

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**DEFINIÇÃO DO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO PARA SISTEMA DE
AUXÍLIO A DEFICIENTES VISUAIS NO TRANSPORTE COLETIVO**

por

Leonardo dos Santos

André Luís Faustino da Silva,
Orientador

Itatiba (SP), novembro de 2005.

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO PARA SISTEMA DE AUXÍLIO A
DEFICIENTES VISUAIS NO TRANSPORTE COLETIVO**

por

Leonardo dos Santos

Relatório apresentado à Banca Examinadora do
Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
Elétrica para análise e aprovação.
Orientador: André Luís Faustino da Silva,
Professor.

Itatiba (SP), novembro de 2005

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE EQUAÇÕES	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1. Objetivo Geral	1
1.1.2. Objetivos Específicos	1
1.2. METODOLOGIA	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1. QUESTÕES DE PROJETOS RELACIONADAS ÀS CAMADAS	3
2.1.1. Endereçamento	4
2.1.2. Transferência de dados	5
2.1.3. Controle de erros	5
2.1.4. Controle de fluxo	5
2.2. ESPECIFICAÇÃO DO PROTOCOLO	5
3. PROJETO	6
3.1. O SISTEMA DE AUXÍLIO A DEFICIENTES VISUAIS (SADV)	6
3.1.1. Módulo móvel	6
3.1.2. Sistema de comunicação	6
3.1.3. Módulo de anúncio	7
3.2. PROJETO DAS CAMADAS	7
3.2.1. Física	8
3.2.2. Controle de acesso ao meio	9
3.2.3. Controle de erros	9
3.2.4. Apresentação	9
3.2.5. Aplicação	9
3.3. PROJETO DOS SERVIÇOS	10
3.3.1. Interfaces homem-máquina	10
3.3.2. Identificação das entidades	10
3.3.3. Garantia da ordem de envio	12
3.3.4. Controle de erro	12
3.3.5. Controle de acesso ao meio	12
3.4. PROJETO DO PROTOCOLO	15

3.4.1. Protocolo da camada de Aplicação	15
3.4.2. Protocolo da camada de Apresentação	16
3.4.3. Protocolo da camada de Correção de erros	19
3.4.4. Protocolo da camada de controle de acesso ao meio	23
3.4.5. Protocolo da Camada Física	25
CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
GLOSSÁRIO	28
ANEXO I – Legislação da faixa ISM no brasil	29

LISTA DE ABREVIATURAS

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USF	Universidade São Francisco
SADV	Sistema de Auxílio a Deficientes Visuais no transporte coletivo
ID	<i>Identification Device</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protocolo, Camadas e Interfaces.....	3
Figura 2 - Arquitetura de rede para SADV.....	8
Figura 3 - Composição das identificações no sistema.....	11
Figura 4 - Requisição do ID do veículo.....	15
Figura 5 - Teclado do módulo móvel	15
Figura 6 - Requisição da identificação do itinerário.....	15
Figura 7 - Requisição da identificação do sentido.....	16
Figura 8 – Mensagem para comandos inválidos	16
Figura 9 – Mensagem de reconhecimento de dados válidos.....	16
Figura 10 - Codificação Manchester	17
Figura 11 - Composição e abrangência do ID	17
Figura 12 Distribuição regional do transporte coletivo na RMC	18
Figura 13 - Diagrama temporal do CSMA/CA	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Objetivos dos Bits do ID com código de erros <i>Hamming</i> aplicado.....	21
--	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	19
Equação 2	20
Equação 3	21
Equação 4	21
Equação 5	21
Equação 6	22
Equação 7	22
Equação 8	22
Equação 9	22
Equação 10	22

RESUMO

SANTOS, Leonardo dos. **Protocolo de Comunicação para Sistema de auxílio a deficientes visuais no transporte coletivo**. Itatiba, 2005 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2005.

O sistema de auxílio a deficientes visuais (SADV) visa auxiliá-los no reconhecimento dos itinerários disponíveis do sistema de transporte coletivo de uma determinada região, obrigando o usuário apenas aguardar o aviso sonoro, anunciando que o ônibus desejado está próximo.

Obviamente que este sistema necessita de uma padronização de como procederão as entidades que o integram ao se comunicarem. Este trabalho propõe a definição de uma arquitetura de rede, das camadas e de seus serviços e por fim de um protocolo, apresentando todas as questões que permeiam esta padronização.

Quanto à arquitetura, o modelo proposto é semelhante ao modelo mais popular de arquitetura de rede, proposto por Day e Zimmermann em 1983, batizado como Modelo de Referência ISO OSI (*Open System Interconnection*).

Quanto ao protocolo, esta arquitetura permitirá a identificação dos itinerários e veículos da frota, o controle de acesso ao meio de transmissão, a detecção e correção de erros simples e em rajada, além de sugerir uma faixa de frequência de operação do sistema, baseada na regulamentação brasileira.

Palavras-chave: SADV. Protocolo. Camadas. Serviços.

ABSTRACT

SADV is a system developed to help blind people in urban transport recognition. A standard must be done to establish how entities will communicate.

This work proposal is define a protocol for SADV. It describes all steps to reach a applicable one: Its network scheme, entity layer, services and protocol.

Network scheme was developed based on Open System Interconnection Model. It is the most popular network system and it was developed by Day and Zimmermann in 1983.

Protocol allows system recognize vehicles, their destinies and it also allows channel access control and failure detection and correction.

Keywords: *SADV. Protocol. Layers. Services.*

1. INTRODUÇÃO

Um protocolo nada mais é que um acordo entre as partes que se interagem, estabelecendo como se dará a comunicação.

Para reduzir a complexidade do projeto, a maioria das redes é organizada como uma pilha de camadas ou níveis, colocadas umas sobre as outras. O número de camadas, o nome, o conteúdo e a função de cada camada diferem de uma rede para outra. No entanto, o objetivo de cada camada é oferecer determinados serviços às camadas superiores, isolando essas camadas dos detalhes de implementação destes recursos. Em certo sentido, cada camada é uma espécie de máquina virtual, oferecendo determinados serviços à camada situada acima dela.[2]

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo definir um protocolo de comunicação aplicável a um sistema de auxílio a deficientes visuais no transporte coletivo. Apresentando todas as questões que envolvem o estabelecimento deste protocolo.

1.1.2. Objetivos Específicos

Com a definição deste protocolo, objetiva-se prover os seguintes recursos ao sistema:

- Capacidade de identificação dos itinerários executados.
- Capacidade de identificação do veículo que executa o referido itinerário.
- Manutenção de conflitos de dados na transmissão ou recepção simultânea de informações entre as interfaces.

