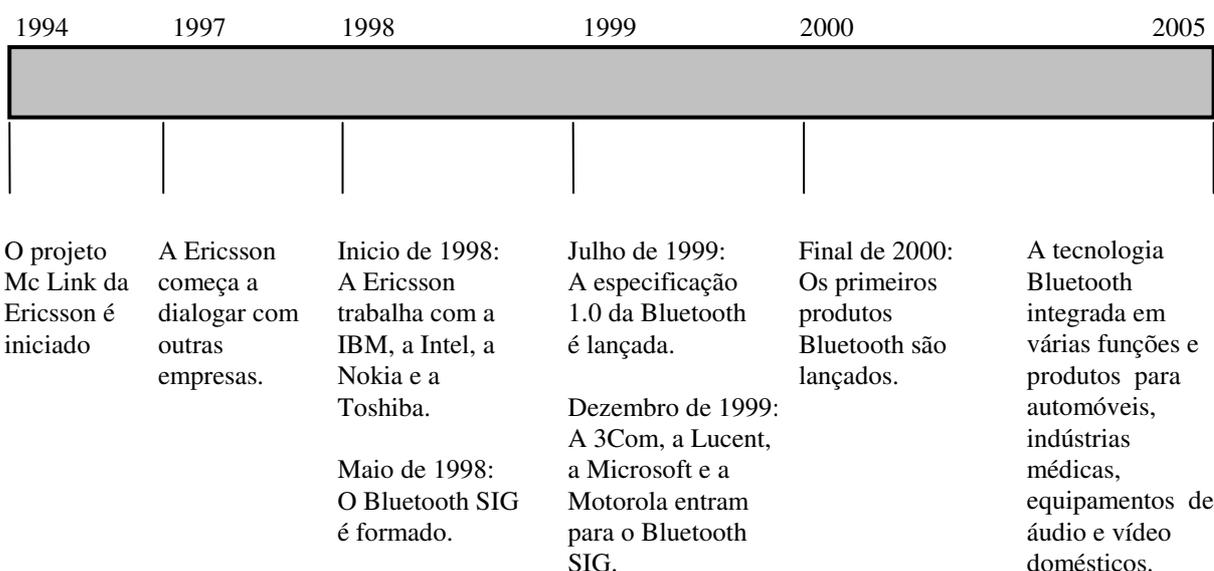


II. HISTÓRICO DA TECNOLOGIA BLUETOOTH

A idéia que eventualmente se transformou na tecnologia Bluetooth nasceu em 1994, quando engenheiros da Ericsson M3bile Communications pesquisavam a praticidade de uma interface de r3dio de baixo consumo de energia e pouco custo entre telefones e seus acess3rios. A tecnologia Bluetooth foi formalmente anunciada em 1998, quando cinco empresas, Ericsson, Nokia, IBM, Intel e Toshiba, formaram o cons3rcio denominado Bluetooth SIG (*Special Interest Group*) com o objetivo de expandir e promover o conceito Bluetooth e estabelecer um novo padr3o industrial. O Bluetooth SIG vers3o 1.0 da sua especifica3o foi lan3ada em julho de 1999 e, em dezembro deste mesmo ano tr3s empresas se uniram ao Bluetooth SIG, 3Com, Lucent e Motorola. Observe a Fig. 1 a seguir [1]:

Fig. 1 – Cronograma Bluetooth (de 1994 at3 a atualidade).



• Por que Bluetooth?

A escolha do nome 3 uma homenagem ao unificador da Dinamarca, o Rei Harald Blatand, mais conhecido como Harald Bluetooth ou Harald Dente Azul. Segundo a lenda, este apelido se devia ao fato dele possuir na arcada dent3ria uma incrusta3o azulada. A raz3o pela qual duas corpora3es americanas, uma japonesa, uma sueca, e outra finlandesa escolheram justamente esse obscuro monarca da terra de Hamlet para nomear essa tecnologia 3 o fato de Harald ter unificado os dinamarqueses, e a palavra-chave de Bluetooth 3 unifica3o. Observe a Fig. 2 a seguir [5]:

Fig. 2 - Logotipo Bluetooth



• O Grupo Bluetooth

O Bluetooth SIG não apenas cria e atualiza as especificações técnicas, mas também se certifica de que os produtos adotem padrões técnicos e promove a tecnologia para os consumidores. Existem quatro níveis principais de membros: Fundador, Patrocinador, Associado e Adotante.

