

A rede Bluetooth

1. Introdução

Em 1994, a empresa L. M. Ericsson ficou interessada em conectar seus telefones móveis a outros dispositivos. Junto a IBM, Intel, Nokia e Toshiba, ela formou um SIG com o objetivo de desenvolver um padrão sem fio para interconectar dispositivos de computação e comunicação e ainda acessórios, utilizando rádios sem fios de curto alcance, baixa potência e baixo custo. O projeto foi denominado **Bluetooth**.

2. Arquitetura Bluetooth

A unidade básica de um sistema **bluetooth** é o piconet, que consiste em um nó mestre e até sete nós escravos ativos, situados dentro de uma distância de 10 metros. Podem existir muitas piconets na mesma sala e elas podem até mesmo ser conectadas por um nó de ponte. Uma coleção de piconets é chamada de **scatternet**.

Além dos 7 nós escravos ativos, uma piconet pode haver até 255 nós inativos na rede. Esses nós são dispositivos que o mestre comuta para um estado de baixa energia, a fim de reduzir o consumo em suas baterias. No estado estacionado, um dispositivo não pode fazer nada, exceto responder a um sinal de ativação ou de baliza do mestre. Existem também dois estados de energia intermediários, **hold e sniff**.

3. Aplicações Bluetooth

As especificações do **Bluetooth V1.1** identificam 13 aplicações específicas que serão admitidas e fornecem diferentes pilhas de protocolos para cada uma. Infelizmente, essa abordagem aumentou muito a complexidade. As 13 aplicações, chamadas de perfis, estão listadas abaixo.

Nome	Descrição
Acesso genérico	Procedimentos para gerenciamento de enlaces
Descoberta de serviço	Protocolo para descobrir serviços oferecidos
Porta serial	Substitui um cabo de porta serial
Intercâmbio genérico de objetos	Define o relacionamento cliente/servidor para movimentação de objetos
Acesso de LAN	Protocolo entre um computador móvel e uma LAN fixa
Rede dial-up	Permite que um notebook se conecte através de um telefone móvel
Fax	Permite que um equipamento de fax móvel se comunique com um telefone móvel
Telefonia sem fio	Conecta um aparelho telefônico à sua estação base local

Intercomunicador	Intercomunicação digital
Fone de ouvido	Permite a comunicação de voz sem o uso das mãos
Push de objetos	Fornece um meio para intercambiar objetos simples
Transferência de arquivos	Fornece um recurso mais geral de transferência de arquivos
Sincronização	Permite sincronizar um PDA com outro computador

O perfil de acesso genérico não é realmente uma aplicação, mas sim a base sobre a qual são elaboradas as aplicações reais. Sua principal função é fornecer um meio para estabelecer e manter enlaces seguros entre o mestre e os escravos. Também é relativamente genérico o perfil de descoberta de serviço, utilizado pelos dispositivos para descobrir quais são os serviços que outros dispositivos têm a oferecer. Espera-se que todos os dispositivos do **Bluetooth** implementem esses dois perfis. Os restantes são opcionais.

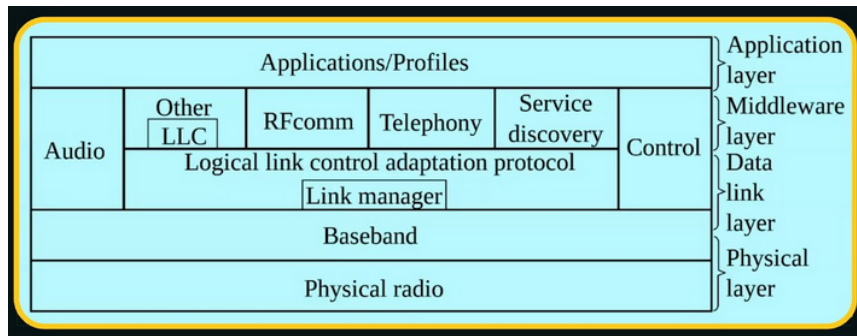
O perfil de porta serial é um protocolo de transporte utilizado pela maioria dos outros perfis. Ele emula uma linha serial e é especialmente útil para aplicações de tecnologia antiga que esperam encontrar uma linha serial.