1.2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, fez-se um estudo de caso, considerando a implementação do sistema ao transporte coletivo da região metropolitana de Campinas, no estado de São Paulo, a fim de se definir quais os dados necessários para a identificação da frota.

Inicialmente, foi verificada a distribuição da frota e sugerido um modelo de identificação para seus veículos. Em posse destes resultados, foi feito um estudo de protocolos de comunicação já existentes, a fim de se verificar sua viabilidade de aplicação ao sistema ou sugerir um eventual recurso que ele disponha para o sistema em desenvolvimento.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 2 apresenta todas as questões que se busca solucionar ao estabelecer um protocolo de comunicação.

O capítulo 3 apresenta o projeto desenvolvido, dividido em quatro etapas:

Na primeira são apresentadas as características do sistema de auxílio para deficientes visuais no transporte coletivo. Na segunda etapa, é definida uma arquitetura de rede, envolvendo as entidades que compõem o sistema. Na terceira etapa, são projetados os serviços de cada uma das camadas da arquitetura proposta e por fim, a quarta etapa apresenta o protocolo sugerido para implementação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para reduzir a complexidade do projeto, a maioria das redes é organizada como uma pilha de camadas ou níveis, colocadas umas sobre as outras. O número de camadas, o nome, o conteúdo e a função de cada camada diferem de uma rede para outra. No entanto, o objetivo de cada camada é oferecer determinados serviços às camadas superiores, isolando essas camadas dos detalhes de implementação destes recursos. Em certo sentido, cada camada é uma espécie de máquina virtual, oferecendo determinados serviços à camada situada acima dela.[2]

As entidades que ocupam camadas correspondentes em diferentes dispositivos é que se comunicam utilizando o protocolo. Elas são conhecidas como pares e podem ser processos, dispositivos de hardware ou mesmo seres humanos.

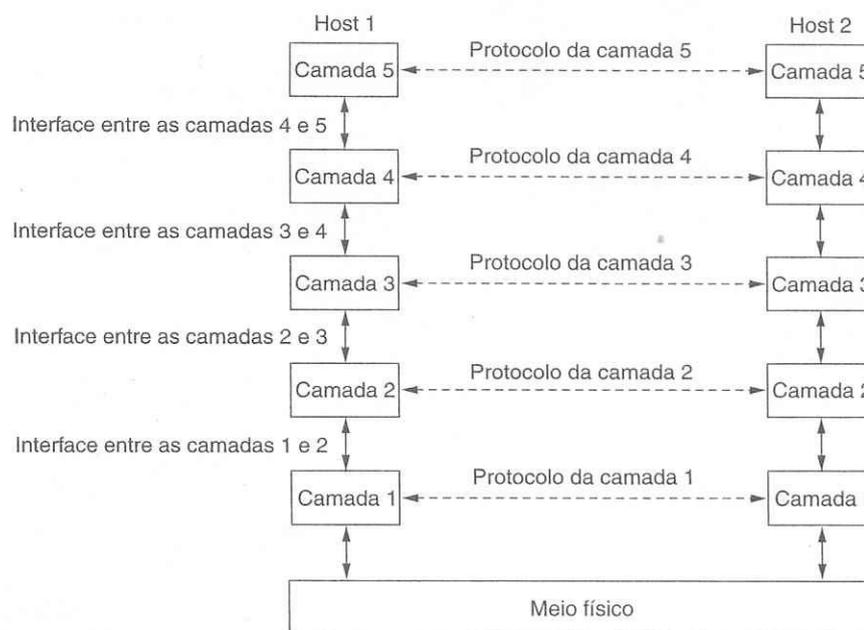


Figura 1 - Protocolo, Camadas e Interfaces

A este conjunto de camadas e protocolos dá-se o nome de arquitetura de rede e para seu desenvolvimento, é necessário observar os seguintes critérios.

2.1. QUESTÕES DE PROJETOS RELACIONADAS ÀS CAMADAS

Às operações e aos serviços que a camada inferior tem a oferecer a camada superior dá-se o nome de interface. É importante ressaltar que esta interface não é o protocolo em si, apenas faz

parte dele. Deve ficar claro que o objetivo do protocolo é estabelecer a comunicação entre os dispositivos que compõe o sistema, objetivando assegurar a compatibilidade entre as entidades, camada por camada.

Estes serviços devem ser descritos na especificação do protocolo, abordando os seguintes pontos:

- Uma exposição geral do propósito da camada
- Uma especificação exata do serviço fornecido pela camada.
- Uma especificação exata do serviço necessário a ser fornecido pela camada imediatamente acima desta.
- A estrutura interna da camada, em termos das entidades e de suas relações.
- Uma descrição dos protocolos entre as entidades, incluindo uma descrição geral e informal da operação das entidades, e uma descrição do protocolo que liste os tipos e formatos das mensagens trocadas entre as entidades e as regras que governam a reação de cada entidade aos comandos nas interfaces, mensagens de outras entidades e eventos internos.
- O número de camadas deve ser grande o bastante para que funções distintas não precisem ser desnecessariamente colocadas na mesma camada, e pequeno o suficiente para que a arquitetura não se torne difícil de controlar.
- Detalhes adicionais, tais como considerações para melhorar o desempenho, sugestões para implementação, ou uma descrição simples que se aproxime de uma implementação.

De maneira geral, o cumprimento destas etapas permitirá a resolução de questões fundamentais que estão presentes no desenvolvimento de cada camada. São elas:

2.1.1. Endereçamento

Todas as entidades precisam de um mecanismo para identificar os transmissores e receptores.

2.1.2. Transferência de dados

Se ocorrer em um ou mais sentidos, quais são os canais lógicos e suas prioridades (geralmente são oferecidos dois canais: um para dados normais, outra para dados urgentes).

2.1.3. Controle de erros

Meio pelo qual o receptor pode informar se a mensagem recebida está correta e até mesmo promover correção dos dados recebidos, a fim de obter o sucesso na transmissão o quanto antes possível.

2.1.4. Controle de fluxo

Este recurso permite verificar a situação do receptor, evitando que o mesmo seja “entupido”, por não suportar a taxa de transmissão estabelecida pelo transmissor. É possível controlá-lo a partir de uma comunicação prévia entre as entidades, ou simplesmente, pré-determinando a velocidade de transmissão.