Os membros fundadores e os patrocinadores têm acesso a todas as informações disponíveis, e estão autorizados a orientar os esforços de todo o Bluetooth SIG. Os associados recebem acesso antecipado à especificação da Bluetooth e outras informações relacionadas à tecnologia tendo que desembolsar uma taxa anual com base nas receitas da empresa. E os membros adotantes pode ser qualquer empresa que queira se juntar ao Bluetooth SIG sem custo, qualificam para desenvolver e fabricar produtos baseados na tecnologia e usar a marca e logotipo Bluetooth desde que os produtos estejam dentro das especificações.

III. A TECNOLOGIA BLUETOOTH

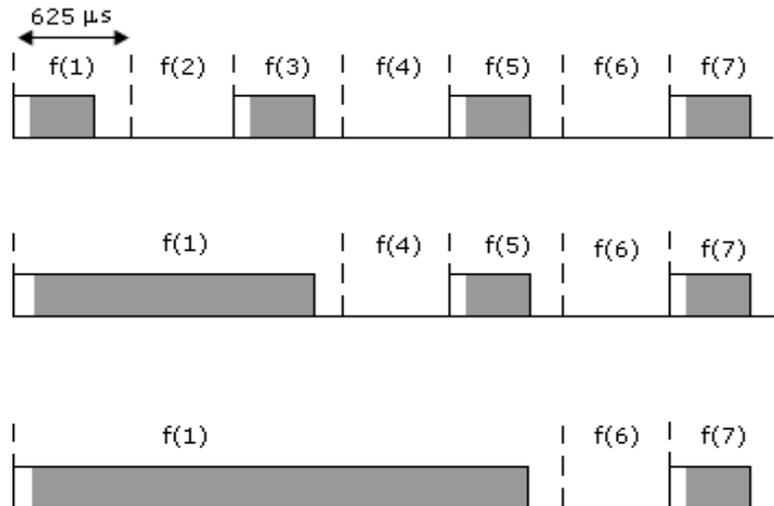
É a tecnologia que facilita a comunicação de dados e voz entre vários dispositivos eletrônicos através de uma conexão sem fio, baseado em baixo custo, baixa potência, e curta distância, utilizando sinais de frequência de rádio.

Para haver uma conexão entre dois dispositivos devem conter um rádio Bluetooth, sendo este um pequeno chip de computador que estabelece e gerencia as conexões individuais com baixo consumo de energia. O padrão Bluetooth determina que todos os dispositivos se conectem por meio de um conjunto específico de frequências de rádio e também determina os protocolos precisos para transmitir e receber dados, sendo que todos os dispositivos Bluetooth devem usar os mesmos protocolos para que todos falem a mesma linguagem eletrônica.

Quando dois dispositivos Bluetooth fazem a conexão, é formada uma piconet, podendo ser de até oito dispositivos. Várias piconets podem ser conectadas formando a scatternet [1].

A banda de frequência utilizada pela tecnologia Bluetooth é a banda ISM (Industrial, Científica e Médica) que está no intervalo de 2,4 GHz até 2,48 GHz. Sendo essa banda livre para qualquer uso e finalidade, sendo utilizada por outros dispositivos podendo haver um congestionamento e os dispositivos poderão começar a interferir mutuamente. Para minimizar este tipo de problema os rádios Bluetooth utilizam uma técnica denominada salto de frequência de alargamento de banda. É uma técnica comum onde o sinal salta (Fig. 3) de uma frequência para outra durante o curso de uma única transmissão. [5].

