	46
10.6.	MANUTENÇÃO	47
11.	DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES DE UM SISTEMA RFID.....	48
12.	CONCLUSÃO.....	49
13.	REFERÊNCIAS.....	50

LISTA DE SIGLAS

AI	Antenna Inventory
ELF	Extremely Low Frequency
EPC	<i>Electronic Product Code</i>
EPCIS	Electronic Product Code Information Services
ERP	Enterprise resource planning
HF	High Frequency
ISO	International Standardization Organization
LF	Low Frequency
LLRP	Low Level Reader Protocol
MH	Medium Frequency
MIT	Massachusetts Institute of Technology
ONS	Object Naming Service
RFID	Radio Frequency Identification
RO	Ready Only
RW	Ready Write
SHF	Super High Frequency
TCP	Transmission Control Protocol
TDT	Tag Data Translation
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
VLF	Very Low Frequency
WORM	Write Once Read Many

1. INTRODUÇÃO

RFID é a abreviação de “*Radio Frequency Identification*” – Identificação por Radio frequência. Diferentemente do feixe de luz utilizado no sistema de código de barras para captura de dados, essa tecnologia utiliza a frequência de rádio. Trata-se de uma das mais novas tecnologias de coleta automática de dados, surgida inicialmente como solução para sistemas de rastreamento e controle de acesso na década de 80 quando o MIT (Massachusetts Institute of Technology), juntamente com outros centros de pesquisa, iniciou o estudo de uma arquitetura que utilizasse os recursos das tecnologias baseadas em radio frequência para servir como modelo de referência ao desenvolvimento de novas aplicações de rastreamento e localização de produtos. Desse estudo, nasceu o Código Eletrônico de Produtos - EPC (*Electronic Product Code*). O EPC definiu uma arquitetura de identificação de produtos que utilizava os recursos proporcionados pelos sinais de radio frequência, chamada posteriormente de RFID (*Radio Frequency Identification*).

RFID permite a identificação de pessoas, ativos e outros objetos. Nada mais é do que um sistema de comunicação sem fio que possibilita a troca de informações entre dois componentes: o “leitor de RFID” solicita informações por meio de ondas de rádio e a “etiqueta RFID” que responde através do mesmo meio de comunicação. As etiquetas são fabricadas em diversos formatos (etiquetas, pulseiras, brincos, etc.), especificamente para cada tipo de necessidade como, por exemplo, identificação de livros, roupas, caixas, *pallets*, contêineres, animais, medicamentos, pessoas, entre outros. Também possuem memória própria, onde são armazenadas as informações referentes ao item identificado.

A captura de dados por RFID apresenta inúmeras vantagens em relação a outras tecnologias, notadamente a capacidade de leitura de informações em tempo real, sem a necessidade de um campo visual entre o leitor e a etiqueta, conforme descreve GLOVER (2007). Aliado ao fato de que as etiquetas podem freqüentemente ser lidas através de barreiras compostas por diferentes materiais como: madeira, papelão, plástico e papel. A tecnologia RFID vem recebendo grande atenção nos últimos anos por oferecer possibilidades efetivas de redução de custos e ganhos de eficiência, em especial nas aplicações voltadas à indústria, logística, varejo, distribuição etc,; proporcionando mais visibilidade, rastreamento e sincronização nos processos.

2. A HISTÓRIA DO RFID

A tecnologia de RFID tem origem nos sistemas de radares utilizados na Segunda Guerra Mundial. Os países que participaram da guerra utilizavam radares, descobertos em 1937 por Sir Robert Alexander Watson-Watt, um físico escocês, para avisá-los com antecedência de aviões enquanto eles ainda estavam bem distantes. O problema era identificar dentre esses aviões qual era inimigo e qual era aliado. Os alemães então descobriram que se os seus pilotos girassem seus aviões quando estivessem retornando à base iriam modificar o sinal de rádio que seria refletido de volta ao radar. Esse método simples alertava os técnicos responsáveis pelo radar que se tratava de aviões alemães (esse foi, essencialmente, considerado o primeiro sistema passivo de RFID).

Avanços na área de radares e de comunicação de rádio frequência continuaram através das décadas de 50 e 60. Cientistas e acadêmicos dos Estados Unidos, Europa e Japão realizaram pesquisas e apresentaram estudos explicando como a energia de radio frequência poderia ser utilizada para identificar objetos remotamente. Companhias começaram a comercializar sistemas anti-furto que utilizavam ondas de rádio para determinar se um item havia sido roubado ou pago normalmente. Era o advento das etiquetas RFID denominadas de "etiquetas de vigilância eletrônica" as quais ainda são utilizadas até hoje.

3. CONCEITOS BÁSICOS DE RÁDIO FREQUÊNCIA

3.1. O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

O espectro eletromagnético representa toda a faixa de possíveis frequências que a radiação eletromagnética pode assumir. Uma onda eletromagnética pode ser descrita pelo seu comprimento de onda, frequência ou energia do fóton. Quanto maior a frequência maior a energia de seu fóton, assim como maior a largura de banda maior o volume de informações que a onda pode transportar. Diferentemente de ondas sonoras, esse tipo de onda não necessita de um meio material para se propagar. Segundo WHITE (2004), Devido às propriedades dos materiais por onde as ondas se propagam, o comprimento de onde pode sofrer decréscimo.

3.2. FAIXA DE FREQUÊNCIAS

Para que uma antena receptora capte apenas o sinal de rádio desejado é preciso separá-lo, pois as antenas receptoras captam inúmeros outros sinais além do sinal desejado. Para que isso possa ser realizado, o sinal precisa possuir alguma característica que permita distingui-lo dos demais.

Esta característica é a frequência ou faixa de frequências. O mecanismo de propagação utilizado para comunicações via rádio varia em função das faixas de frequências, as quais são classificadas de acordo com o comprimento de onda, conforme a tabela abaixo:

Faixa de Frequência	Comprimento de Onda	Denominação
300Hz - 3KHz	100 a 1000Km	ELF - Extremely Low Frequency
3KHz - 30 KHz	10 a 100Km	VLF - Very Low Frequency
30KHz - 300KHz	1 a 10Km	LF - Low Frequency
300KHz - 3 MHz	100m a 1Km	MF - Medium Frequency
3 MHz - 30 MHz	10 a 100m	HF - High Frequency
30 MHz - 300 MHz	1 a 10m	VHF - Very High Frequency
300MHz - 3GHz	0,1 a 1m	UHF - Ultra High Frequency
3 GHz - 30 GHz	10 a 100mm	SHF - Super High Frequency
30 GHz - 300 GHz	1 a 10mm	EHF - Extremely High Frequency

Tabela 1: Faixas de frequências

A tecnologia RFID utiliza frequências a partir de 100KHz até em torno de 6GHz. As faixas de frequências com as aplicações mais comuns em RFID são:

Faixa LF: 125KHz e 134KHz;

Faixa HF: 13,56MHz;

Faixa UHF: 433MHz;

Faixa UHF: 860 – 960MHz;

Faixa Micro-ondas, UHF: 2,4 – 2,45 GHz;

Faixa Micro-ondas, SHF: 5,8GHz;

Governos de todo o mundo, por razões técnicas e econômicas procuram normalizar e regulamentar os padrões do uso das faixas de frequência. Esse processo é conhecido como alocação de espectro ou frequência.

3.3. PROPAGAÇÃO

Conforme ALENCAR (2010), onda eletromagnética é essencialmente a energia que é irradiada através do espaço. A Propagação é um modo de transmissão da energia. Esta pode ser propagação luminosa, propagação sonora ou propagação térmica através dos meios líquido, sólido, gasoso, vácuo ou plasma. Na energia eletromagnética estão incluídas as ondas de rádio, que podem ser as ondas do espectro eletromagnético que compreendem radiações cuja frequência varia de alguns hertz até muitos GHz, ou de alguns quilômetros até cerca de comprimentos de onda milimétricos. Todas as ondas têm as seguintes características:

- Reflexão: quando uma onda volta para a direção de onde veio, devido à batida em material reflexivo;
- Refração: mudança da direção das ondas, devido à entrada em outro meio. A velocidade da onda varia, ou seja, o comprimento de onda também varia;
- Difração: ocorre quando o caminho entre o transmissor e o receptor, que a onda de rádio percorre, encontra um obstáculo com uma superfície de acentuadas irregularidades. As ondas secundárias resultantes desse encontro estão presentes em todo o espaço, dando origem a uma reflexão das ondas em torno do obstáculo. Em altas frequências, a difração, como a reflexão, depende da geometria do objeto, bem como amplitude, fase e polarização da onda incidente ao ponto de difração;
- Interferência: adição das amplitudes de duas ondas que se superpõem.

3.4. MODULAÇÃO

A modulação constitui-se na técnica empregada para alterar um sinal com a finalidade de possibilitar o transporte de informações pelo canal de comunicação e recuperar o sinal, na sua forma original, na outra extremidade. Ou seja, a modulação é um processo de converter o sinal da mensagem para uma forma que seja compatível com as características de transmissão do canal. Comumente, o sinal transmitido é representado como uma variação de amplitude, fase ou frequência de uma onda portadora senoidal. Desse modo, é chamado de modulação de amplitude, fase ou frequência, respectivamente. Correspondentemente, através do uso da demodulação, a mensagem original é produzida na saída do receptor.

Como o sistema de RFID é um sistema digital, irá transmitir apenas os sinais 0 e 1. Portanto, as técnicas de modulação utilizadas serão as técnicas de modulação digital.

3.5. PROTOCOLO ANTICOLISÃO

Segundo GLOVER (2007), em situações nas quais há muitas etiquetas na zona de interrogação, alguns tipos de protocolos anticolisão devem ser usados, ou seja, necessitam de técnicas de compartilhamento do canal de comunicação. Desde que o leitor possa processar apenas uma resposta de uma etiqueta no tempo, esse leitor deve ter o controle para saber qual etiqueta deve responder naquele instante. Os vários tipos de protocolos anticolisão podem ser reproduzidos em dois grupos básicos:

- Determinísticos
- Probabilísticos

Um exemplo determinístico é o protocolo árvore binária e um exemplo probabilístico é o protocolo ALOHA.

O protocolo determinístico trabalha “perguntando” pelos bits na identificação das etiquetas, e apenas as etiquetas cujos bits são casados respondem. O protocolo inicia perguntando pelo primeiro bit do ID da etiqueta. Se obtiver resposta de alguma etiqueta, pergunta pelo segundo bit; então, continua perguntando até encontrar todas as etiquetas na zona de interrogação. Esse tipo de protocolo é lento, mas preciso para encontrar as etiquetas na zona de interrogação.

No protocolo probabilístico, as etiquetas respondem em tempos aleatórios. Se ocorrer colisão, as etiquetas que colidirem, depois de aguardar novamente um tempo aleatório, responderão. Esse protocolo identifica todas as etiquetas na zona de interrogação, mas é propensa a colisão, desde que posta muito próximo um do outro.

Alguns protocolos anticolisão padronizados pela ISO e EPCglobal:

- Protocolo ALOHA;
- Protocolo Árvore Binária;
- Algoritmo Q.

3.6. ESPALHAMENTO ESPECTRAL

Para que uma antena receptora capte apenas o sinal de rádio desejado é preciso separá-lo, pois as antenas receptoras captam inúmeros outros sinais além do sinal desejado. Para que isso possa ser realizado, o sinal precisa possuir alguma característica que permita distingui-lo dos demais. Esta característica é a frequência ou faixa de frequências.

A técnica de espalhamento espectral foi desenvolvida na Segunda Guerra Mundial com o objetivo de dificultar a escuta indevida das mensagens transmitidas via rádio e torná-las mais resistentes às interferências propositais. Essa tecnologia é um processo muito utilizado para interligação de sistemas sem fio com confiabilidade e sigilo.

O princípio das técnicas de modulação usando espalhamento espectral é aumentar a quantidade de bits utilizados para transmitir uma mesma informação, de modo a espalhar o espectro de frequência do sinal. Dessa forma, aumenta-se a banda de frequência na qual o sinal é transmitido. Normalmente utiliza-se um código de espalhamento que é multiplicado pelos bits de informação. Os códigos de espalhamento são utilizados em transmissão digital, uma vez que, pelo fato de espalharem o sinal na frequência, proporcionam uma série de vantagens que melhoram consideravelmente o desempenho da transmissão.