2.2. ESPECIFICAÇÃO DO PROTOCOLO

Não que uma descrição informal de um protocolo (até mesmo a casual) deixe de ter seus méritos - já que permite a compreensão mais rápida da fundamentação do sistema – mas é primordial que a descrição ou especificação formal de um protocolo seja objetiva e precisa, tornado-o livre de riscos de não cobrir todas as possíveis situações da comunicação a ser controlada, ou de funcionar indevidamente sob certas condições ou até mesmo de ser implementado em sistemas distintos por equipes diferentes, segundo interpretações particulares incompatíveis.

3. PROJETO

3.1. O SISTEMA DE AUXÍLIO A DEFICIENTES VISUAIS (SADV)

Para execução deste trabalho, foi considerado que o sistema de auxílio aos deficientes visuais no transporte coletivo dispõe dos mesmos recursos propostos por Gomes, Eliseu, 2005.

A proposta define que o sistema é composto basicamente de três blocos: um módulo móvel, um sistema de comunicação e um módulo de anúncio.

3.1.1. Módulo móvel

Esta é a primeira interface homem máquina do sistema. É a partir dela que o motorista do transporte coletivo indica qual o trajeto que executará.

Toda esta interação dá-se a partir de um teclado, para entrada de dados, e um display para verificação destes dados de entrada e envio de mensagens do módulo ao usuário, durante sua configuração.

3.1.2. Sistema de comunicação

Este bloco é o responsável pela comunicação entre os módulos que compõe o sistema. Nele se resolvem todas as questões apresentadas no desenvolvimento do protocolo de comunicação (endereçamento, transferência de dados e controles de erro e fluxo).

Para uma eventual instalação deste sistema, cada um dos veículos da frota recebe uma identificação. Isto também se aplica a cada um dos itinerários que a frota deve executar.

O sistema de comunicação ainda é sub dividido como:

3.1.2.1. Sistema de transmissão.

Os dados de entrada são requisitados ao motorista do veículo e cabe a este sistema reconhecê-las, codificá-las e disponibilizá-las no meio de transmissão.

3.1.2.2. Sistema de recepção

Compete fundamentalmente a esta etapa retirar os dados no meio de transmissão, interpretá-los e enviá-los corretamente ao módulo de anúncio.

3.1.3. Módulo de anúncio

Este é o último bloco funcional e seu objetivo é estabelecer a interface homem-máquina com o outro usuário do sistema, ou seja, o usuário do transporte coletivo.

Ao receber do sistema de comunicação a informação fornecida pelo motorista, compete a este módulo interpretá-la e alertar o usuário que está no ponto qual o veículo que se aproxima. O aviso é sonoro e consiste numa frase anunciando o nome e o número do itinerário executado pelo veículo.

3.2. PROJETO DAS CAMADAS

Para efetivamente iniciar o desenvolvimento do protocolo, é preciso estabelecer quais são as camadas que arquitetam este sistema e quais são os serviços executados por estas camadas. É importante enfatizar que há uma diferenciação entre os conceitos de serviço e protocolo.

Um serviço define as operações que a camada tem competência para executar, mas não informa nada sobre sua implementação. Ele torna clara a interface entre duas camadas subseqüentes. Já o protocolo é o conjunto das regras que dá significado ao formato das mensagens trocadas pelas entidades, ou seja, é dele a responsabilidade de implementação das definições dos serviços.

Enfim, eles são independentes, permitindo que se troque indefinidamente um protocolo, desde que não se altere o serviço proposto àquela camada.

Especificamente neste projeto, a escolha das camadas e de seus respectivos serviços assemelha-se ao modelo desenvolvido pela ISO (*International Standards Organization*).

Esta proposta foi o primeiro passo em direção a padronização internacional dos protocolos empregados nas diversas camadas (Day e Zimmermann, 1983) e que foi revisto em 1995 (Day, 1995). O modelo é chamado de **Modelo de Referência ISO OSI** (*Open System Interconnection*), (Tanenbaum, 2003).

Ao observar o SADV como descrito [1], pode-se sugerir inicialmente a necessidade das seguintes camadas e serviços:

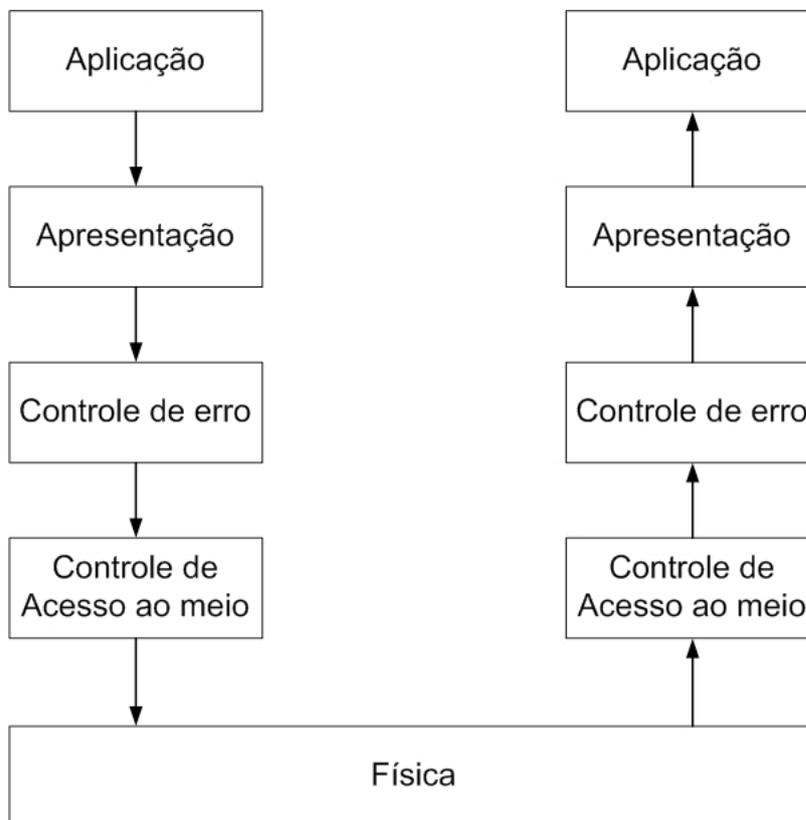


Figura 2 - Arquitetura de rede para SADV

3.2.1. Física

Esta camada abriga o meio de transmissão e como se obtém o efetivo envio da informação. Trata de questões como os níveis permissíveis de transmissão de sinal, de sua duração, da compatibilidade do meio aos sentidos de comunicação (se o sistema é *simplex*, *half* ou *full duplex*).