Fig. 3 - Salto de frequência.



Sendo assim, pode-se dizer que os dispositivos Bluetooth podem executar até 1600 saltos por segundo, saltando entre 79 frequências em intervalo de 1 MHz. Este sincronismo é garantido graças ao clock determinado pelo mestre de uma piconet.

- **Transmissão de dados e voz**

A especificação Bluetooth é projetada para manipular perfeitamente os dois tipos de sinais. O sinal de dados, normalmente utiliza uma tecnologia chamada comutação de pacote, sendo os dados divididos em grupos pequenos – pacotes - antes de serem transmitidos. Eles podem ser transmitidos por rotas, frequências e ordem diferentes da original, uma vez que os pacotes de uma mensagem sejam recebidos eles serão recompilados em sua ordem original.

O sinal de voz utiliza a tecnologia denominada, comutação de circuito, onde um canal dedicado (circuito) é estabelecido durante a transmissão.

A especificação Bluetooth considera uma taxa de transferência de dados total de 1 Mbps (megabit por segundo) é o máximo teórico. As taxas de transferência efetiva são ligeiramente mais baixas e diferem conforme o tipo de comunicação. A transmissão de dados full-duplex, onde os sinais podem viajar nos dois sentidos simultaneamente, são realizados a 432,6 Kbps. E a transmissão assimétrica, aonde os sinais que vão a um sentido são mais velozes que os sinais que vem em outro sentido, ocorrem a 721 Kbps na ida e apenas 56 Kbps na volta.

No caso da transmissão de voz, a especificação determina três canais de voz síncronos de 64 Kbps. O rádio Bluetooth poderá suportar três canais de voz síncronos e um canal de dados assíncrono ou um único canal que simultaneamente suporte dados assíncronos e voz síncrona.