Essas vantagens são:

- Imunidade com relação a ruídos e interferências;
- Imunidade a distorções devido ao efeito multipercurso;

- Imunidade a interferências e desvanecimentos de banda estreita;
- Possibilidade de diversos usuários compartilharem a mesma banda de frequência, com baixa interferência;
- Possibilidade de a criptografia dos sinais utilizarem a técnica de espalhamento espectral;

3.7. O ESPECTRO DE FREQUÊNCIA RFID

Dentro da faixa geral de radiofrequências, podemos posicionar as diferentes bandas de RFID que estão comunmente adotadas a nível global. É dito banda RFID pois existe uma confusão gerada, pois alguns fabricantes de tecnologia RFID omitem as informações de qual banda trabalham para proteger seus interesses. Isto causa confusão no mercado. As frequências mostradas na figura1 abaixo são usadas com tecnologia RFID, porém todas possuem comportamentos físicos bem diferenciados:

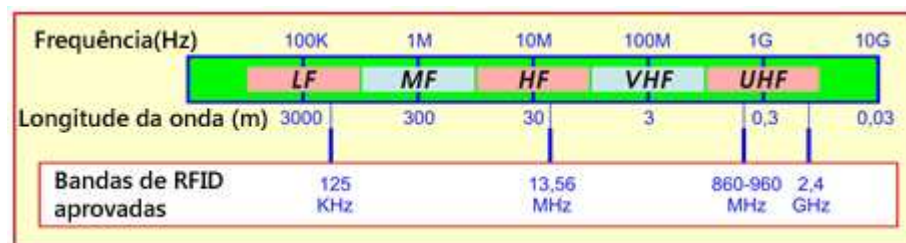


Figura 1 – espectro de frequência

Então, é muito diferente trabalhar com RFID utilizando a frequência de trabalho de HF 13,56 MHz ou com RFID com frequências RFID UHF de 868 MHz. As enormes diferenças de tecnologia devido aos seus princípios físicos que regem as distâncias de leitura entre eles variam de 1 a 15 metros e um fato muito importante é os seus custos de fabricação, que variam mais de 50%.

4. COMPONENTES DE UM SISTEMA DE RFID

4.1. LEITORES

O leitor é o componente de comunicação entre o sistema RFID e os sistemas externos de processamento de informações. A complexidade dos leitores depende do tipo de etiqueta e das funções a serem aplicadas. Os mais sofisticados apresentam funções de verificação de paridade de erro e correção de dados.

Uma vez que os sinais do receptor sejam corretamente recebidos e decodificados, são usados algoritmos para decidir se o sinal é uma repetição de transmissão de uma etiqueta.

4.2. CABEÇA DE LEITURA / ESCRITA (ANTENA)

Uma cabeça de leitura / escrita realiza a comunicação dentro do sistema de RFID. A leitora nada mais é que uma antena que, numa configuração portátil, compõe o dispositivo RFID em conjunto com o leitor e o decodificador. A antena induz energia às etiquetas para comunicação de dados dentro do campo de transmissão, estes dados, depois de lidos pelo leitor, são passados ao controlador do sistema de RFID. A antena emite um sinal de rádio que ativa a etiqueta, realizando a leitura ou escrita. Essa emissão de ondas de rádio é difundida em diversas direções e distâncias, dependendo da potência e da frequência usada.

O tempo decorrido nesta operação é inferior a um décimo de segundo, portanto o tempo de exposição necessário da etiqueta é bem pequeno. A função do leitor é ler e decodificar os dados que estão numa etiqueta que passa pelo campo eletromagnético gerado pela antena. Os leitores são oferecidos em diversas formas e tamanhos conforme a exigência operacional da aplicação.

4.3. CONTROLADORES (*MIDDLEWARE* RFID)

O controlador de RFID é o dispositivo de interface que controla todo o sistema periférico de RFID (antena, leitor e etiquetas) além da comunicação com o resto do sistema. O *middleware* desenvolvido para a integração de aplicações RFID muitas vezes passa despercebido por rodar em *background* no sistema. Ele é o responsável pela depuração das informações recebidas pelas antenas (eliminando redundâncias, etc) e convertendo essas informações em algo que o sistema do

usuário possa interpretar. O desenvolvimento do *middleware* exige um alto grau de conhecimento técnico e varia de acordo com o hardware de cada fabricante.

Esse *middleware* permite uma fácil integração com o sistema legado e facilita consideravelmente a implantação de projetos. Existem vários controladores de RFID disponíveis para vários protocolos de comunicação.

Os sistemas de RFID também podem ser definidos pela faixa de frequência em que operam:

- Sistemas de Média e Alta Frequência (30 a 500 KHz): Para curta distância de leitura e baixos custos. Normalmente utilizado para controle de acesso, localização e identificação.
- Sistemas de Ultra Alta Frequência (850 a 950 MHz e 2,4 a 2,5 GHz): Para leitura em médias ou longas distâncias e leituras em alta velocidade. Normalmente utilizados para leitura de etiquetas em veículos ou recolha automática de dados numa seqüência de objetos em movimento. Um exemplo de aplicação é a via verde, sistema de pagamento eletrônico da BRISA, Auto-estradas de Portugal.

5. PADRÕES E REGULAMENTAÇÕES

A padronização fornece a base necessária ao desenvolvimento tecnológico através das especificações ou dos requisitos para produtos, serviços, sistemas, processos e materiais. A aceitação ampla dessas padronizações a nível internacional pode adicionalmente promover o desenvolvimento de um mercado global para bens ou serviços.

Duas organizações estão mais envolvidas no desenvolvimento de padrões para tecnologia RFID. São elas: Organização Internacional para Padronização (ISO) e EPCglobal. A ISO representa os interesses mundiais e por muitos anos tem se envolvido com diferentes tecnologias RFID. A EPCglobal é responsável pela definição de especificações para todos os aspectos da tecnologia RFID, incluindo padronização. Em adição à ISO e a EPCglobal, existem muitas outras organizações mundiais e regionais, bem como entidades de regulação que estão envolvidas com a padronização RFID.

Os padrões ISO e EPCglobal representam um papel crucial no desenvolvimento da tecnologia RFID, proporcionando compatibilidade e interoperabilidade entre os diversos componentes envolvidos em um sistema RFID. A padronização tem sido um componente fundamental no desenvolvimento comercial da tecnologia RFID.

5.1. PADRÕES ISO

A ISO é a maior organização do mundo em desenvolvimento e publicação de normas internacionais, sendo constituída de uma rede de institutos nacionais de normalização de 161 países. A ISO é uma organização não governamental que atua entre os setores públicos e privados, formando um consenso a ser alcançado em soluções que atendam os requerimentos de negócios e às mais amplas necessidades da sociedade.

As normas ISO têm sido publicadas para cobrir quatro áreas chave da tecnologia RFID nas respectivas faixas de frequências reguladas para aplicação e uso. Sendo as áreas: interface aérea (comunicação entre etiqueta e leitor), conteúdo e codificação de dados (sistemas de numeração), testes de conformidade, performance e interoperabilidade entre as aplicações e os sistemas RFID.

A norma ISO que regulamenta a tecnologia RFID é a ISO 18000. Esta norma cobre o protocolo de interface aérea para os sistemas suscetíveis de ser utilizados

para acompanhar as mercadorias na cadeia de abastecimento. Eles cobrem as frequências usadas em grandes sistemas de RFID em todo o mundo. Está dividida em sete partes (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2011):

- 18000–1: Parâmetros genéricos para interfaces aéreas para as frequências globalmente aceitas
- 18000–2: Interface aérea para 135 KHz
- 18000–3: Interface aérea para 13.56 MHz
- 18000–4: Interface aérea para 2.45 GHz
- 18000–5: Interface aérea para 5.8 GHz
- 18000–6: Interface aérea para 860 MHz to 930 MHz
- 18000–7: Interface aérea para 433.92 MHz

5.2. PADRÕES EPC

Os primeiros passos para a definição de uma arquitetura de software foram dados pelo Auto-ID Center (reunião dos laboratórios de três universidades - Massachusetts Institute of Technology, nos Estados Unidos, Universidade de Cambridge, na Inglaterra e Universidade de Adelaide, na Austrália). Após ter seu comando transferido para a EPCglobal, padrões tem sido desenvolvidos e lançados. As atividades tem sido implementadas parcialmente sem levar em consideração padrões ISO existentes. Entretanto, padrões EPCglobal possuem custo nulo, o que nem sempre é verdade para padrões ISO.

A EPCglobal é uma organização sem fins lucrativos que foi criada para administrar e fomentar o desenvolvimento da tecnologia RFID que teve início com a iniciativa do Auto-ID Center. Entre as inúmeras aplicações desta tecnologia, a proposta EPCglobal é a padronização da tecnologia para aplicações em gerenciamento da cadeia de suprimentos. Neste sentido ela não padroniza o produto em si, mas a interface entre os diversos componentes que viabilizam o funcionamento do sistema. Assim existem padrões para protocolo de comunicações entre a etiqueta e o leitor, entre a etiqueta e as antenas e entre os computadores.

Dentre os documentos publicados pela EPCglobal, cabe ressaltar um marco significativo para a entidade e comunidade RFID que foi a aprovação da norma “EPC Gen 2 Class 1UHF” pela International Organization for Standardization – ISO e a incorporação da mesma como parte da norma ISO/IEC 18000-6C, emenda 1, publicada em 15 de junho de 2006 – norma essa que define os parâmetros de interface aérea de comunicação da tecnologia RFID para gerenciamento de itens usando dispositivos que operam na faixa de frequência de 860 MHz a 960 MHz.

Na medida em que as primeiras implementações de sistemas RFID foram emergindo, é compreensível que o desenvolvimento de padrões de dados e rede tivessem início tardio quando comparados à definição de padrões do protocolo aéreo. Também é inequívoco que a questão tem sido intensamente trabalhada pela EPCglobal, uma vez que a proposta de se ter acesso global à informação do produto pode ser realizada apenas através de uma infra-estrutura padronizada.

5.2.1. Arquitetura de Padrões EPCglobal

A arquitetura dos padrões da EPCglobal pode ser visualizada conforme demonstrado na figura abaixo :

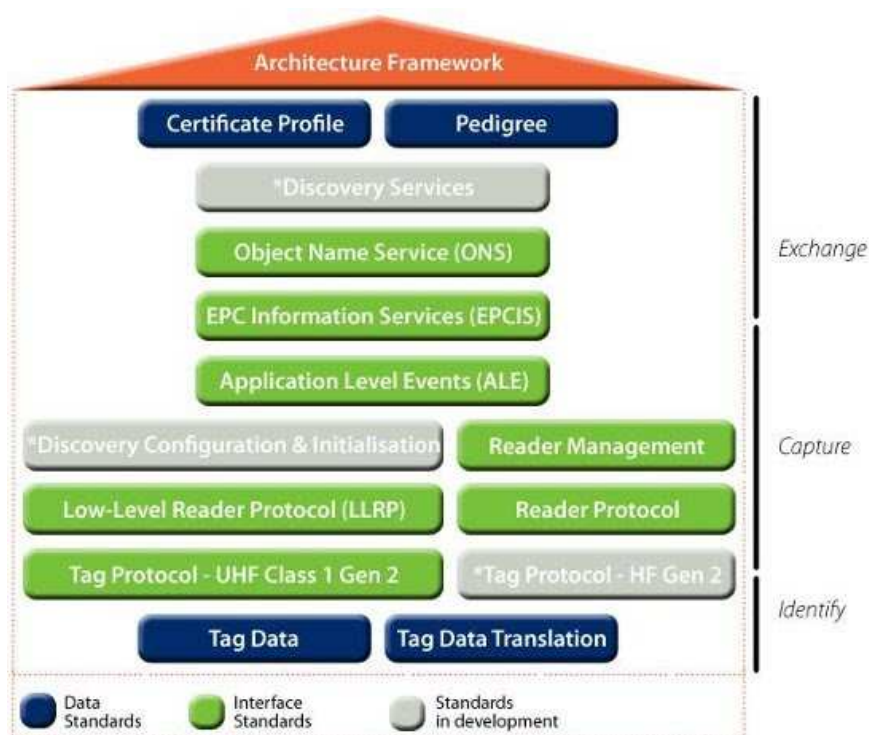


Figura 2 – arquitetura de padrões EPCglobal

5.2.2. Padrão dos Serviços de Informação do EPC (EPCIS)

É uma especificação normativa da EPCglobal que define a versão 1.0 dos serviços de informação do EPC (EPCIS). A meta do EPCIS é possibilitar que aplicações distintas alavanquem os dados do Código Eletrônico de Produto (EPC) por meio de compartilhamento de dados relacionados, tanto dentro das empresas quanto entre as empresas. Por fim, esse compartilhamento tem a finalidade de possibilitar que os participantes da rede EPCglobal obtenham uma visão compartilhada da disposição dos objetos que contêm código eletrônico de produto em um contexto relevante de negócios.