Especificamente para este projeto, só há uma possibilidade de meio de transmissão: o aéreo. Isto leva a crer que a “conexão” dos módulos ao meio dar-se-á a partir de antenas e seu dimensionamento não é o propósito deste trabalho. Mas é importante ressaltar que este dimensionamento, bem como as características dos sinais envolvidos na transmissão, são dependentes da definição do protocolo e da tecnologia adotada para sua implementação.

3.2.2. Controle de acesso ao meio

O canal de comunicação bruto, estabelecido pelo meio físico, deve se tornar livre de erros. O propósito desta camada é prevenir as falhas provenientes da colisão dos dados.

Para isso a camada de controle de acesso ao meio visa garantir que nenhuma entidade do sistema monopolize o canal.

3.2.3. Controle de erros

À camada de controle de erros, cabe a responsabilidade de prover mecanismos de correção de erros que ainda possam ocorrer devido a colisões de dados, mesmo sendo implementado o sistema de proteção proposto para a camada anterior.

3.2.4. Apresentação

A camada de apresentação converte os resultados da interface homem-máquina em dados compatíveis à transmissão. Deve-se atentar para o fato de que todas as camadas anteriormente apresentadas preocupam-se exclusivamente com a garantia da qualidade da comunicação. Juntamente com a camada de apresentação, somente a camada de aplicação objetiva à manipulação efetiva da informação.

3.2.5. Aplicação

Cabe à camada de aplicação, simplificar a interface homem-máquina em todas as entidades do sistema.

No módulo móvel, a simplificação do sistema é feita a partir do teclado, para entrada de dados, e do display, para que o módulo possa solicitar os dados ao usuário de maneira compreensível.

Já no módulo de anúncio, a interface homem-máquina dá-se a partir do alerta sonoro, ou seja, tendo os dados decodificados pela camada de apresentação, cabe à camada de aplicação transformar o código em mensagem confortável ao usuário.

3.3. PROJETO DOS SERVIÇOS

3.3.1. Interfaces homem-máquina

Nesta sessão fica devidamente estabelecida qual a linguagem utilizada para a relação dos módulos com os seus usuários.

3.3.1.1. Módulo móvel

Assim como proposto para o SADV [1], o módulo móvel dispõe de um teclado e de um display para a troca de informação com o motorista.

Devido ao formato do teclado, a requisição do ID do itinerário e do veículo deve estar pronta para receber como resposta uma numeração do itinerário e do veículo. Além disso, o display é o meio pelo qual o usuário terá condições de verificar se os dados de entrada foram devidamente reconhecidos pelo módulo.

3.3.1.2. Módulo de anúncio

A única forma de interface entre os usuários e o módulo de anúncio é o alerta sonoro. Ele deve ser composto do nome do itinerário e seu sentido, por exemplo “Jardim Pacaembu, sentido centro”.

3.3.2. Identificação das entidades

O objetivo da arquitetura de rede proposta é única e exclusivamente permitir ao módulo de anúncio reconhecer cada um dos veículos e executar o devido anúncio.

Como já foi mencionada, a camada física, a de controle de acesso ao meio e a de correção de erros preocupam-se somente com a garantia do envio dos dados, mais especificamente, com o endereçamento e os controles de erro e fluxo. Já as camadas de apresentação e aplicação é que são dedicadas à transferência de dados.

Antes de estabelecer a transferência, é preciso padronizar como um serviço qual é a informação que se deseja transportar por esta arquitetura.

No SADV, a informação prioritária é o itinerário que o veículo executa. Portanto, este deve ser o primeiro dado a ser transmitido, mas este não pode ser o único, se observada as seguintes questões:

- É previsto um número máximo de anúncios de um itinerário, estando o veículo dentro da faixa de captura do módulo de anúncio. Como poderá o sistema limitar este número, se dois veículos que executem o mesmo itinerário estiverem na área de captura?
- É conhecido que todo o sistema de transporte coletivo tem a identificação dos itinerários a partir de numeração. No entanto, ela é a mesma numeração para percurso centro-bairro ou bairro-centro. Como identificar o trajeto que o veículo executa naquele instante, se eventualmente ele pode passar por um ponto em qualquer um de seus trajetos?

Nota-se, portanto, que além da informação principal que é o itinerário, há outras duas informações necessárias que permitem a manutenção dos recursos do sistema como proposto: o envio de identificadores de sentido e de veículo.

Vale observar que o dado de identificação do veículo é importante, independentemente do modelo de comunicação. Para comunicação *Simplex*, essa informação permitirá ao módulo de anúncio reconhecer que um veículo atingiu o número máximo de identificações previstas pelo sistema. Nos modelos *Half* e *Full Duplex*, será permitido ao sistema endereçar eventuais respostas que possam ser requisitadas pelos inúmeros módulos móveis.

Desta forma, fica estabelecido que os dados essenciais para a perfeita comunicação neste sistema e sua ordem de importância são propostos a seguir:

<i>MS ID</i>		<i>LS ID</i>
ID da linha	ID do sentido	ID do veículo

Figura 3 - Composição das identificações no sistema

Onde:

- MS_ID: do inglês *Most Significant Identification*, refere-se à parte prioritária da identificação de uma entidade.
- LS_ID: do inglês *Last Significant Identification*, refere-se à parcela menos prioritária na identificação em uma entidade.

Todo este bloco de dados recebe o nome de *PDU_core* (do inglês, Unidade ou dispositivo fundamental do protocolo).

Com relação à arquitetura proposta, o *PDU_core* é gerado pela camada de **apresentação**, a partir dos dados recebidos na interface homem-máquina na camada de **aplicação**. O sentido inverso desta interface também é válido, se considerado que a arquitetura proposta está abrigada na entidade Módulo de Anúncio, onde os dados são entregues à camada de aplicação, depois de garantido seu envio sem falhas pelas camadas física, de correção de erros e de controle de acesso ao meio.

3.3.3. Garantia da ordem de envio

O objetivo deste serviço é estabelecer o sincronismo das entidades. Para isso, a única tarefa necessária para garantia da ordem de envio dos pacotes de dados é estabelecer uma marca de início e fim das mensagens.

3.3.4. Controle de erro

Praticamente todos os enlaces sem fios utilizam-se de sistemas de correção de erros, por serem meios de comunicação mais ruidosos e propensos a erros, se comparados com a fiação de cobre ou fibra óptica.