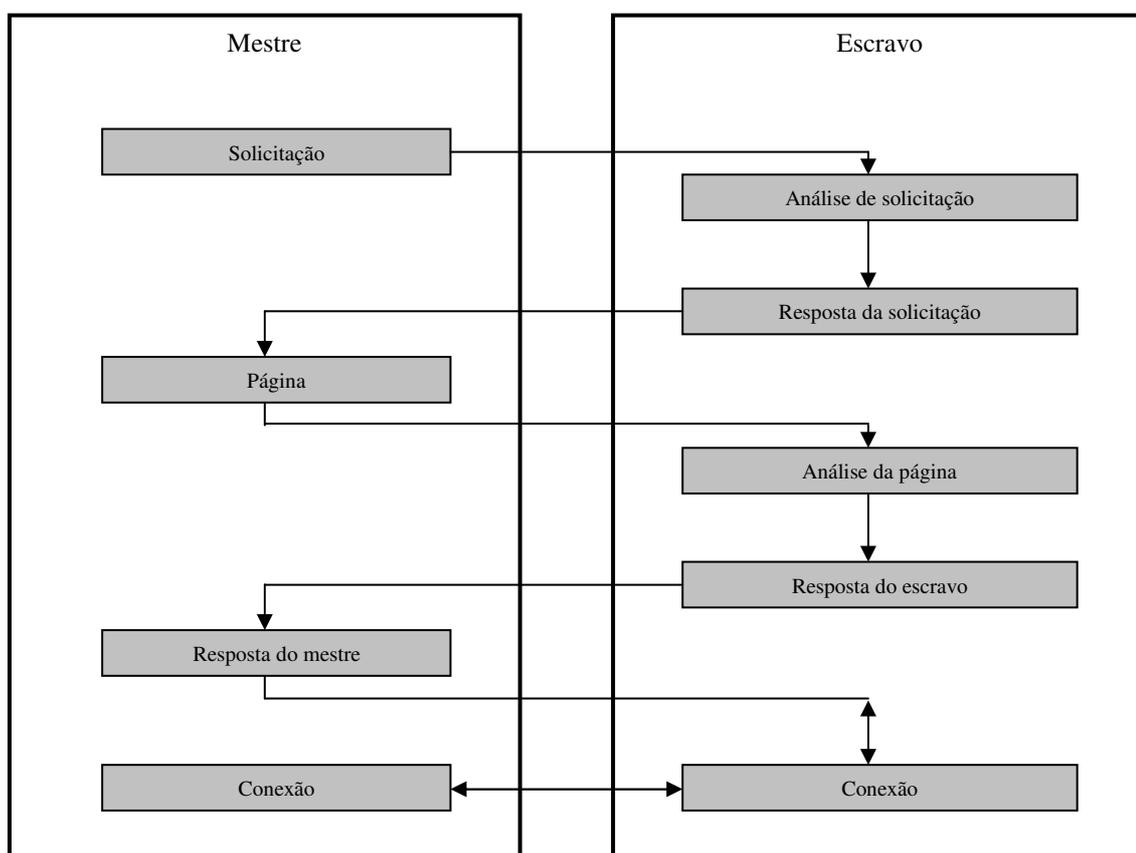
- **Estabelecendo a conexão**

Um dispositivo bluetooth pode operar em dois estados. O primeiro é o estado Connection, o dispositivo está conectado a outro ou executando alguma atividade. Já no estado Standby, o dispositivo está conectado, mas não está envolvido em nenhuma atividade com outro dispositivo. Sendo este ultimo estado criado justamente para se economizar energia. No estado Standby, o dispositivo monitora a cada 1.28 segundos as mensagens de outro dispositivos. Cada sessão de monitoramento ocorre pelo conjunto de 32 saltos de frequência definido para aquele tipo de unidade. No estado Connection, o dispositivo pode estar em quatro modos de conexão:

1. *Active*: O dispositivo está transmitindo ou recebendo ativamente dentro de uma piconet, sincronizando automaticamente com a unidade mestra;
2. *Sniff*: O dispositivo monitora a piconet a uma taxa reduzida, diminuindo o seu consumo de energia;
3. *Hold*: Este modo é aplicado geralmente a dispositivos com transferências de dados simples, apenas o timer interno do dispositivo fica ativo;
4. *Park*: Neste modo, o dispositivo permanece sincronizado com a piconet, mas não participa do tráfego de dados, suspende o seu endereço MAC.

Os dispositivos Bluetooth sempre iniciam no modo standby sendo que quando um dispositivo percebe o outro, o primeiro que percebeu se torna o mestre e o outro se torna o escravo. Numa conexão é emitido um comando de solicitação quando ainda não se conhece o endereço do dispositivo. Uma vez conhecido o endereço, é emitido o comando página despertando o outro dispositivo estabelecendo a conexão, como é mostrado na Fig. 4 abaixo:

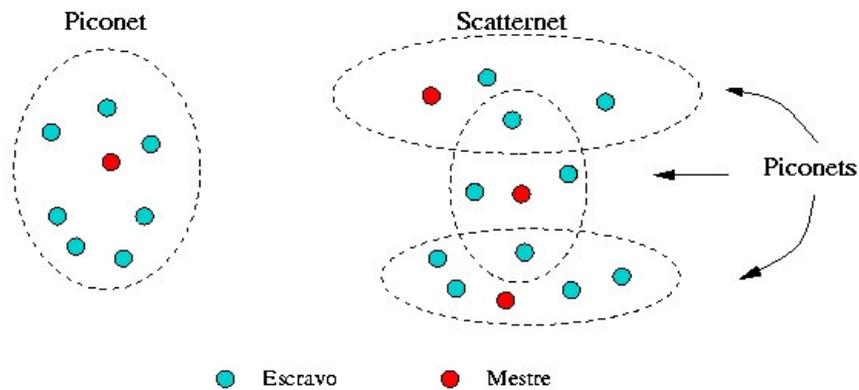
Fig. 4 - Seqüência de comandos de reconhecimento