5.2.3. Padrão do Low Level Reader Protocol (LLRP)

Especifica uma interface entre leitores RFID e clientes. O protocolo da interface é denominado de baixo nível porque fornece controle do tempo de operação do protocolo aéreo RFID e acesso aos parâmetros de comando do protocolo aéreo. O projeto dessa interface reconhece que, em alguns sistemas RFID, exige-se conhecimento explícito dos protocolos aéreos RFID e da habilidade de controlar os leitores que implementam as comunicações do protocolo aéreo RFID. Ele também reconhece que o controle de acoplamento às camadas físicas de uma infra-estrutura de RFID pode ser útil com o intuito de diminuir a interferência de rádio frequência.

5.2.4. Padrão para Pedigree de Medicamentos

Especifica uma arquitetura para manutenção e troca de documentos eletrônicos para uso dos participantes da cadeia de suprimentos farmacêutica.

Esta arquitetura é dirigida ao uso em conformidade a leis de pedigree, baseadas em registro documental.

5.2.5. Padrão de Dados da Etiqueta EPC

Define dados padronizados para as etiquetas, incluindo como eles devem ser inseridos na etiqueta e como eles devem ser codificados para utilização nas camadas dos sistemas de informações da rede de código de produto eletrônico.

5.2.6. Padrão para Tradução de Dados da Etiqueta EPC (TDT)

Esta especificação para Tradução de Dados da Etiqueta EPC (TDT – *Tag Data Translation*) está relacionada à versão *machine-readable* (legível por máquinas, computadores) da especificação de padrão de dados da etiqueta.

A versão *machine-readable* pode ser prontamente utilizada para validação das estruturas de código de produto eletrônico, assim como para tradução de maneira consistente nos diferentes níveis de representação. Esta especificação descreve como interpretar a versão *machine-readable*.

Ela contém detalhes da estrutura e elementos dos arquivos *machine-readable*, provendo direcionamento em como eles devem ser utilizados em traduções automáticas ou softwares de validação, estando estes conectados a outros sistemas ou não.

5.2.7. Padrão do Protocolo de Comunicação Classe 1 Geração 2 UHF (Gen 2)

Os leitores Gen 2 são apresentados em dois tipos principais: EPC Gen 2 *Certified* (com certificado) e Gen 2 simples. Os dois tipos são capazes de ler e escrever em etiquetas Gen 2. Em alguns casos, os leitores também podem ler e escrever nas etiquetas Classe 0 e Classe 1 (ISO 18000).

A principal diferença entre os leitores EPC Gen 2 *Certified* e os Gen2 simples é que o leitor e os códigos de controle da antena no Gen 2 podem não ser substituíveis por modelos de outros fabricantes, podendo ser insubstituíveis também por modelos diferentes da mesma fábrica. Isso é uma implicação direta do fato de ter sido ou não certificado. Outra

diferença é que eles geralmente não possuem a mesma taxa de leitura que os EPC Gen 2 certificados, tendo potência menor. Em tese, leitores EPC Gen 2 certificados possuem também melhor sensibilidade de leitura e de escrita, mesmo em diferentes direções da etiqueta. Devem implementar também o protocolo de comunicação *low level reader command set* (LLRP).

Os leitores EPC Gen 2 Certificados devem ainda possuir *firmwares* (software embutido como sistema operacional) atualizáveis para assegurar o cumprimento total das especificações da EPCglobal – mesmo aquelas ainda não finalizadas.

Eles possuem 3 modos de leitura. O padrão Gen 2 utiliza cada um deles em situações diferentes, dependendo do meio em que está o leitor. Os modos são: único, múltiplo e denso.

- Modo único (*single mode*): utilizado quando se tem somente um leitor trabalhando na área, não havendo quaisquer interferências de outros leitores.
- Modo múltiplo (*multiple mode*): utilizado quando existe um número pequeno de leitores em relação às frequências. Dessa forma, cada leitor pode utilizar uma determinada faixa de frequência. Caso exista interferência, esta será pequena.
- Modo denso (*dense reader mode*): utilizado em situações com grande cobertura de múltiplos leitores. Nesse caso, estes "escutam" o ambiente antes de transmitir seu sinal, de forma a não emitirem na mesma frequência que outro leitor esteja utilizando.

Os leitores EPC Gen 2 Certified apresentam também duas formas de leitura: a rápida, com capacidade para ler cerca de 1600 etiquetas por segundo; e a lenta, capaz de ler 600 etiquetas na mesma fração de tempo.

5.2.8. Padrão do Protocolo de Leitura

Protocolo de leitura é uma interface padrão que especifica as interações entre dispositivos de leitura/escrita de etiquetas e aplicativos.

5.2.9. Padrão *Application Level Events*

Este padrão, ratificado pelo Conselho de Governança da EPCglobal, especifica a interface através da qual clientes podem obter dados filtrados e consolidados de diferentes fontes

5.2.10. Padrão para Serviço de Nomes de Objetos

Este documento especifica como o Sistema de Nomes de Domínios na Internet (Domain Name System) é usado para localizar metadados e serviços oficiais associados com a parte referente ao SGTIN (*Serialized Global Trade Identification Number*) de um determinado código eletrônico de produto.

Seu público-alvo é formado por desenvolvedores que implementarão aplicativos para buscas baseadas no Serviço de Nomes de Objetos.

6. PROTOCOLO LLRP

Low Level Reader Protocol (LLRP) - produzido pelo EPCglobal Reader Operations Working Group - é interligado aos protocolos aéreos. É um padrão que descreve um protocolo de comunicação entre cliente e leitor. A denominação "Low Level" refere-se ao fato de este protocolo fornecer controle dos parâmetros de protocolos aéreos, assim como controle de outros aspectos de hardware do leitor. LLRP comunica-se via mensagens que são codificadas em formato binário e enviadas via TCP. Usando estas mensagens, o cliente pode controlar várias estruturas de dados dinâmicas e configurar o leitor. A especificação LLRP é estruturada para permitir a incorporação futura de outros protocolos da interface aérea. (THE EPCGLOBAL, 2011).

LLRP fornece funcionalidades relacionadas às operações do leitor que estão em conformidade com a arquitetura de padrões da EPCglobal. É a primeira especificação de interface que provê suporte abrangente para todas as características de controle e dados do protocolo EPCglobal Class 1 Generation 2 UHF.

Conforme mostrado na figura abaixo, a partir da perspectiva do LLRP, um leitor contém uma coleção de uma ou mais antenas. Além disso, leitores usados na presente especificação podem não fazer uma correspondência de um-para-um em relação aos dispositivos de hardware.

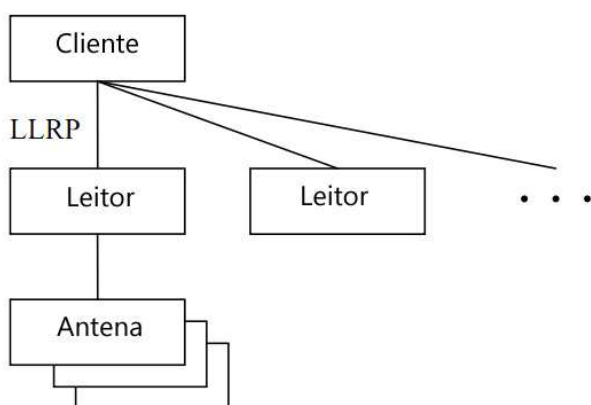


Figura 3 – perspectiva do LLRP

6.1. Linha do tempo do Protocolo LLRP

A operação do LLRP consiste nas seguintes fases de execução:

- Capacidade de descoberta (inventário);

- Configuração do dispositivo;
- Inventário e configuração de operações de acesso;
- Ciclos de inventário executados;

Se as etiquetas combinarem, operações de acesso serão executadas durante a execução do ciclo de inventário. Operações de acesso incluem a leitura, escrita e bloqueio de memória, finalizar etiquetas, etc.

Um cronograma típico do protocolo LLRP e interações de protocolo aéreo entre um cliente, um leitor e uma população de etiquetas é apresentado na figura abaixo:

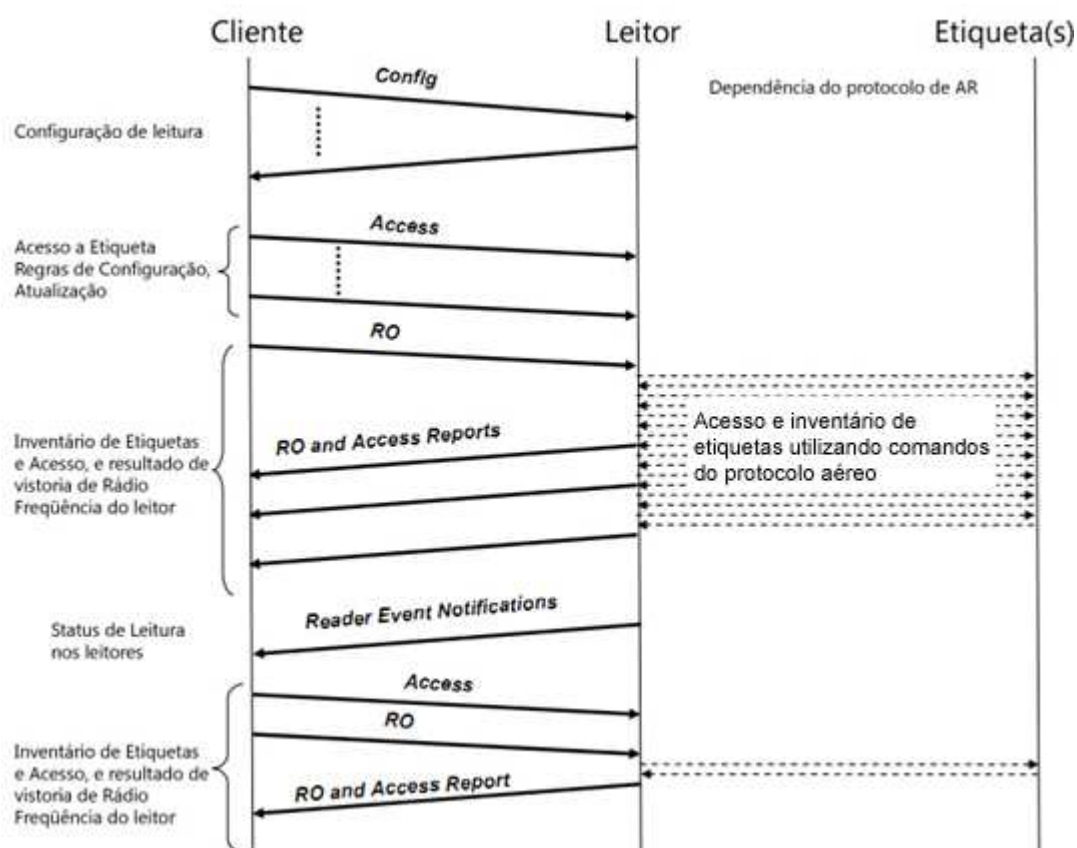


Figura 4 - linha do tempo do LLRP

6.2. OPERAÇÃO DO PROTOCOLO LLRP

Conforme norma publicada pela EPCGlobal, o LLRP usa unidades de dados de protocolo para a comunicação entre o Cliente e o Leitor. Utilizando o LLRP, as configurações do leitor são atualizadas ou

requisitadas. Ou seja, ele controla a operação do leitor. Esta seção fornece uma visão geral do modelo abstrato da interface LLRP, e as estruturas de dados usadas em LLRP e para o Leitor.

6.2.1. Inventário, Vistoria de Rádio Freqüência e Operações de Acesso

O LLRP é baseado em uma abstração de protocolos aéreos de RFID e seus respectivos comandos. Há dois conceitos principais para a abstração LLRP de operações de rádio freqüência executadas por um leitor: Operações de Leitura e Operações de Acesso. Operações de Leitura (RO) definem os parâmetros para operações como inventário de antenas e vistoria de rádio freqüência. Operações de Acesso definem os parâmetros para a realização de operações de acesso a dados para uma etiqueta e de uma etiqueta. O controle de tempo de uma operação é especificado utilizando os parâmetros de limites, que especificam o início (usando o gatilho de inicialização) e o fim (usando gatilho de finalização) da operação.

Um inventário de antena (AI) é a menor unidade de interação entre um leitor e etiquetas na antena do campo de visão. A unidade de dados *InventoryParameterSpec* define os parâmetros a serem utilizados durante a operação de inventário, incluindo protocolo, parâmetros específicos e parâmetros de RF.

Durante um inventário de antena, as etiquetas no campo de visão das antenas são singularizadas usando comandos de protocolo aéreo com base no conteúdo do *InventoryParameterSpec*. O parâmetro *AI Spec* ativa um gatilho de finalização a um conjunto de antenas e a um conjunto de *InventoryParameterSpecs*, e é identificado por um índice chamado de *SpecIndex*.