O perfil de intercâmbio genérico de objetos define um relacionamento cliente/servidor para movimentação de dados. Os clientes iniciam operações, mas um escravo pode ser um cliente ou um servidor. Como o perfil de porta serial, esse é um bloco de construção que serve de base para outros perfis.

O perfil de acesso de LAN permite que um dispositivo *Bluetooth* se conecte a uma rede fixa. Esse perfil é um concorrente direto do 802.11. O perfil de rede dial-up foi a motivação original de todo o projeto. O perfil de fax é semelhante ao de rede dial-up, exceto por permitir que equipamentos de fax sem fios transmitam e recebam mensagens de fax usando telefones móveis, sem um fio interligando os dois aparelhos.

4. A pilha de protocolo Bluetooth

O padrão **Bluetooth** tem muitos protocolos agrupados livremente em camadas. A estrutura de camadas não segue o modelo OSI, o modelo TCP/IP, o modelo 802 ou qualquer outro modelo conhecido.



A camada inferior é a camada física de rádio, que corresponde muito bem à camada física nos modelos OSI e 802. Ela lida com a transmissão e a modulação de rádio. Muitas das preocupações aqui estão relacionadas ao objetivo de tornar o sistema mais econômico, para que possa vir a ser um item do mercado de massa.

A camada de banda é de certa forma análoga à subcamada MAC, mas também inclui elementos de camada física. Ela lida com a maneira como o mestre controla os slots de tempo e como esses slots são agrupados em quadros.

Temos uma camada com um grupo de protocolos até certo ponto inter-relacionados. O gerenciador de enlaces cuida do estabelecimento de canais lógicos entre dispositivos, incluindo o gerenciamento de energia, autenticação e qualidade de serviço. O protocolo de adaptação de controle de enlace lógico isola as camadas superiores dos detalhes de transmissão. Ele é análogo à subcamada LLC do padrão 802, mas é tecnicamente diferente dela.

A próxima camada é a middleware, que contém uma mistura de diferentes protocolos. O LLC do 802 foi inserido aqui pelo IEEE para manter a compatibilidade com as outras redes 802. Os protocolos RFcomm, de telefonia e de descobertas de serviços são originais. O protocolo RFcomm é o protocolo que emula a porta serial padrão encontrada nos computadores pessoais para conectar o teclado, o mouse e o modem, entre outros. O protocolo de telefonia é um protocolo de tempo real utilizado pelos três perfis orientados para voz. Ele também gerencia a configuração e o encerramento de chamadas. Por fim, o protocolo de descoberta de serviços é usado para localizar serviços na rede.

As aplicações e os perfis se localizam na camada superior. Eles utilizam os protocolos das camadas inferiores para cumprir suas funções. Cada aplicação tem seu próprio subconjunto dedicado dos protocolos. Dispositivos específicos, como um fone de ouvido, em geral, só contém os protocolos exigidos por essa aplicação e nenhum outro.

5. A camada de rádio Bluetooth

A camada de rádio move os bits do mestre para o escravo ou vice-versa. Ela é um sistema de baixa potência com um alcance de 10 metros, operando na banda ISM de 2,4 GHz. A

banda está dividida em 79 canais de 1 Mhz cada um. Para alocar os canais de maneira uniforme, é usado o espectro de dispersão de saltos de frequência com 1600 hops/s.

Como o 802.11 e o **Bluetooth** operam na banda ISM de 2,4 GHz nos mesmos 79 canais, eles interferem um com o outro. Tendo em vista que o **Bluetooth** salta com muito maior rapidez que o 802.11, é muito mais provável que um dispositivo **Bluetooth** arruine as transmissões do 802.11 do que ao contrário.

6. A camada de banda base do Bluetooth

A camada de banda base é a estrutura mais próxima de uma subcamada MAC que o **Bluetooth** tem. Ela transforma o fluxo bruto de bits em quadros e define alguns formatos importantes. Em sua forma mais simples, o mestre de cada piconet define uma série de slots de tempo de 625 segundos, com as transmissões do mestre começando nos slots pares e as transmissões dos escravos começando nos slots ímpares. Essa é tradicional multiplexação por divisão de tempo, em que o mestre fica com metade dos slots e os escravos compartilham a outra metade.