Enfim, o sistema tem que ser capaz de garantir a transmissão em um sistema com a taxa de erros muito elevada, diferentemente dos sistemas com fio de cobre ou fibra de óptica, onde a retransmissão e a detecção de erros são mais eficientes para lidar com o erro ocasional.

3.3.5. Controle de acesso ao meio

Pode-se nomear o SADV como uma rede de difusão, ou seja, a comunicação das entidades se dá pela disputa do canal de comunicação. Neste modelo de rede, a questão fundamental é determinar quem tem o direito de usar o canal. Há dois esquemas possíveis para alocação de um único canal: estático e dinâmico.

3.3.5.1. Esquema estático

O esquema estático baseia-se na divisão da largura de banda do canal em N partes para que N usuários obtenham acesso. Desta forma, não há interferência de uma entidade a outra do sistema, já que cada uma opera em uma banda particular de frequência.

No entanto, este sistema não é conveniente ao SADV por dois motivos. No primeiro, se o espectro for dividido em N áreas, e menos de N transmissores estiverem aptos à comunicação – fenômeno comumente observado na região dos bairros – uma grande parte do espectro é desperdiçada. Por outro lado, se o número de entidades for superior a N , como ocorre na região central, algumas delas terão o acesso negado por falta de largura de banda, mesmo que as entidades as quais foi alocada uma banda de frequência raramente transmitam ou recebam dados. Enfim, a alocação de canais particulares dentro do espectro de transmissão limita a abrangência do sistema, qualquer que seja o número de entidades aptas à comunicação.

3.3.5.2. Esquema dinâmico

Já para o esquema dinâmico, existem cinco princípios que devem fundamentar o protocolo elaborado para o sistema. São eles:

3.3.5.2.1. Modelo da estação

O modelo consiste de entidades independentes, cada qual com um programa ou usuário que gera dados a uma taxa constante para transmissão. Uma vez gerados os dados, a entidade é bloqueada e nada faz até que o quadro tenha sido transmitido com êxito.

3.3.5.2.2. Canal único.

Há um único canal para todas as comunicações e todas as entidades e enviam e recebem quadros por ele.

3.3.5.2.3. Colisão

Se dois quadros são transmitidos simultaneamente, o sinal resultante é adulterado, resultando numa colisão. Todas as entidades devem ser capazes de detectar uma colisão. Vale ressaltar também que não há outro erro além dos gerados por colisões.

3.3.5.2.4. Tempo contínuo

A transmissão por quadro pode começar a qualquer instante. Não há um relógio-mestre dividindo o tempo em intervalos discretos.

3.3.5.2.5. Detecção de portadora

As entidades conseguem detectar se o canal está ocupado, antes de tentarem utilizá-lo. Nenhuma estação tentará utilizar o canal até que ele fique livre.

3.4. PROJETO DO PROTOCOLO

Nesta etapa são efetivamente definidos os protocolos, ou seja, a implementação dos serviços propostos ao SADV.

3.4.1. Protocolo da camada de Aplicação

Com o sistema devidamente iniciado, deve-se requisitar ao condutor a identificação do veículo, a partir da seguinte mensagem:

“Informe o número do veículo:”

Figura 4 - Requisição do ID do veículo

O condutor utiliza o teclado disposto como sugerido no projeto do SADV [1] e digita o número do veículo. Caso o condutor cometa algum erro de digitação, deverá pressionar a tecla “*”, cancelando a operação.

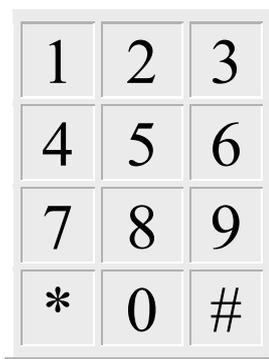


Figura 5 - Teclado do módulo móvel

Em seguida, é requisitado o itinerário executado, a partir da seguinte mensagem:

“Informe o número da linha:”

Figura 6 - Requisição da identificação do itinerário

O condutor deve então utilizar o teclado e digitar o número correspondente ao itinerário e digitar a tecla “#” para sua confirmação.

Cada número digitado pelo condutor deverá aparecer no display assim que digitado, permitindo que o usuário verifique imediatamente cada ação.

Após a confirmação, deve-se apresentar no display a mensagem:

“Informe o destino (1 – Bairro / 2 – Centro):”

Figura 7 - Requisição da identificação do sentido

Neste instante, só devem ser habilitadas ao usuário as teclas 1, 2, * e #. Para confirmação do destino escolhido, pressiona-se a tecla #, caso contrário, pressiona-se a tecla *.

Caso os dados fornecidos pelo condutor não sejam válidos, o sistema deve apresentar a seguinte mensagem:

“Código inválido, pressione #:”

Figura 8 – Mensagem para comandos inválidos

Ao término destas requisições, o display deve apresentar o nome do itinerário executado e seu sentido, sendo as informações fornecidas válidas:

“Jardim Pacaembu – Centro:”

Figura 9 – Mensagem de reconhecimento de dados válidos.

3.4.2. Protocolo da camada de Apresentação

Apenas diferentes velocidades de *clock* podem fazer o módulo de anúncio e o módulo móvel não reconhecerem os limites de bits, em especial após uma longa seqüência de valores 0 consecutivos ou de valores 1 consecutivos.

Portanto, o SADV necessita de uma maneira através da qual se determine exatamente o início, o fim e o meio de cada bit, sem fazer referência a um *clock* externo. Sugere-se que seja utilizada a **codificação Manchester**.

Neste padrão de codificação, cada período de bits é dividido em dois intervalos iguais. Um bit 1 binário é enviado quando a tensão é definida como alta durante o primeiro intervalo, e como baixa no segundo intervalo. Um bit 0 binário é exatamente o oposto: o primeiro em baixo, e depois alto. Esse esquema garante que cada período de bit terá uma transição na parte intermediária, tornando fácil para o receptor sincronizar-se com o transmissor. A desvantagem é que esta codificação exige duas vezes mais largura de banda que a codificação binária direta, pois os pulsos são metade da largura (Tanenbaum, 2003).