O gatilho de finalização define a condição de término da operação *AI Spec* composto de $N * M$ operações de inventário de antena, onde N e M são a cardinalidade do conjunto de antena e *InventoryParameterSpecs*, respectivamente.

Por exemplo, se há uma única antena e um único *InventoryParameterSpec* definida em uma *AI Spec*, a operação de

inventário de antena especificada pela tupla *<antenna inventoryParameterSpec>* é limitada pela especificação do gatilho de parada. Note-se que a especificação de cada gatilho de parada em cada inventário de antena individual não é especificado, o que significa que o leitor não se limita a executar os inventários na ordem em que aparecem em uma *AI Spec*. O controle de tempo e do seqüenciamento dos inventários individuais dentro de um *AI Spec* será determinado pelo leitor.

A pesquisa de rádio freqüência é uma operação durante a qual o leitor realiza uma varredura e medidas de níveis de energia em um conjunto de freqüências em uma antena. Os parâmetros operacionais de pesquisa de rádio freqüência estão descritos em um parâmetro *RFSurveySpec* e define a operação de levantamento em uma única antena. É composto por um identificador para a especificação, um identificador de antena, gatilho de parada e um conjunto de parâmetros para a operação de levantamento.

A operação de leitura descreve as operações que serão executadas em uma ou mais antenas do leitor. A operação de leitura compreende pelo menos um *Spec*, onde um *Spec* ou é um *AI Spec* ou um *RFSurveySpec*.

Se uma operação de leitura compreende *Specs* múltiplos, cada *Spec* é um *AI Spec* ou um *RFSurveySpec*. Parâmetros operacionais de cada operação de leitura são descritas em um *ROSpec*. O *ROSpec* contém um identificador de especificações, a especificação limite para toda a operação de leitura, a prioridade, uma lista de *AI Specs* e / ou *RFSurveySpecs* e, opcionalmente, uma especificação de relatórios. A especificação de relatórios define o conteúdo do relatório de leitura e as condições de disparo quando enviar o relatório de inventário e relatório de vistoria. A ordem de *AI Spec* *RFSurveySpec* e execução dentro de um *ROSpec* é a ordem em que aparecem no *ROSpec*.

A figura 5 ilustra o diagrama de estados de um *ROSpec*. O *ROSpec* tem três estados: com mobilidade condicionada, inativos e ativos. O cliente configura um *ROSpec* novo usando a mensagem: `ADD_ROSPEC` *ROSpec*.

O *ROSpec* começa no estado desativado aguardando a mensagem *ENABLE_ROSPEC* para o *ROSpec* do cliente. O *ROSpec* não responde para iniciar ou parar gatilhos enquanto estiver no estado desativado.

O cliente pode desabilitar o *ROSpec* usando a mensagem *DISABLE_ROSPEC*. A transição *ROSpec* do estado inativo para o estado ativo ocorre quando *ROSpecStartCondition* acontece para o *ROSpec*. As transições *ROSpec* voltam para o estado inativo quando *ROSpecDoneCondition* acontece.

Enquanto o *ROSpec* está no estado indefinido, não é considerado para a execução. O cliente altera o status do *ROSpec* para indefinido utilizando a mensagem *DELETE_ROSPEC*.

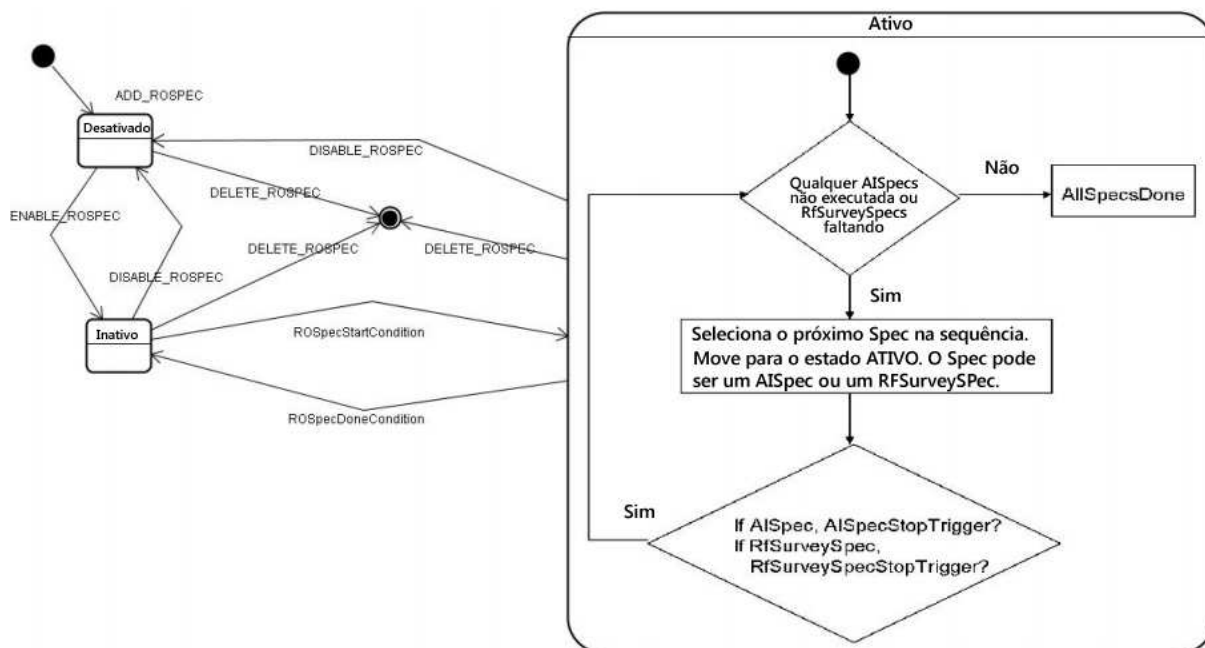


Figura 5 – ROSpec

O protocolo LLRP suporta a configuração de múltiplos *ROSpecs*. Cada *ROSpec* possui um campo de prioridade. O padrão para todos os *ROSpecs* é o mesmo nível de prioridade. Quando o gatilho de inicialização para o *ROSpec* pode ser um evento assíncrono, podem existir situações onde o gatilho de inicialização é disparado quando um leitor está ocupado executando outro *ROSpec*. O cliente, quando cria um *ROSpec*, pode definir a prioridade adequada, de modo que um *ROSpec* alta prioridade pode antecipar uma prioridade mais alta e

iniciar a execução logo que o *ROSpecStartCondition* alterar para a maior prioridade, ocorre o estado de *ROSpec* inativo.

A figura 6 ilustra o diagrama de estados *AI**Spec*. Quando o *ROSpec* principal muda para o estado ativo, cada *AI**Spec* no *ROSpec* inicializa o estado inativo. Durante uma execução de *ROSpec* ativo, quando um *AI**Spec* inativo é selecionado para execução, o *AI**Spec* altera-se para o estado ativo. Se existirem múltiplas antenas e o *inventoryParameterSpecs* estiver no *AI**Spec*, o leitor escolhe o próximo <antena, *InventoryParameterSpec*> para executar. Na figura, o ID da antena selecionada é “A”, e o protocolo para o *InventoryParameterSpec* é “P”. O leitor inicia a simulação de etiqueta para o protocolo aéreo P na antena A utilizando os parâmetros operacionais especificados no *inventoryParameterSpec*.

Isto envolve um ou mais comandos do protocolo do leitor a partir da antena da etiqueta até o campo de visão da antena.

A etiqueta gera uma identificação EPC e esta é recebida pela antena.

Se as operações de memória adicionais da etiqueta deverão ser executadas, como escrever ou ler outras regiões de memória, isso será feito neste momento. Conforme ilustrado na figura 7, estas operações de acesso são intercaladas com a execução de um *AI**Spec*. Operações de acesso são descritas usando *AccessSpecs*. *AccessSpecs* descrevem as etiquetas (*TagSpec*) onde algumas operações devem ser executadas (*OpSpec*), descreve operações secundárias e opcionalmente uma especificação de relatório na operação de acesso. O *AccessSpec* pode conter informações da antena onde esta operação de acesso precisa ser executada e contém o protocolo aéreo para ser usado para executar as operações de acesso. Além disso, para ajustar cenários onde operações de acesso precisam ser executadas apenas durante uma execução *ROSpec* particular, o *AccessSpec* contém opcionalmente a informação do parâmetro *ROSpec*. Pode existir um ou mais *AccessSpecs* criados no Leitor.

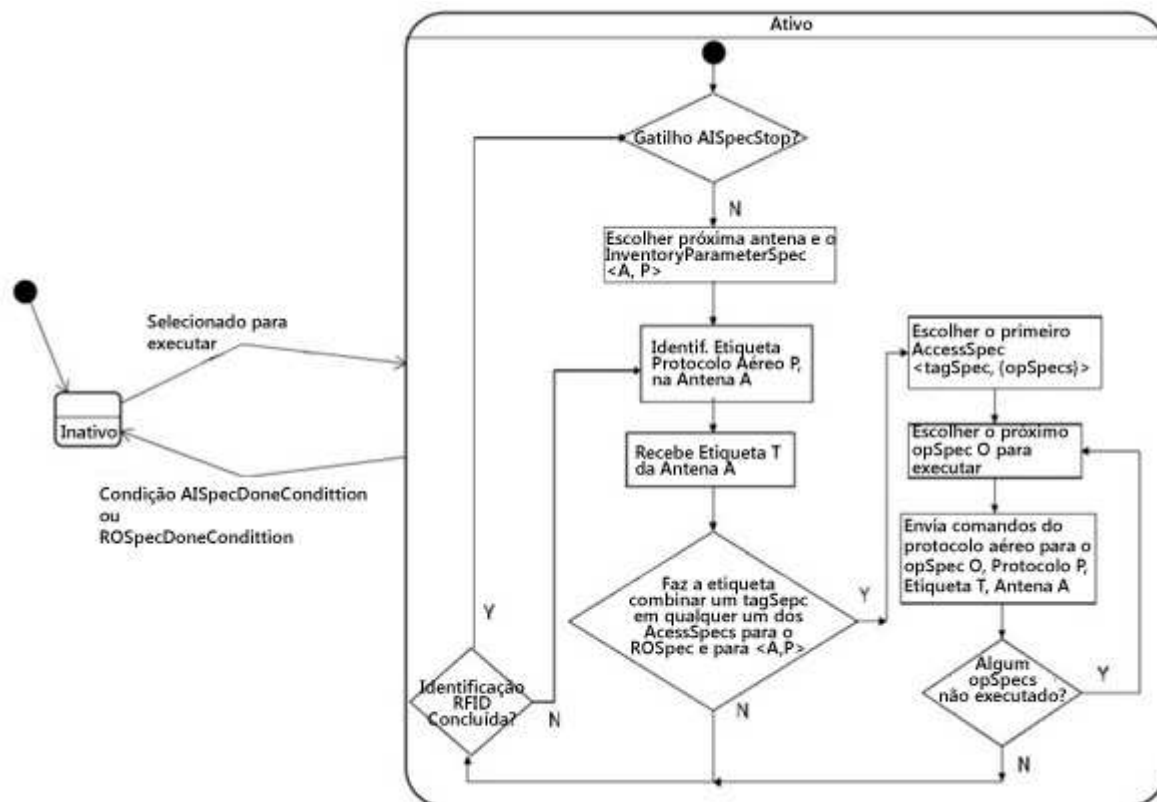


Figura 6: Estados Spec do inventário de antena

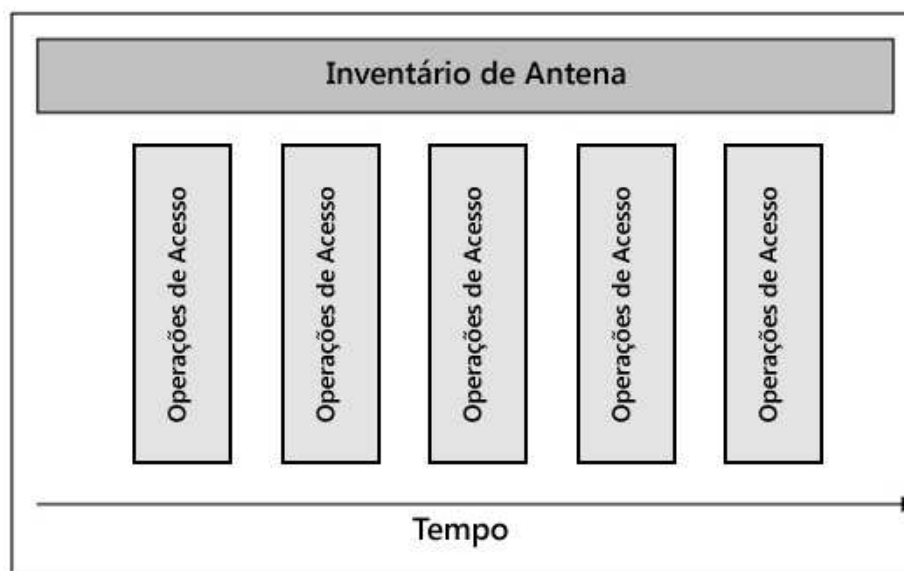


Figura 7: Operações de acesso intercaladas e operação de inventário de antena

Conforme diagrama da Figura 6, quando as etiquetas recebem o resultado da identificação RFID, uma checagem é feita para determinar se os dados recebidos pela etiqueta coincidem com o *TagSpec* definida no *AccessSpecs* (ver figura 8). No caso de existirem vários

AccessSpecs que ficam combinados durante uma pesquisa *tagSpec*. O leitor irá executar o primeiro *AccessSpec* que corresponda, onde a ordem dos *AccessSpecs* é a ordem em que os *AccessSpecs* foram criados pelo cliente. Quando um *AccessSpec* é executado, o conjunto de operações conforme especificado no *OpSpecs* do *AccessSpec* são executados na etiqueta, o que resulta em um ou mais comandos de protocolo aéreo e respostas transacionando entre o leitor e a etiqueta via antena mais o protocolo. A fim de apoiar os casos em que o leitor precisa consultar o cliente para obter mais informações para concluir a operação na etiqueta, há um *OpSpec* chamado *ClientRequestOpSpec*.