A sincronização por saltos de frequência permite um tempo de ajuste de 250 a 260 segundos por salto, para permitir que os circuitos de rádio se estabilizem. É possível um ajuste mais rápido, mas apenas a um custo mais alto.

Cada quadro é transmitido sobre um canal lógico, chamado **link**, entre o mestre e um escravo. Há dois tipos de enlaces. O primeiro é o ACL, usado para dados comutados por pacotes disponíveis a intervalos irregulares. Esses dados vêm da camada L2CAP no lado de transmissão e são entregues à camada L2CAP no lado de recepção. O tráfego ACL é entregue em uma base de *melhor esforço*. Não é dada retransmiti-los. Um escravo só pode ter um enlace ACL para seu mestre.

O outro é o enlace SCO, para dados de tempo real, como as conexões telefônicas. A esse tipo de canal é alocado um slot fixo em cada sentido. Devido à natureza crítica dos enlaces SCO, os quadros enviados sobre eles nunca são retransmitidos. Em vez disso, pode ser usada a correção de erros antecipada para proporcionar alta confiabilidade. Um escravo pode ter até três enlaces SCO com seu mestre. Cada enlace SCO pode transmitir um canal de áudio PCM de 64.000 bps.

7. A camada L2CAP do Bluetooth

Essa camada tem três funções importantes. Primeiro, ela aceita pacotes de até 64 KB das camadas superiores e os divide em quadros para transmissão. Na outra extremidade, os quadros são montados novamente em pacotes.

Em segundo, ela lida com a multiplexação e a demultiplexação de várias origens de pacotes. Quando um pacote é novamente montado, a L2CAP determina a qual protocolo da camada superior ele será entregue.

Em terceiro lugar, a camada L2CAp lida com os requisitos de qualidade de serviço, tanto quando os enlaces são estabelecidos quanto durante a operação normal. Também é negociado em tempo de configuração o tamanho máximo de carga útil permitido, a fim de impedir que um dispositivo de pacotes grandes afoguem um dispositivo de pacotes pequenos.

8. A estrutura de quadro Bluetooth

Há vários formatos de quadros. O mais importante começa com um código de acesso que normalmente identifica o mestre, para que os escravos situados dentro do alcance de rádio de dois mestres possam conhecer o destino de cada tráfego. Em seguida há um cabeçalho de 54 bits contendo campos típicos da subcamada MAC. Depois, vem o campo de dados, de até 2744 bits. Para um único slot de tempo, o formato é o mesmo, exceto pelo fato do campo de dados ter 240 bits.

O campo Endereço identifica qual dos oito dispositivos ativos é o destino do quadro. O campo Tipo identifica o tipo de quadro (ACL, SCO, polling ou nulo), o tipo de correção de erros usado no campo de dados, e de quantos slots é a duração do quadro. O bit Fluxo é definido por um escravo quando seu buffer está cheio e não pode receber mais dados. Essa é uma forma primitiva de controle de fluxo. O bit Confirmação é usado para transportar uma mensagem ACK em um quadro. O bit Sequência é usado para numerar os quadros, a fim de detectar retransmissões. O protocolo é *stop-and-wait*, e assim 1 bit é suficiente. Em seguida, temos o cabeçalho de 8 bits Total de verificação. O cabeçalho de 18 bits inteiro é repetido três vezes para formar o cabeçalho de 54 bits. No lado receptor, um circuito simples examina todas as três cópias de cada bit. Se todas as três forem iguais, o bit será aceito. Caso contrário, vence a opinião da maioria.

São usados vários formatos para o campo de dados de quadros ACL. Entretanto, os quadros SCo são mais simples: o campo de dados tem sempre 240 bits. São definidas três variantes, permitindo 80, 160 ou 240 bits de carga útil real, sendo os bits restantes usados para correção de erros. Na versão mais confiável, o conteúdo é simplesmente repetido três vezes, da mesma forma que o cabeçalho.