- **Piconets e Scartternets**

Quando dois dispositivos estabelecem uma conexão se cria uma rede denominada Piconet podendo conter até oito dispositivos, sendo um mestre e sete escravos. As Piconets tem identidades diferentes, baseadas em canais de salto de frequência. Partindo desse princípio podemos formar uma rede com mais de oito dispositivos, ou seja, varias Piconets conectadas com os seus respectivos mestres, formando a rede chamada Scartternet, podendo chegar a um limite de dez piconets visto que a tecnologia utiliza 79 frequências no total. Uma Piconet nunca compartilha uma frequência de outra Piconet (Fig. 5):

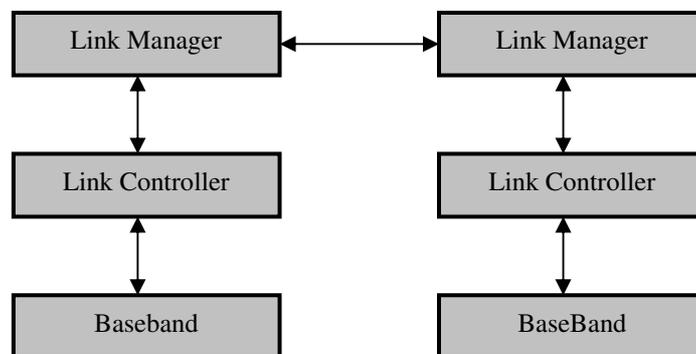
Fig. 5 - Piconet e Scatternet



- **Controlando a conexão**

As conexões entre dispositivos são manipuladas por uma combinação de software e hardware, sendo o software denominado de Link Manager (LM) e o hardware denominado Link Controller (LC). O software LM executa a instalação do link, autenticação, configuração e outras atividades para estabelecer um link. O LM detecta outros dispositivos em seguida se comunica através do protocolo link manager (LMP) utilizando os serviços do LC. O LC envia e recebe dados, config., conexões e outras atividades. Resumindo, o software LM é executado no hardware LC utilizando o LMP. [1]

Fig. 6 - Controle do link Bluetooth



- **Protocolos Bluetooth**

Um protocolo é a regra definida que inicia um modo de comunicação entre dispositivos, os protocolos definem o formato dos dados e como esses dados serão enviados e recebidos. Na tecnologia Bluetooth, esse software utiliza a forma de protocolos padronizados que são utilizados para implementar vários procedimentos e processos. Para cada aplicação, existe uma pilha de protocolos que são utilizados especificamente para aquela aplicação. Na Tabela 1 abaixo é mostrada a pilha de protocolos completa. A pilha de protocolos pode ser dividida em quatro camadas principais de acordo com a função, conforme a seguir.

Tabela 1 - Camadas da pilha de protocolos Bluetooth.

CAMADA DE PROTOCOLOS	PROTOCOLOS UTILIZADOS
Core Protocols	Baseband Link Manager Protocol (LMP) Logical Link Control and Adoption Protocol (L2CAP) Service Discovery Protocol (SDP)
Cable Replacement Protocol	RFCOMM
Telephony Control Protocols	Telephony Control Specification – Binary (TCS-BIN) AT- Commands
Adopted Protocols	Point –to-point protocol (PPP) Transport Control Protocol/Internet protocol/User Datagrama protocol (TCP/IP/UDP) Object Exchange protocol (OBEX) Infrared móbile communication (IrMC) Wireless application protocol (WAP) Wireless application environment (WAE) vCARD, vCalendar, vMessage e vNote (formatos de conteúdo)

- **Segurança**

A segurança é importante para a especificação Bluetooth, especialmente se alguém espera que dispositivos compatíveis com o Bluetooth administrem informações pessoais armazenada ou transmitidas por um dispositivo Bluetooth. Há três modos possíveis de segurança para um dispositivo Bluetooth:

1. Modo de segurança 1: Nenhuma medida de segurança é implementada. O dispositivo é efetivamente inseguro;
2. Modo de segurança 2: O dispositivo Bluetooth inicia os procedimentos de segurança após estabelecer a conexão;
3. Modo de segurança 3: O modo mais seguro, o dispositivo Bluetooth inicia os procedimentos de segurança antes de estabelecer a conexão.