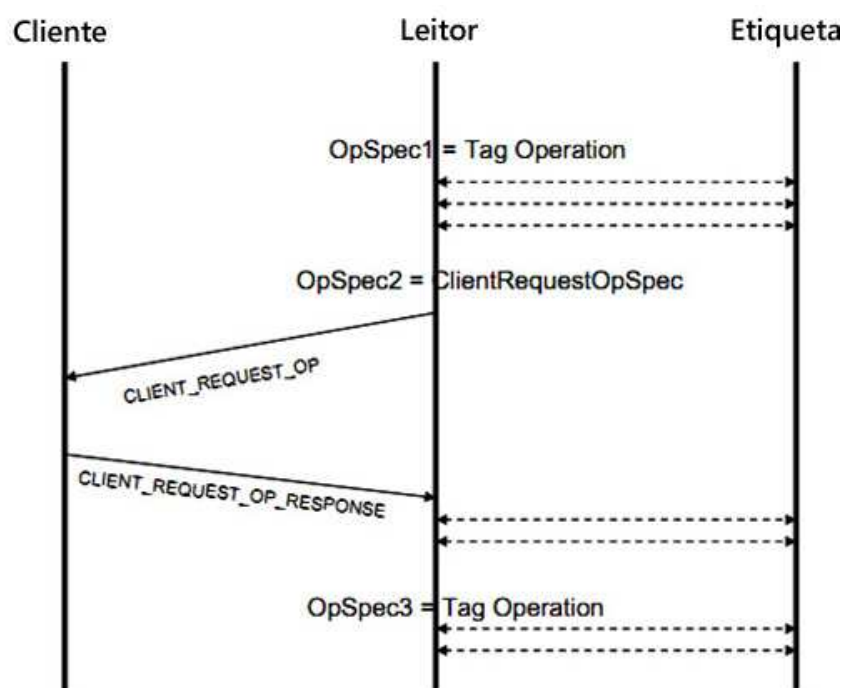


Figura 8: *ClientRequestOpSpec*.

A figura 8 ilustra a mensagem de interação entre o cliente, o leitor e a etiqueta pra um comando *ClientRequestOpSpec*. Para *OpSpecs* que não são *ClientRequestOpSpec*, o leitor executa as operações na etiqueta usando comandos do protocolo aéreo. Se um *OpSpec* é do *ClientRequestOpSpec*, o leitor envia o resultado da *AccessSpec* em curso até que ponto em uma mensagem *CLIENT_REQUEST_OP*, para que o cliente tenha todas as informações relevantes para enviar uma resposta. A resposta do cliente é feita em uma mensagem *CLIENT_REQUEST_OP_RESPONSE*. Esta

mensagem é o conjunto de *OpSpecs* que o leitor deve executar. O leitor continua a executar o *OpSpecs* dentro de uma *AccessSpec* até que todos os *OpSpecs* sejam executados ou até que ocorra um erro. Quando a execução for concluída, o leitor retoma a operação de inventário. As transições *AI* voltam para o estado inativo quando *AI* ocorre ou quando a *ROSpecDoneCondition* ocorre ou quando a *ROSpec* principal ocorre.

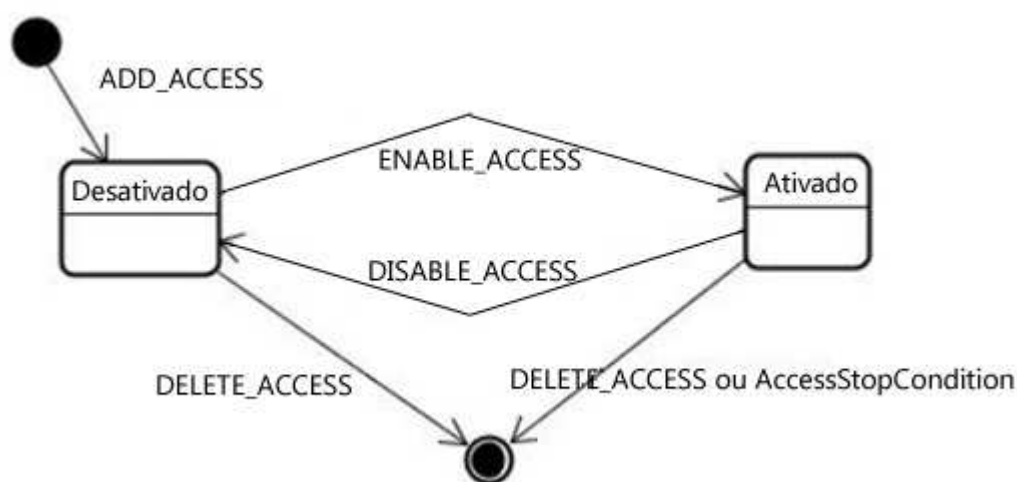


Figura 9 – estados *AccessSpec's*

A figura 9 ilustra os estados *AccessSpec's*. O cliente configura o *AccessSpec* utilizando a mensagem *ADD_ACCESS_SPEC*. O *AccessSpec* inicia o estado de desativação, aguardando pela mensagem *ENABLE_ACCESS_SPEC* do cliente para aquele *AccessSpec*, onde entra no estado ativo. É somente no estado ativo que o *AccessSpec* é considerado para a execução. O cliente pode desativar um *AccessSpec* utilizando a mensagem *DISABLE_ACCESS_SPEC*. O *AccessSpec* quando está indefinido, não é considerado para a execução. Para que o leitor tome uma ação local para limitar a validade de um *AccessSpec*, o cliente pode configurar um gatilho para o *AccessSpec* parar. Um exemplo de uso de gatilho de parada é quando um *AccessSpec* é definido em todas as antenas, e o comportamento desejado é operar sobre a marca apenas uma vez, a primeira vez que é visto em qualquer antena. Quando o

AccessStopCondition ocorre, as transições para *AccessSpec* não são mais consideradas.

AccessStopCondition = *AccessSpecStopTrigger*

A figura 9 ilustra as definições do parâmetro *RFSurveySpec*. Quando o *ROSpec* principal altera para o estado ativo, cada *RFSurveySpec* no *ROSpec* inicia um estado inativo.

Durante uma execução *ROSpec* ativo, quando um *RFSurveySpec* inativo é selecionado para execução, o *RFSurveySpec* altera-se para o estado ativo. No estado ativo, o leitor executa as operações de vistoria especificadas no *RFSurveySpec*. As transições do *RFSurveySpec* voltam para o estado inativo quando o *RFSurveySpecDoneCondition* ocorre ou quando os *ROSpec's* *ROSpecDoneCondition* principais ocorrem.

RFSurveyStopCondition = *RFSurveySpecStopTrigger*

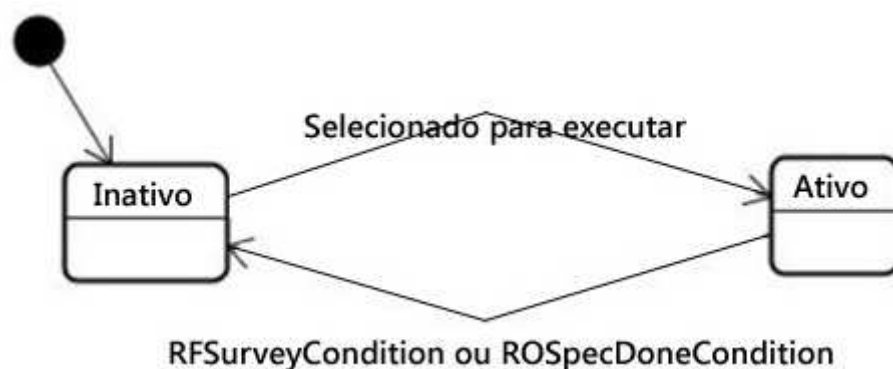


Figura 10: Estados *RFSurveySpec*

Em resumo, a operação de leitura e acesso possui as seguintes estruturas de dados específicas passando entre o cliente e o leitor:

ROSpec: Detalhes da operação de leitura.	
ROSpecID	É um identificador gerado pelo cliente. Este identificador é utilizado pelo cliente para executar operações no ROSpec, como iniciar, parar, ativar, desativar e apagar. Relatórios que são gerados como um resultado da execução deste ROSpec também utilizam este identificador.
ROBoundarySpec	ROSpecStartTrigger, ROSpecStopTrigger: Esses são os gatilhos de ativação e paralização para o ROSpec.
Priority	É a prioridade do ROSpec.
CurrentState	É o estado atual do ROSpec. Pode ser desativado, inativo ou atido. Este campo é mantido atualizado pelo Leitor baseado no estado corrente do ROSpec.
Set of Specs	Cada Spec é um AISpec ou um RFSurveySpec. Os Specs são executados na ordem que está definida no ROSpec. A posição do Spec (AISpec ou RFSurveySpec) no ROSpec é chamado de SpecIndex. A numeração do SpecIndex é incremental de 1 em 1.
ROReportingSpec	Se especificado, define quando enviar o resultado do ROSpec e o conteúdo e formato dos dados.

Tabela 2 – Dados da operação de leitura

AISpec: Detalhes de uma ou mais antenas dentro das operações de inventário.	
AISpecStopTrigger	Este é o gatilho de parada do AISpec.
Conjunto de Ids de antenas	Este é o conjunto das antenas descritas no InventoryParameterSpecs onde as operações serão executadas. Se existirem N antenas e M InventoryParameterSpecs, o Leitor irá executar M operações de inventário em cada uma das antenas. Assim, no total, o Leitor irá executar $N * M$ AIs (operações de inventário de antena). A ordem dos Ais é determinada pelo Leitor.
Conjunto de InventoryParameterSpecs	Podem ser um ou mais InventoryParameterSpecs especificados como parte do AISpec. Coletivamente, eles são forçados pelo gatilho AISpecStop. A ordem como cada operação de inventário de antena descrita como <Antenna, InventoryParameterSpec> é executada baseada na prioridade definida dentro do Leitor.

Tabela 3 – Dados das operações de inventário

InventoryParameterSpec: Parâmetros operacionais para inventário utilizando protocolo aéreo.	
InventoryParameterSpecID	Este identificador é gerado pelo cliente. Relatórios que são gerados como um resultado da execução deste InventoryParameterSpec carregam este identificador.
Air Protocol	Este é o protocolo aéreo que é utilizado para o inventário das etiquetas no campo de visão da antena.
Conjunto de definições de configuração de antena	Cada definição de configuração de antena é composta pelo ID da Antena.
	Antenna ID:O identificador da antena.
	RFTransmitterSettings: Este descreve a configuração do transmissor durante a operação de inventário.
	RFReceiverSettings: Este descreve a configuração do receptor durante a operação de inventário.
	AirProtocolInventoryCommandSettings : Este descreve a configuração dos parâmetros do protocolo aéreo para a operação de inventário.