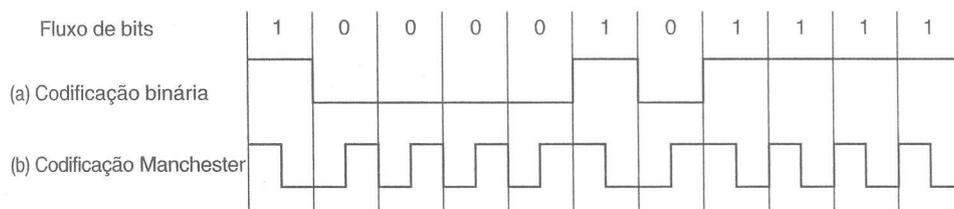


Figura 10 - Codificação Manchester

3.4.2.1. Composição dos IDs

O ID a ser transmitido deve conter vinte e quatro bits, dispostos como apresentado a seguir:

	AOE	ID itinerário	ID Sentido	ID Veículo
Quantidade de bits	4 bits	8 bits	1 bit	12 bits
Abrangência	16 regiões	256 itinerários por AOE	2 sentidos (bairro-centro e centro-bairro).	4096 veículos por AOE

Figura 11 - Composição e abrangência do ID

Onde:

A.O.E: Área de Operação Exclusiva.

É importante ressaltar que as camadas subseqüentes também incluirão dados na informação que será transmitida, no entanto, somente os dados providos nesta camada correspondem à identificação necessária ao sistema.

3.4.2.2. Área de Operação Segura

Este dígito é dado ao Itinerário conforme a sua região de circulação.

Esta área do quadro de composição do ID foi estabelecida a partir do estudo da estruturação do transporte coletivo na região metropolitana de Campinas RMC, no estado de São Paulo, que é gerenciado por dois órgãos distintos.

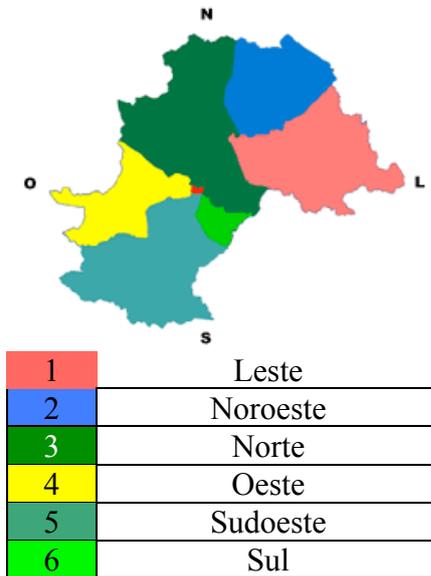


Figura 12 Distribuição regional do transporte coletivo na RMC

O primeiro é a TRANSURC, Transportes Urbanos de Campinas, que responde pelos veículos de circulação municipal. Ela dividiu o município em regiões e, a cada uma delas, concedeu a circulação de frotas das seguintes empresas associadas:

- EBVL – Empresa Bortolotto de Viação LTDA.

Frota de 21 ônibus distribuídos em sete linhas

Área de atuação: Leste

-RLC – Rápido Luxo Campinas

Frota de 68 ônibus distribuídos em 15 linhas

Área de atuação: Sul

- TUCA – Transportes Urbanos de Campinas

Frota de 200 ônibus (18 como reserva) distribuídos em 49 linhas

Área de atuação: Noroeste e Norte.

-URCA – Urbanos Campinas

Frota de 186 ônibus (21 veículos de reserva) distribuídos em 46 linhas.

Área de atuação: Sudoeste.

- VBTU – Transporte Urbano Ltda.

Frota de 249 ônibus distribuídos em 60 linhas

Área de atuação: Norte, Oeste e Sudoeste.

-VML – Viação Morumbi Ltda.

Frota de 85 ônibus (6 veículos de reserva) distribuídos em 19 linhas

Área de atuação: Oeste.

Fonte: TRANSURC, www.transurc.com.br

A segunda concessionária é a Empresa Municipal de Transporte Urbano, a EMTU. Esta tem responsabilidade pelo sistema intermunicipal de transporte coletivo. Dispõe de 435 veículos, distribuídos em 113 linhas, e são gerenciados por onze empresas diferentes.

3.4.3. Protocolo da camada de Correção de erros

A camada de correção de erros utiliza dois mecanismos para garantir o êxito na transmissão de dados. São eles:

3.4.3.1. Código polinomial

Para sua implementação, os módulos de anúncio e móvel devem possuir um polinômio gerador do código $G(x)$, definido pela equação a seguir:

$$G(x) = x^4 + 1 = 10001_b$$

Equação 1

O código polinomial se baseia no tratamento de quadro de bits como representações de polinômios com coeficientes 0 e 1 apenas. Um quadro com k bits é considerado a lista de coeficientes para um polinômio de k termos, variando desde x^{k-1} até x^0 . O polinômio possui grau $k-1$. O bit de mais alta ordem (mais a esquerda) é o coeficiente x^{k-1} , o bit seguinte é o coeficiente x^{k-2} e assim por diante.

No módulo de anúncio, a camada de controle de erros executará a divisão do polinômio gerador pelo quadro de bits que se deseja transmitir, com cinco zeros incluídos em sua extremidade de baixa ordem. Esta divisão longa é efetuada do mesmo modo que em binário, exceto pelo fato de que a subtração deve ser de módulo 2, ou seja, não há empréstimos para a subtração (a operação é idêntica à operação lógica OU-EXCLUSIVO).

O resto desta operação deve e fornecido à camada de controle de acesso ao meio. Para isso, ele será incluído ao final do ID a ser transmitido.

3.4.3.2. Código *Hamming*

Assim como na maioria dos enlaces sem fio, o SADV possuirá também um mecanismo para correção de erros na transmissão que inclui informações redundantes suficientes para que o receptor reconheça qual era o quadro original. O uso deste tipo de código de correção de erros é costumeiramente chamado de correção antecipada de erros.

Especificamente para o SADV, será utilizado o método desenvolvido por *Hamming* (1950). No protocolo da camada de apresentação, foi apresentada a necessidade de vinte e cinco bits para a composição do identificador. Este número de bits necessita de, pelo menos, 5 bits para ser representado em base binária, já que:

$$25_d = 11001_b \qquad \text{Equação 2}$$

A camada de controle de erros incluirá cinco bits na transmissão, conseqüentemente serão transmitidos trinta bits.

Para aplicar o método proposto por *Hamming*, estes bits são numerados de 1 a 30. Nas posições onde o número identificador é uma potência de dois, (por exemplo, bit 4), estão alocados os bits de verificação. Já nos demais, está a informação propriamente dita.