Os procedimentos de segurança definidos no modo 2 e 3 estão em três mecanismos na especificação Bluetooth, Key management, Device authentication e Packet encryption:

1. Key Management: Funciona utilizando três tipos básicos de chaves. São elas:
 - *Código PIN*: O número de identificação pessoal é selecionado pelo próprio usuário, sendo um número de 48 bits (quatro dígitos);
 - *Chave de link particular*: Um dispositivo bluetooth pode utilizar um dos quatro tipos de chaves de link denominadas também chaves de autenticação, sendo números aleatórios de 128 bits gerados na hora da transmissão; uma chave de unidade é derivada pelo único dispositivo Bluetooth; uma chave de combinação é derivada de um par de dispositivos e é mais segura do que uma chave de unidade; uma chave mestra é usada quando um dispositivo mestre em uma piconet deseja transmitir para vários dispositivos ao mesmo tempo; e uma chave de inicialização é usada no processo de inicialização de dispositivos;

- *Chave de criptografia particular*: É derivada da chave de autenticação atualmente em uso, toda vez que for necessária à chave de criptografia é alterada, podendo variar entre 8 e 128 bits de extensão. O Key Management Bluetooth utiliza esse três tipos de chaves no processo de controle.
2. **Device Authentication**: A especificação Bluetooth determina também um esquema de autenticação, onde um protocolo de segurança especial é usado para verificar se outro dispositivo reconhece uma chave secreta denominada chave simétrica, se qualquer um dos dispositivos não reconhecer a chave à conexão será abortada.
 3. **Packet Encryption**: Há três modos de criptografia definidos. São eles:
 - *Modo de criptografia 1*: Nesse modo nenhum pacote é criptografado;
 - *Modo de criptografia 2*: O tráfego ponto-a-ponto é criptografado, mas o tráfego ponto-a-multiponto não é;
 - *Modo de criptografia 3*: Todo o tráfego é criptografado.

A segurança é um fator fundamental para a utilização da tecnologia Bluetooth, dependendo do tipo de aplicação. Entretanto, existem quatro fatores que esta tecnologia deve zelar: Confiabilidade dos Dados, Autenticação e Identificação, Controle de Acesso e Integridade dos Dados.

IV. CONCLUSÃO

A tecnologia Bluetooth surge para revolucionar o mercado mundial na área de comunicação sem fio. As redes locais sem fio já são uma realidade em vários ambientes de redes, principalmente nos que requerem mobilidade dos usuários. Finalmente, as aplicações são as mais diversas e abrangem desde aplicações médicas, por exemplo, visita a vários pacientes com sistema portátil de monitoramento, até ambientes de escritório ou de fábrica. Apesar das limitações de cobertura geográfica, utilizando-se a arquitetura de sistemas de distribuição, pode-se aumentar a abrangência da rede sem fio. A tecnologia Bluetooth trará uma enorme praticidade à vida moderna.

REFERÊNCIAS

- [1] MILLER, M. **Descobrendo Bluetooth**. Campus, 2001.
- [2] BILLO, E. A. **Uma Pilha de Protocolos Bluetooth Adaptável à Aplicação**. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Universidade Federal de Santa Catarina. Paraná: 2003.
- [3] MAIA, R. M. F. **Bluetooth**: promessas de uma nova tecnologia. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Faculdade Integrado do Recife. Recife: 2003.
- [4] FÉO, A. E. **Bluetooth**. 2003. Seminário (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.
- [5] ALECRIM, E. Bluetooth. **Infowester, Seção Hardware**. 2003. Disponível em: <<http://www.infowester.com/bluetooth.php>>. Acesso em: 23 jul. 2005.
- [6] TUDE, E. **Bluetooth**. Considerações finais. Teleco. Informação em Telecomunicações. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialblue/pagina_4.asp>. Acesso em: 17 set. 2005.