Tabela 4 – Parâmetros operacionais

RFSurveySpec: Detalhes da operação de inventário de Rádio Frequência	
RFSurveySpecID	Este identificador é gerado pelo Cliente. Relatórios que são gerados como um resultado da operação de levantamento carregam este identificador.
RFSurveySpecStopTrigger	Este é o gatilho de parada do RFSurveySpec.
AntennaID	Esta é a antena em que a operação de levantamento deve ser executada.
StartFrequency	Este é o canal de partida dos níveis de energia que precisam ser medidos durante esta operação de levantamento de rádio frequência.
EndFrequency	Este é o canal final para dos níveis de energia que precisam ser medidos durante a operação de levantamento de Rádio Frequencia. A operação de levantamento RF é realizada em canais de frequência entre a frequência de partida especificado e frequência final.

Tabela 5 – Dados da operação de rádio frequência

AccessSpec: Detalhes da operação de acesso.	
AccessSpecID	Este identificador é gerado pelo cliente no momento da criação desteAccessSpec. Este identificador é usado pelo Cliente para realizar operações neste AccessSpe, como inicializar, parar e apagar. Relatórios que são gerados como um resultado da execução deste AccessSpec também carregam este identificador.
AntennaID	Este é o identificador da antena para cujas observações AccessSpec desta etiqueta são executadas.
Air Protocol	Este é o protocolo aéreo usado para executar operações de acesso a etiqueta.
ROSpecID	Este é o identificador do ROSpec enquanto as observações desta AccessSpec são executadas.
CurrentState	Este é o atual estado doAccessSpec – desativado, ativado. Este campo se mantém atualizado pelo Leitor baseado no estado do AccessApec.
AccessSpecStopTrigger	Se especificado, este gatilho usado para indefinir o AccessSpec após a ocorrência do gatilho de parada.
AccessCommand	<p>Este parâmetro é utilizado para configurar outros parâmetros do protocolo aéreo para as operações de acesso. No mínimo, este especifica os filtros da operação de acesso na etiqueta nos quais estão sendo realizados, e a lista de operações a serem realizadas na etiqueta.</p> <p>TagSpec: Descreve os filtros da etiqueta é especificado no layout de memória da etiqueta.</p> <p>List of OpSpecs: Isto é especificado nos termos de operação de acesso nas etiquetas utilizando protocolo aéreo. A ordem das execuções são determinadas pela ordem configurada no AccessSpec.</p>
AccessReportSpec	Se especificado, define quando deve enviar os resultados deste AccessSpec e também o conteúdo e o formato do relatório.

Tabela 6 – Dados da operação de acesso

7. CONCEITO DE ANTENAS E SUA INFLUÊNCIA EM SISTEMAS DE RFID

De forma geral, uma antena é uma estrutura de transição entre uma onda guiada por um circuito e uma onda no espaço, ou vice-versa, de acordo com ALENCAR (2010). Esse conceito genérico permite imaginar diversos tipos de antenas, como por exemplo, um alto-falante que emite ondas mecânicas (acústicas) ou um microfone que recebe o mesmo tipo de onda. Entretanto, neste capítulo serão tratadas antenas que transmitem e/ou recebem ondas eletromagnéticas e, de forma mais restrita, daquelas que se enquadram nas faixas de frequência para a operação de sistemas de rádio, ou seja, de rádio frequência.

Uma antena RFID transmite uma onda que possui características tanto magnéticas quanto elétricas, e é por isso chamada de onda eletromagnética. Utilizar a mesma antena em circunstâncias diferentes não garante as melhores taxas de leitura, além de nem sempre oferecer o necessário para determinada área. Por isso, é importante conhecer os diferentes tipos de antena RFID e as suas características.

O sistema RFID utiliza o decibel (dB) para descrever o ganho da antena, perda de potência dos cabos e todas as outras especificações. O decibel (dB) é uma medida da razão entre duas quantidades, sendo usado para uma grande variedade de medições em acústica, física e eletrônica. É ainda uma unidade de medida adimensional, semelhante à porcentagem. A definição do dB é obtida com o uso do logaritmo.

A unidade dB permite o cálculo em matemática simples de grandes variações em intensidades de sinal / níveis. Isto é muito útil porque, dessa forma, pode-se facilmente calcular ganhos e perdas no sistema RFID.

Os três tipos diferentes de antenas RFID são: antena de polarização linear, antena de polarização circular e a antena de polarização circular monoestática.

7.1. ANTENA DE POLARIZAÇÃO LINEAR (ANTENA DIPOLO)

Nela, a onda eletromagnética se propaga inteiramente em um único plano (vertical ou horizontal), na direção do sinal de propagação. Quando a orientação da etiqueta é conhecida e fixa, este é o melhor tipo de propagação de onda. Neste caso, a antena e a etiqueta RFID devem estar em polarizações correspondentes, a fim de obter assim uma melhor leitura.

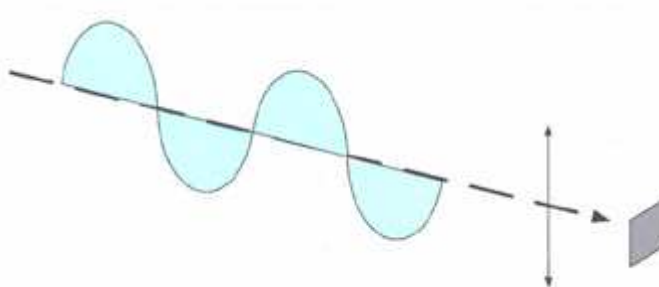


Figura 11: exemplo de onda propagada pela antena dipolo

7.2. ANTENA DE POLARIZAÇÃO CIRCULAR

A onda eletromagnética se propaga em dois planos, criando um efeito circular, semelhante a um saca-rolhas. Dessa forma, o comprimento de onda faz um giro completo. Desde que a antena RFID continue a emissão, o campo de rotação eventualmente cobrirá qualquer etiqueta em seu caminho. Esse é o melhor tipo de antena a ser utilizado quando a orientação da etiqueta é desconhecida. No entanto, nesse caso são perdidos no mínimo 3 decibéis, quando comparado à antena de polarização linear.

7.3. ANTENA DE POLARIZAÇÃO CIRCULAR MONOESTÁTICA OU CIRCULAR BIESTÁTICA

A monoestática é o tipo mais comum de antena RFID. Possui uma porta comum para transmitir e receber sinais. Na biestática são utilizadas duas antenas RFID no mesmo espaço físico, com uma porta para transmitir sinais e outra para receber.

Leitores RFID monoestáticos podem ter 1, 2 ou 4 portas de leitura. Algumas vezes há também uma quinta porta, chamada de LBT (Listen Before Talk). Nesse tipo de leitor, primeiro ocorre a transmissão de sinais, que depois são recebidos pela mesma porta.

Os leitores RFID biestáticos costumam apresentar 8 portas – 4 de transmissão e 4 para receber sinais. Sendo assim, cada porta está sempre ativa, transmitindo ou recebendo informações.

As antenas RFID são ajustadas para ressonar apenas uma estreita faixa de frequências, que são centradas naquela designada pelo sistema RFID.

Quando uma leitora é ligada a uma antena RFID, é utilizado um cabo coaxial. Dependendo da qualidade e do comprimento do cabo, é perdida uma certa quantidade de energia entre a leitora e a antena. Esse fato é conhecido como *line*

loss (perda da linha). Cabos de alta qualidade reduzem a *line loss* e garantem o seu funcionamento por mais tempo, enquanto fornece a potência máxima da antena para o leitor. A antena geralmente fornece ganho para compensar a *line loss* entre a leitora e o cabo.

A antena RFID propaga a onda tanto na direção vertical quanto na horizontal. O campo de onda e a força do seu sinal são controlados pelo número de graus expandidos assim que esta deixa a antena. Enquanto um número alto de graus indica um padrão de maior cobertura da onda, ele significa também uma menor intensidade do sinal.

Azimuth (AZ) é o plano horizontal de radiação da onda emitida. Esse plano utiliza graus para descrever a quantidade de emissão horizontal, desde o centro da antena até uma variação máxima de 3 decibéis.

Elevation (EL) é o plano vertical de radiação da antena e também utiliza graus para descrever a quantidade de emissão vertical, desde o centro da antena até uma máxima variação de 3 decibéis.

Tanto as antenas lineares quanto as circulares podem ter diferentes graus de AZ e EL, proporcionando diferentes padrões de leitura, de acordo com cada necessidade.

Quanto maior o número de graus, maior a zona de leitura da onda e menor a sua força de sinal.

O ganho da antena RFID e o seu plano de radiação são mutuamente dependentes. Quanto maior o ganho, mais restrito torna-se o plano. Onde o AZ e o EL não são idênticos em graus, tal plano passa a ser controlado pela parte mais alta. A cobertura de força entre os planos AZ e EL é chamada de *Axial Ratio Level* e é expressa em decibéis. Ela indica o valor da degradação entre o ganho máximo (geralmente no centro) e o plano AZ ou EL. Uma vez conhecida a zona de leitura que se deseja criar, pode-se calcular os graus básicos de AZ e EL que formariam uma área de leitura de acordo com os requisitos da etiqueta em questão. Radiações padrões Azimuth e Elevation lineares de alta qualidade podem ser ilustradas através das seguintes figuras:

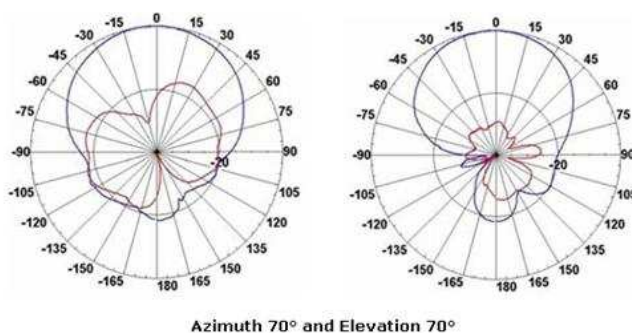


Figura 12: Azimuth e elevação

Radiações padrões Azimuth e Elevation circulares de alta qualidade podem ser ilustradas da seguinte forma:

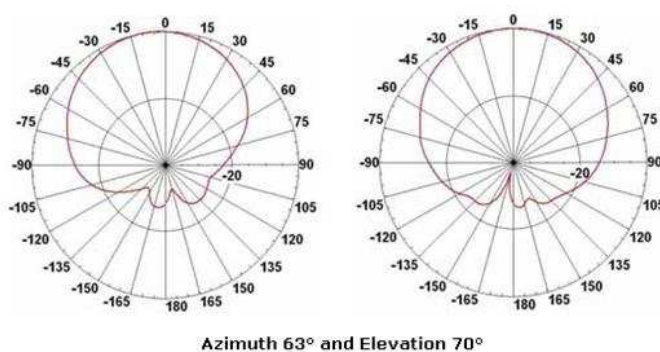


Figura 13: Azimuth e elevação

7.4. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS E AMBIENTAIS

Além de suas funções elétricas, do ponto de vista mecânico, uma antena é um arranjo de peças metálicas, que pode estar sujeito aos diferentes esforços provenientes da fixação e do ambiente de instalação. Por exemplo, é comum encontrarem-se parâmetros referentes à resistência mecânica à queda e vibração nas especificações de uma antena.

Em geral, são as especificações de um sistema e, de suas aplicações, que influenciam diretamente o projeto mecânico de uma antena, resultando em diferentes dimensões, peso e escolha dos materiais. Enquanto, por exemplo, uma antena parabólica, com aplicação em ambientes externos, deve ser especificada para suportar adequadas cargas de vento, uma característica importante a ser considerada em antenas para etiquetas de um sistema RFID, é a flexibilidade mecânica.

Metais, como o cobre e o alumínio e dielétricos, como o teflon, o nylon e o poliestireno, são exemplos de materiais utilizados com frequência no projeto mecânico de uma antena, e a preferência de uso de um ou outro considera propriedades físicas como a dureza, densidade, etc.

Fatores ambientais, como temperatura, umidade, precipitações atmosféricas, salinidade, partículas em suspensão no ar, também devem ser considerados no projeto mecânico e podem fazer parte das especificações de uma antena, dependendo de sua aplicação.

8. CONCEITUAÇÃO DE ETIQUETAS RFID

A etiqueta (tag) de RFID, também conhecida como transponder, é fixada no objeto a ser rastreado. É composta por um microchip de silício combinado com uma antena, que são encapsulados em diferentes formatos tais como etiquetas, lacres, fichas, entre outros. As etiquetas de RFID podem ser pequenas como um grão de arroz ou grandes como um livro, sendo classificadas genericamente em três categorias: etiquetas “passivas”, “ativas” e “semi ativas”.

Existem etiquetas com os mais variados formatos de antenas, substratos, invólucros e chips, a fim de atender aos mais variados tipos de aplicação e necessidades. Determinados formatos de antenas, substratos e invólucros serão mais adequados para um determinado tipo de utilização, conforme RFID JOURNAL (2011).