Tabela 1 – Objetivos dos Bits do ID com código de erros *Hamming* aplicado

Bits	Descrição	Identificador
1	Bit de verificação	h1
2	Bit de verificação	h2
3	Bit 1 de dados	d1
4	Bit de verificação	h3
5	Bit 2 de dados	d2
6	Bit 3 de dados	d3
7	Bit 4 de dados	d4
8	Bit de verificação	h4
9	Bit 5 de dados	d5
10	Bit 6 de dados	d6
11	Bit 7 de dados	d7
12	Bit 8 de dados	d8
13	Bit 9 de dados	d9
14	Bit 10 de dados	d10
15	Bit 11 de dados	d11
16	Bit de verificação	h5
17	Bit 12 de dados	d12
18	Bit 13 de dados	d13
19	Bit 14 de dados	d14
20	Bit 15 de dados	d15
21	Bit 16 de dados	d16
22	Bit 17 de dados	d17
23	Bit 18 de dados	d18
24	Bit 19 de dados	d19
25	Bit 20 de dados	d20
26	Bit 21 de dados	d21
27	Bit 22 de dados	d22
28	Bit 23 de dados	d23
29	Bit 24 de dados	d24
30	Bit 25 de dados	d25

Os bits de verificação são obtidos a partir do cálculo da paridade par do dado a ser transmitido. Para verificar quais são os bits de verificação que sofrem influência de um determinado bit, basta apenas decompô-lo em uma somatória de potências de dois, por exemplo:

$$24_d = 11000b \quad \text{Equação 3}$$

$$24_d = 2^4 + 2^3 \quad \text{Equação 4}$$

$$24_d = 16 + 8 \quad \text{Equação 5}$$

Portanto, os bits de verificação 16 (h5) e 8(h4) utilizam o bit 24 (d19) para cálculo da paridade que vão indicar. As equações a seguir apresentadas determinam o cálculo de paridade para cada um dos bits de verificação:

$$H1 = d1 \oplus d2 \oplus d4 \oplus d6 \oplus d8 \oplus d10 \oplus d12 \oplus d14 \oplus d16 \oplus d18 \oplus d20 \oplus d22 \oplus d4 \oplus d6 \quad \text{Equação 6}$$

$$h2 = d1 \oplus d3 \oplus d4 \oplus d6 \oplus d7 \oplus d10 \oplus d11 \oplus d13 \oplus d14 \oplus d17 \oplus d18 \oplus d21 \oplus d22 \oplus d25 \quad \text{Equação 7}$$

$$h3 = d2 \oplus d3 \oplus d4 \oplus d8 \oplus d9 \oplus d10 \oplus d11 \oplus d15 \oplus d16 \oplus d17 \oplus d18 \oplus d23 \oplus d24 \oplus d25 \quad \text{Equação 8}$$

$$h4 = d5 \oplus d6 \oplus d7 \oplus d8 \oplus d9 \oplus d10 \oplus d11 \oplus d19 \oplus d20 \oplus d21 \oplus d22 \oplus d23 \oplus d24 \oplus d25 \quad \text{Equação 9}$$

$$h5 = d12 \oplus d13 \oplus d14 \oplus d15 \oplus d16 \oplus d17 \oplus d18 \oplus d19 \oplus d20 \oplus d21 \oplus d22 \oplus d23 \oplus d24 \oplus d25 \quad \text{Equação 10}$$

O cálculo da operação lógica OU-EXCLUSIVO é que determina a paridade par entre os bits de dados utilizados.

Numa eventual falha de transmissão é possível reconhecer qual o bit falhou, a partir do número *h5h4h3h2h1*, convertido em decimal, pois este representará a posição do bit no quadro transmitido. Quando detectado a falha, basta realizar a inversão lógica do bit identificado.

É importante ressaltar que o mecanismo de *Hamming* permite somente a correção de erros simples. Para a manutenção de falhas em rajadas, o módulo de anúncio deve efetuar uma operação conjunta deste mecanismo com o código polinomial antes apresentado, ou seja, o módulo de anúncio deve efetuar o procedimento proposto em 3.4.3.1 ao receber um ID e compará-lo com o resto, recebido durante o quadro RTS, apresentado mais adiante no protocolo da camada de controle de acesso ao meio, seção 3.4.4.

Depois de efetuada uma correção simples, o dado resultante também deve ser comparado a este resto antes recebido (*RTS*) e considerado válido se a comparação obtiver êxito. Caso contrário, ele será desprezado.

3.4.4. Protocolo da camada de controle de acesso ao meio

Na arquitetura de rede do SADV, o tráfego de quadros é dito ser em rajadas, ou seja, uma entidade gera tráfego durante um intervalo pequeno de tempo, no entanto quando o gera, ela necessita de todo o recurso da rede (o canal).

Portanto, o procedimento mais adequado para esta arquitetura é prover que o canal seja destinado a cada entidade da rede, em curto período de tempo, e para isto, a camada de enlace de dados executa o controle de acesso ao meio, considerando um protocolo que atende as demandas de serviço descritas no projeto dos serviços das camadas, item 3.3.5.

O mecanismo proposto para acesso ao meio é chamado de *distributed coordination function* (DCF). Ele é baseado em um esquema de acesso aleatório usando detecção de portadora, evitando colisões (*Carrier Sense Multiple Access with Congestion Avoidance – CSMA/CA*).

Neste protocolo, sempre que uma entidade está apta a transmitir, ela monitora a atividade do canal. Se o canal estiver ocioso por um período superior ao período chamado de tempo de quadros distribuídos (*distributed interframe space – DIFS*), a entidade transmite o pacote. Caso contrário, ela monitora o canal até que esteja ocioso por um período de tempo igual a DIFS e então inicia um contador de duração aleatória (*backoff*) antes de iniciar sua transmissão. Além disso, para que uma única entidade não monopolize o canal, ela deve executar esse procedimento a cada quadro a ser transmitido.

Este procedimento permite ao transmissor estimular o receptor a transmitir um quadro curto de saída, para que as entidades próximas possam detectar essa transmissão e evitar transmitir enquanto o quadro de dados (ID) é recebido.

A figura 13 apresenta como se procede a permissão para envio de quadros.