O problema fundamental da tecnologia RFID é a transmissão adequada de energia para as etiquetas. Essa transmissão é considerada adequada quando a etiqueta consegue ser ativada para o processamento interno do chip e a posterior transmissão das suas informações. Muitas etiquetas necessitam de uma potência igual ou maior a 100 microwatts (ou -10dBm) para serem ativadas. Ou seja, essa é energia mínima necessária que precisa chegar até uma etiqueta a fim de ativá-la e para que ela possa, após os processamentos necessários do chip, transmitir suas informações.

8.1. ETIQUETAS PASSIVAS

De acordo com SANTINI (2008), as etiquetas do tipo passivo não possuem nenhuma fonte de energia interna. Elas funcionam com a energia que é enviada através do leitor. Devido ao fato de não possuírem alimentação interna, as etiquetas passivas têm um número reduzido de elementos e uma constituição simples. Têm também um período de funcionamento mais longo e não necessitam de manutenção e geralmente são menores que as etiquetas ativas, o que permite que sejam introduzidas nos mais diversos tipos de objetos, como exemplo em porta-chaves, cartões, etc. A energia recebida é utilizada para enviar os dados armazenados para o leitor. Possuem custo mais baixo devido a sua simples constituição. Porém, o alcance é mais baixo se comparado com as etiquetas do tipo ativo.

As principais características das etiquetas passivas são:

- Distância de leitura de até 10 metros;
- Possuem dimensões reduzidas, podendo ter a espessura de uma folha de papel;
- Vida útil teoricamente infinita;
- Mais suscetíveis a interferências eletromagnéticas;
- Baixo custo.

8.1.1. Comunicação das etiquetas passivas

Todas as etiquetas passivas (e semipassivas) empregam uma única técnica de comunicação para evitar a necessidade de uma bateria e seu transmissor. Ocorre um acoplamento ao sinal transmitido pelo leitor, portanto não transmitem o seu próprio sinal. O tipo de acoplamento que uma etiqueta utiliza afeta diretamente a faixa de leitura entre a etiqueta e o leitor. As faixas de leituras podem ser classificadas em:

- Próxima – dentro de 1 cm;
- Remota – de 1 cm a 1 m;
- Faixa longa – mais de 1 m.

Os tipos de acoplamentos de acordo com a distância entre etiqueta e antena do leitor podem ser dos tipos a seguir:

- Acoplamento difuso de retorno: Nesse tipo de acoplamento as etiquetas refletem a mesma frequência emitida pelo leitor, mas alteram diversas qualidades dessa reflexão para enviar informações para o leitor. é utilizado para etiquetas UHF e micro-ondas. Nesse processo, um leitor envia um sinal para uma etiqueta e ela responde por reflexão e uma parte dessa energia retorna para o leitor. Um dispositivo de carga contido na etiqueta, tal como um capacitor, possibilita essa reflexão. O capacitor se carrega quando ele armazena a energia recebida do leitor. Quando a etiqueta responde de volta, ela usa essa energia para retornar o sinal ao leitor. Após esse processo, o capacitor perde a carga.

A comunicação que ocorre entre a etiqueta e o leitor é chamada *half-duplex*, pois utilizam a mesma frequência para efetuar a comunicação. O leitor continua a gerar energia para a etiqueta, mesmo quando o leitor estiver esperando pela etiqueta ou recebendo dela. Além de refletir a energia de volta para o leitor para comunicações, a antena da etiqueta conduz um pouco dessa energia para um pequeno chip. O chip controla um resistor entre as duas metades da antena. Quando as duas metades da antena se conectam diretamente com baixa resistência, elas refletem o sinal do leitor com uma alta amplitude. Quando o resistor separa as duas metades da antena, elas refletem o sinal do leitor com uma amplitude menor. Alternando o resistor dentro e fora do circuito, o chip pode criar um sinal ASK (Amplitude Shift Keying) modulado pela carga, para transmitir um número identificador único armazenado na memória do chip.

- Acoplamento indutivo: é utilizado para etiquetas LF e HF. Este acoplamento é um tipo comum de acoplamento remoto. Ocorre a transferência de energia de um circuito a outro em virtude da indutância mútua entre os circuitos. Em um sistema de RFID que utiliza acoplamento indutivo, as antenas do leitor e da etiqueta cada uma tem uma bobina, que juntas formam um campo magnético. A etiqueta extrai energia do campo. O microchip usa esta energia para mudar a carga elétrica na antena da etiqueta. Estas mudanças são captadas pela antena do leitor e convertidas em um número de série único. Um resistor da etiqueta liga e desliga, gerando flutuações no campo magnético, o que cria alterações de voltagem na antena do leitor. Existem três métodos para gerar uma frequência de resposta da etiqueta:
 - a) Método sub-transportador: a etiqueta liga e desliga seu resistor muito rapidamente. Assim, a etiqueta parece gerar duas novas frequências, uma acima do portador e outra abaixo. Essas duas novas frequências são

chamadas de sub-transportadoras. O leitor pode reconhecê-las facilmente por que elas diferem das frequências que o próprio leitor gera. A etiqueta envia informações para o leitor modulando uma ou mais das sub-transportadoras;

- b) Método sub-harmônico: divide a frequência da portadora por um valor inteiro para produzir uma frequência para a etiqueta utilizar nas suas respostas;
- c) Seqüencial: é uma variação do método difuso remoto. Utiliza a mesma frequência para enviar dados da etiqueta para o leitor. O campo do leitor carrega um capacitor na etiqueta e em seguida desliga. A etiqueta utiliza um oscilador para criar seu próprio campo magnético na mesma frequência do leitor. O leitor é capaz de detectar esse campo porque o seu próprio campo está desligado. A etiqueta codifica os dados usando FSK (Frequency Shift Keying), acelerando e desacelerando a oscilação do circuito.

Tanto o acoplamento indutivo semi-harmônico quanto o sub-transportador usam o modo de transmissão *Full-Duplex*, no qual o transmissor e receptor podem trocar informações ao mesmo tempo. O tipo de chaveamento mais comumente utilizado é o ASK (Amplitude Shift Keying).

8.2. ETIQUETAS ATIVAS

Uma etiqueta ativa é constituída por uma fonte de energia interna que alimenta um circuito integrado e fornece energia para o envio de sinais de transmissão de dados para o leitor, o que lhes permite a realização de tarefas mais complexas (WEISMAN, 1999). As etiquetas ativas são geralmente maiores, mais complexas e com um alcance muito superior em relação às etiquetas passivas. Possuem uma memória com maior capacidade, o que permite armazenar uma maior quantidade de dados. Neste tipo de etiqueta também podem ser incorporados componentes exteriores como sensores ou outros dispositivos semelhantes. Por

possuírem energia interna, as etiquetas ativas podem funcionar sem a presença do leitor. Por exemplo, podem estar monitorando um determinado parâmetro e envia os dados recolhidos de uma forma regular, podendo até comunicar entre elas.

As etiquetas ativas são constituídas essencialmente por um micro-chip, uma antena, bateria e outros componentes.

O micro-chip de uma etiqueta ativa tem normalmente maior dimensão e maior capacidade do que uma etiqueta do tipo passiva. A antena das etiquetas ativas não necessita ter as dimensões das antenas das etiquetas passivas, sendo que em muitos casos fica embutida no módulo de RF da etiqueta.

As etiquetas ativas são geralmente mais caras, não suportam condições tão extremas como as passivas, necessitam manutenção regular (mudança de bateria), mas têm um maior alcance e segundo MILLER (2000), são mais rápidas que as etiquetas passivas. No entanto é possível “adormecer” as etiquetas para aumentar a sua autonomia, sendo “acordadas” quando necessário através do leitor. As etiquetas ativas operam normalmente com frequências acima dos 433MHz com um alcance até 300m.

As principais características das etiquetas ativas são:

- Grandes distâncias de leitura (até 300 metros);
- Possuem dimensões elevadas se comparadas com as de uma etiqueta passiva (devido à presença da bateria);
- Capacidade de utilização de sensores pelas etiquetas;
- Alta velocidade de resposta (até 220 Km/h);
- Tempo de vida útil determinado (até dez anos);
- Custo elevado.

8.3. ETIQUETAS SEMI ATIVAS

As etiquetas semi ativas são semelhantes aos passivos termos de funcionamento. Possuem uma bateria embutida que é utilizada para aumentar a eficiência e a distância de leitura entre a etiqueta e o leitor. São utilizados nas situações onde se requer uma maior distância ou para facilitar a leitura em condições especiais (WEISMAN, 1999).

8.4. CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DAS ETIQUETAS

Em relação a este parâmetro é também possível fazer uma distinção dentro das etiquetas, devido a estas utilizarem geralmente 3 tipos de memória: Memórias Read Only (RO); memórias Write Once Read Many (WORM) e memórias Read-Write (RW).

- Etiquetas com memórias Read Only (RO)

As etiquetas RO apenas permitem a leitura dos dados contidos na sua memória. São programadas uma vez, normalmente quando são fabricadas. Sendo etiquetas unicamente de leitura, a sua gravação é permanente, não sendo permitido qualquer atualização de dados. Este tipo de etiqueta é prático para pequenas aplicações comerciais ou para fins de localização com etiquetas standard, como, por exemplo, em lojas de roupas ou bibliotecas. No entanto, tornam-se impraticáveis para largos processos de manufatura ou para sistemas que necessitem de atualização de dados. A maioria das etiquetas passivas possui este tipo de memória.

- Etiquetas com memórias Write Once Read Many (WORM)

As etiquetas com este tipo de memória só poderiam ser programadas uma única vez no momento da sua utilização, no entanto é possível na prática reprogramá-las algumas vezes, sendo este número limitado e com o risco de se danificar permanentemente a sua memória inutilizando a etiqueta definitivamente. A sua auto atualização é impossível pois esta terá sempre que ser feita por um programador com material indicado para esse fim.

- Etiquetas com memórias Read-Write (RW)

Etiquetas do tipo RW são as mais versáteis, pois podem ser reprogramadas inúmeras vezes. As vantagens deste tipo de etiquetas são imensas quando comparadas com as restantes, pois permitem atualizações permanentes da informação contida na sua memória, elaboração de um histórico do percurso de um produto, monitoração em tempo real da temperatura ou outra variável física, entre muitas outras coisas. Uma etiqueta RW tipicamente contém uma memória Flash ou FRAM. Este tipo de etiqueta é a mais indicada para segurança de dados, monitorização de ambientes e processos que precisem de

atualização de dados constantes (WEISMAN, 1999). Obviamente que estas etiquetas são mais caras que todas as anteriores e, por esse motivo, ainda não são usadas com grande regularidade.

8.5. FREQUENCIA DAS ETIQUETAS

Um dos aspectos mais importantes da conexão entre uma etiqueta e um leitor é a frequência em que ela opera. A frequência de operação pode variar com base na aplicação, nas normas e nos regulamentos. As faixas mais comuns de frequências utilizadas pelo RFID são:

- Baixa frequência (LF) em 135KHz ou menos;
- Alta frequência (HF) em 6.78MHz, 13.56MHz, 27.125MHz e 40.680MHz;
- Ultra alta frequência (UHF) em 433.920MHz, 869MHz e 915MHz;
- Micro-ondas em 2.45GHz, 5.8GHz e 24.125GHz.

Em geral, a frequência define a taxa de transferência dos dados entre a etiqueta e o leitor. Quanto menor a frequência, mais lenta é a taxa de transmissão. Outro aspecto importante para a determinação da frequência são as condições ambientais e principalmente o objeto onde será fixada a etiqueta.

Resumo das características e aplicações das faixas de frequências de RFID mais conhecidas:

Faixa de Frequencia	Banda	Alcance entre o leitor e a etiqueta	Vantagens	Desvantagens	Aplicação
LF	125KHz 134KHz	Menos de 0,5 metro	Boa operação próximo a metais e água.	Curto alcance de leitura.	Rastreamento de animais, controle de acesso, imobilização de veículos, autenticação de produtos, identificação de itens, bibliotecas.
HF	13.56MHz	Menos de 1 metro	Baixo custo das etiquetas, boa interação e boa qualidade de	Necessita de potência elevada nos leitores.	Identificação de itens, bagagens em linhas aéreas, smart cards e

			transmissão.		bibliotecas.
UHF	860MHz 960MHz	Até 9 metros	Baixo custo, etiquetas com tamanho reduzido.	Não opera bem próximo a metais e líquidos.	Controle e fornecimento logístico.
Micro-Ondas	2.45GHz 5.8GHz	Acima de 10 metros	Velocidade de transmissão de dados.	Não opera bem próximo a metais e líquidos, maior custo.	Controle de fornecimento logístico, pedágio eletrônico.

Tabela 7: resumo das características das etiquetas e frequências

9. MIDDLEWARE PARA UM SISTEMA BASEADO EM RFID

De acordo com SANTINI (2008), o middleware RFID é o software que gerencia todo o hardware e as informações geradas dentro de uma rede de leitores RFID. É responsável por tratar todos os dados e filtrar eventos, além de fazer a interface de comunicação entre a rede de leitores e os sistemas corporativos de ERP, entre outros.

9.1. REQUISITOS DE UM MIDDLEWARE RFID

Para atender às necessidades comuns de diferentes aplicações RFID, é desejável que as implementações de middleware possuam as funções:

9.1.1. Leitura e escrita em etiquetas RFID

As operações de leitura e escrita em etiquetas RFID dependem do formato e tamanho da memória das etiquetas. Algumas etiquetas possuem espaço de memória adicional para armazenar dados, além do identificador EPC. Apesar dessas particularidades, um middleware RFID deve prover uma interface uniforme e padrão para a aplicação realizar operações de leitura e escrita em etiquetas RFID, independentemente dos formato de memória e fabricante.

9.1.2. Agregação de dados

Sistemas de RFID geram um grande volume de dados, e esses dados podem ser agregados para gerar informações mais detalhadas. Por exemplo, um serviço do middleware poderia agregar dados RFID para detectar eventos que acusam a entrada ou saída de pessoas por um portal. Isso possibilitaria uma aplicação ser notificada, com mais precisão sobre um evento.

9.1.3. Filtro de dados

Diferentes aplicações têm interesse em diferentes subconjuntos do total de dados RFID capturados, de acordo com o leitor, as antenas e etiquetas envolvidas. Em função disso, é de fundamental importância que o middleware disponibilize um serviço para realizar filtragens e agrupamento de dados RFID de acordo com o interesse da aplicação.

9.1.4. Conformidade com padrões de middleware

Para garantir a compatibilidade entre diferentes implementações de middleware RFID usadas em uma cadeia de suprimento, é importante que soluções de middleware implementem os padrões existentes para minimizar eventuais problemas de integração e compartilhamento de informações.

9.2. PADRÕES DE MIDDLEWARE RFID

A EPCglobal definiu um conjunto de padrões de serviços que especificam os protocolos e as interfaces a serem atendidos pela implementações de middleware existentes.

Os principais padrões utilizados nas implementações de middleware são:

- Application Level Events (ALE) – padrão que define interfaces para coleta, filtragem e agrupamento dos dados EPC obtidos de uma rede de leitores RFID;
- EPC Information Services (EPICS) – padrão que define métodos que dão semântica aos dados EPC filtrados pelo ALE;
- Object Naming Service (ONS) – padrão que define como uma instância de um serviço EPICS pode ser descoberta a partir de identificadores EPC;
- Reader Management (RM) – padrão que define interfaces para um serviço de gerenciamento e monitoramento de uma rede de leitores RFID.

10. APLICAÇÕES PRÁTICAS

10.1. HOSPITALARES

Pesquisadores da área de saúde sugerem que um dia um pequeno chip RFID implantado embaixo da pele, poderá transmitir seu número e automaticamente acessar um completo registro de sua saúde. Funcionários do hospital, remédios e equipamentos também podem ser etiquetados, criando um potencial de administração automática, reduzindo erros e aumentando a segurança.

Outras aplicações médicas: existem os implantes de etiquetas em humanos que contém toda a informação de um paciente, podendo ser facilmente lida por um médico assim que o paciente chega ao hospital.

Conforme o RFID JOURNAL (2011), Hospitais têm começado a adotar sistemas RFID ativos com o objetivo de localizar peças de equipamentos quando o pessoal médico os necessita. Esta rastreabilidade serve a dois propósitos. Primeiro, o pessoal médico, especialmente enfermeiros, pode gastar menos tempo "caçando" equipamentos de que precisam, o que faz com que dediquem proporcionalmente mais tempo de atenção direta aos pacientes. Em segundo lugar, os hospitais podem utilizar de forma mais eficiente os equipamentos que têm, gerando menos despesas relativas à locação e aquisição de equipamentos adicionais.

10.2. VEÍCULOS

O RFID também é utilizado para proporcionar maior agilidade em pagamento de pedágios e estacionamentos de shoppings.

Através de uma etiqueta adesiva colada no para-brisa, o usuário tem acesso a pontos que possuem a antena instalada e esta (a antena) faz esta leitura e abre a cancela automaticamente.

10.3. IMPLANTES HUMANOS

Implantes de chips RFID usados em animais agora estão sendo usados em humanos também. Uma experiência feita com implantes de RFID foi conduzida pelo professor britânico de cibernética Kevin Warwick, que implantou um chip no seu braço em 1998. A empresa Applied Digital Solutions propôs seus chips "formato único para debaixo da pele" como uma solução para identificar fraude, segurança

em acesso a determinados locais, computadores, banco de dados de medicamento, iniciativas anti-sequestro, entre outros. Combinado com sensores para monitorizar as funções do corpo, o dispositivo Digital Angel poderia monitorar pacientes.

10.4. SEGURANÇA

Além do controle de acesso, um sistema RFID pode prover na área de segurança outros serviços; Um deles são os sistemas de imobilização. No início dos anos 90 o roubo de carros ascendeu, tornando o mercado de segurança para carros, alarmes e sistemas de imobilização, um mercado promissor. Os controles de alarme com alcance de 5 a 20 metros estão no mercado há anos, e são pequenos transmissores de rádio frequência que operam na frequência de 433.92 MHz. Neste tipo de sistema de segurança para carros, é somente este controle que pode acionar o destravamento do carro, permitindo que ele seja aberto sem que um ruído seja emitido, o alarme, as portas destravem. Permitir que o carro possa ser ligado é trabalho do sistema de imobilização. O problema é que, se o controle que o destrava for quebrado, o carro ainda assim pode ser aberto através das chaves, por um processo mecânico, mas não há como o sistema reconhecer se a chave inserida é genuína, permitindo que uma ferramenta específica ou uma chave-mestra possa abrir o veículo.

Os dispositivos de RFID estão sendo utilizados para o controle de acesso em shoppings, condomínios residenciais, comerciais e empresariais, bem como para a passagem em pedágios nas estradas, facilitando assim o escoamento do fluxo de veículos.

10.5. IDENTIFICAÇÃO ANIMAL

Este tipo de sistema usado na identificação dos animais ajuda no gerenciamento dos mesmos entre as companhias, no controle de epidemias e garantia de qualidade e procedência. A identificação animal por sistemas de RFID pode ser feita de quatro maneiras diferentes: colares, brincos, injetáveis ou ingeríveis. Os colares são fáceis de serem aplicados e transferidos de um animal para o outro; é usado geralmente apenas dentro de uma companhia. No caso dos brincos, são as etiquetas de menor custo, e podem ser lidas a uma distância de até um metro. No caso das etiquetas injetáveis, que são usadas há cerca de 10 anos,

ela é colocada sob a pele do animal com uma ferramenta especial, um aplicador parecido com uma injeção.

O rastreamento de animais será cada vez mais exigido para a entrada da carne em mercados que prezam pela rastreabilidade de alimentos. Já há vários problemas para a exportação de carnes para países europeus, por conta da falta da tecnologia que permita rastrear desde o nascimento do bezerro até o seu abate.

10.6. MANUTENÇÃO

As principais preocupações em um processo de manutenção de sistemas complexos podem ser sumarizadas em:

- informações precisas e atuais sobre os objetos;
- transferência em tempo real das informações dos incidentes críticos e
- acesso rápido as bases de conhecimento necessárias para a solução do problema.

Um dos aspectos interessantes do RFID é a possibilidade de manter um histórico de manutenção no próprio objeto.

Outro aspecto é a segurança, pois o RFID encontra-se embarcado no objeto. Desta forma, ações fraudulentas são coibidas de maneira mais eficaz. Como cada objeto possui um único RFID, não clonável, os prestadores de serviços não podem ludibriar os relatórios de manutenção, objetivando maiores ganhos financeiros. Como, por exemplo, relatando a troca de peças que não foram efetivamente trocadas.

11. DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES DE UM SISTEMA RFID

Tal como outras tecnologias emergentes e/ou em consolidação a RFID apresenta várias dificuldades de utilização que são simultaneamente desafios em aberto:

- Os sistemas de RFID não seguem uma implementação generalista ainda devido à falta de normalização.
- Os sistemas de RFID podem ser facilmente “interrompidos” ou bloqueados se for aplicada a energia suficiente à frequência certa.
- Segundo MILLER (2004), podem ocorrer interferências na comunicação com a etiqueta quando da presença de metal ou num ambiente com mais dispositivos a operarem na mesma gama de frequências.
- Pode ocorrer colisão de leitores quando o sinal de vários leitores se sobrepõe.
- Pode ocorrer colisão de etiquetas quando muitas etiquetas se encontram num espaço relativamente pequeno.
- Podem ocorrer problemas de segurança porque uma etiqueta não consegue distinguir um leitor de outro.
- Podem ocorrer problemas de privacidade.
- Custos ainda elevados.

12. CONCLUSÃO

A previsão é de que a médio/longo prazo o RFID substitua o código de barras na maioria de suas aplicações básicas, principalmente para fins logísticos. Mas, para que esta previsão seja verdadeira, alguns obstáculos têm de ser vencidos. Por exemplo, o preço por etiqueta RFID produzida, que ainda está alto. Como os custos de dispositivos eletrônicos costumam cair rapidamente, principalmente depois de muitos investimentos - como é o caso do RFID - esse não deve ser o maior problema para a implantação em larga escala dessa tecnologia. Além disso, os desenvolvedores de middleware para sistemas precisam se prevenir contra brechas de segurança.

Outra barreira a ser vencida ainda é a falta de padronização no mercado atual. Ao seguir um padrão internacional, aparelhos e etiquetas de fabricantes e de países diferentes poderão ser compatíveis entre si, diminuindo os custos de implantação e manutenção dos sistemas. Ainda, a opinião do consumidor final: no caso básico do supermercado que utiliza etiquetas RFID em seus itens, até que ponto os clientes desejarão que suas informações de compras sigam com tamanho detalhamento e velocidade até os fabricantes? E na identificação digital, quantos anônimos passarão a ter identificação completa em determinados locais? Qual será o limiar dessa discussão para a invasão de privacidade?

A tecnologia está amadurecendo, as padronizações estão acontecendo, conforme a evolução dos padrões ISO e EPCglobal, mas a tecnologia do RFID ainda tem que superar algumas adversidades para definitivamente ser aceita com sucesso no mercado.

13. REFERÊNCIAS

ACURA GLOBAL. **The Identification Company**, disponível em <<http://www.acura.com.br/>>, acesso em 07 jul 2011.

ALENCAR, Marcelo Sampaio et al. **Ondas Eletromagnéticas e Teoria de Antenas**. Erica, 2010, 230p.

BARBIN, M.V. **Curso de Antenas e Propagação**. Universidade de São Francisco, 1998-2005, 153p.

GLOVER, Bill. **Fundamentos de RFID**. Alta Books, 2007, 240p.

R.SYSTEMS. **Rfid Network Infrastructure**, disponível em <<http://www.revasystems.com>>, acesso em 20 jul 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 18000** disponível em <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=46145 />, acesso em 07 jul 2011.

MILLER, S.P. **O Rfid como Uma Oportunidade para Estabelecer Relacionamentos Colaborativos na Cadeia de Suprimentos**, SIMPOI, 2004.

RFID JOURNAL. **RFID (Radio Frequency Identification) Technology News & Features**. disponível em <<http://www.rfidjournal.com/>>, acesso em 06 jun 2011.

SANTINI, Arthur Gambi. **Rfid - Radio Frequency Identification**. Ciencia Moderna, 2008, 92p.

THE EPCGLOBAL. **Architecture Framework Version 1.3**, 2005-2009, 74p.

_____. **Standards Architecture Framework Version 1.3**, 2005-2009, 74p.

_____. **Standards Development Process Version 1.5**, 2006-2009, 125p.

_____. **Low Level Reader Protocol (LLRP)**, disponível em <http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal/llrp/llrp_1_0_1-standard-20070813.pdf>, acesso em 12 jun 2011.

WHITE, J.F. **High Frequency Techniques: an introduction to RF and microwave engineering**, 2004, 528p.

WEISMAN, C.J. **The Essential Guide to RF and Wireless**. Pretice Hall, 1999.

WIKIPEDIA. **RFID**, disponível em <<http://simple.wikipedia.org/wiki/RFID>>, acesso em 12 jun 2011.