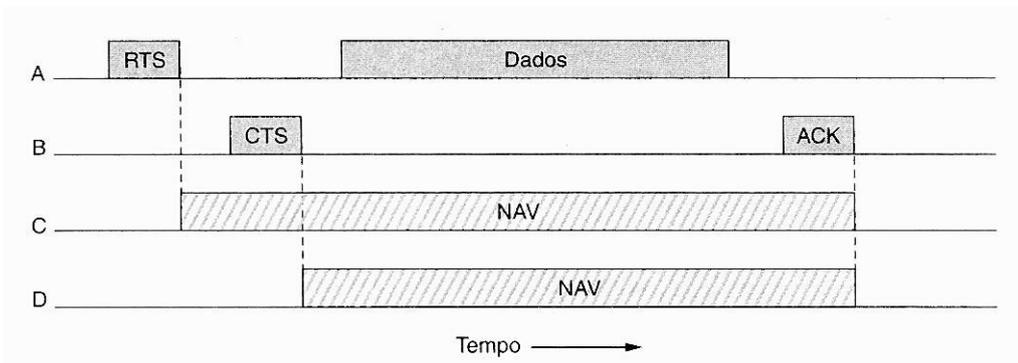


Figura 13 - Diagrama temporal do CSMA/CA

Uma entidade inicia a transmissão enviando ao módulo de anúncio um quadro **RTS** (*Request to send*). Em seguida, o módulo de anúncio responde um quadro **CTS** (*Clear to send*) e após o recebimento deste por parte do módulo móvel, a transmissão do ID é realizada.

Os quadros RTS e CTS são compostos de informações do código polinomial, geradas na camada de controle de erros, item 3.4.3. O NAV (vetor de alocação da rede) corresponde ao tempo de *backoff*. Vale observar que ele pode ser diferente dependendo do instante em que a entidade monitora o canal.

Embora seja simples o procedimento, só é possível verificar sua verdadeira utilidade no controle de acesso ao meio, quando se observa esta dinâmica com vários painéis de controle disputando o canal.

Na figura 13, são apresentadas as entidades A, C e D, que são painéis de controle. Já a entidade B representa um módulo de anúncio. Considerando que todos os requisitos para a transmissão do sinal no meio estejam atendidos, faz-se então a análise da transmissão do ID da entidade A para o módulo de anúncio.

Num instante, a entidade C detecta o envio do RTS do módulo móvel A e então permanecem inativas até que o CTS da entidade B seja enviado. E no segundo instante, quando o CTS de B é transmitido, as estações C e D o detectam, e permanecem inativas até que o ID de A seja enviado.

Mesmo com a utilização dos quadros RTS e CTS, o sistema não está isento de conflitos. A estação C, por exemplo, é capaz de detectar o RTS de A, mas não o CTS de B. Logo ela está livre para transmitir, enquanto o ID é enviado.

Para sanar o problema desta colisão de dados, o módulo de anúncio deve transmitir um quadro denominado *Acknowledge (ACK)*, que confirma o êxito no envio do ID, resultante da comparação entre o quadro recebido e os dados RTS enviados pela entidade transmissora.

Além disso, o *ACK* é o indicador de que o módulo receptor está apto a novas transmissões e por isso, libera as entidades para uma nova disputa do canal.

3.4.5. Protocolo da Camada Física

Para esta camada não está definido um protocolo. O que se apresenta aqui são propostas para sua implementação.

Quanto à frequência de operação, sugere-se que a frequência de transmissão deste sinal esteja alocada na banda de frequência destinada às aplicações industriais científicas e médicas conhecidas como ISM. O anexo 1 apresenta o quadro de alocação do espectro de frequência no Brasil, regulamentado pela Agência Nacional de Telecomunicações, a ANATEL.

Dentro da banda ISM, as frequências sugeridas para operação, ou seja, sinal da portadora de dados são 915MHz e 2,4GHz.

Para minimizar a interferência entre dispositivos que operam nessa faixa, ou seja, não coordenados, todos os dispositivos nas bandas ISM devem utilizar técnicas de espectro de dispersão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de conclusão de curso definiu a arquitetura de rede, suas camadas, serviços e por fim um protocolo aplicável ao sistema de auxílio a deficientes visuais no transporte coletivo SADV. Desta forma, promoveu-se ao sistema os seguintes recursos:

- ❑ Identificação dos itinerários executados por cada veículo da frota.
- ❑ Identificação de cada um dos veículos da frota.
- ❑ Identificação do sentido do itinerário (centro-bairro ou bairro-centro).
- ❑ Reconhecimento de eventuais áreas de operação exclusiva (limite máximo de dezesseis áreas), dependendo da estruturação do transporte coletivo abrangido pelo sistema.
- ❑ Capacidade de identificação de até 256 itinerários e 4096 veículos por área de operação exclusiva.
- ❑ Mecanismo de controle de acesso ao meio, permitindo aos módulos móveis a disputa pelo canal de transmissão.
- ❑ Mecanismo de detecção de erros e correção de erros simples, objetivando o sucesso da transmissão o mais imediatamente possível.
- ❑ Interfaces amigáveis entre os módulos e seus usuários, tanto no ponto de ônibus, quanto no veículo.

No protocolo, não foram especificados os requisitos da camada física, foram apenas sugeridos quais os recursos que a camada deve dispor, dando liberdade de escolha a possíveis implementações, desde que sejam respeitados as interfaces e os protocolos definidos para as camadas subsequentes.

Sugere-se que sejam elaborados trabalhos objetivando a simulação deste protocolo, objetivando a sua validação e medição de eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GOMES, Eliseu; “*Sistema de Auxílio a Deficientes Visuais no Transporte Coletivo*”. Trabalho de Conclusão de Curso, USF, Itatiba, 2005.
- [2] TANENBAUM, Andrew S. “*Redes de Computadores*”, ED. CAMPUS, ISBN 85.352.118-53, pp. 23-25; 72-76 18/08/2003.
- [3] MOURA, José Antão Beltrão; SUAVÉ, Jacques Phillipe; GIOZZA, William Ferreira; ARAÚJO, José Fábio Marinho de. “*Redes Locais de computadores – Protocolos de alto nível e avaliação de desempenho*”, MCGRAW-HILL – São Paulo, pp. 50-95, 1986.
- [4] PLESS, Vera. “*Introduction to the theory of error-correcting codes*”. New York : WILEY, 1982, ISBN 0471086843

GLOSSÁRIO

Protocolo	Define as regras de interação entre camadas de entidades distintas.
Camadas	Unidade que compõe a entidade, alocando cada um dos serviços que a entidade dispõe para se compatibilizar a rede.
Serviço	Recurso executado por uma camada específica.
Entidade	Cada um dos dispositivos da rede, que abriga camadas, interfaces e protocolos.

ANEXO I – LEGISLAÇÃO DA FAIXA ISM NO BRASIL