Capítulo VI
Resultados e Conclusões

VI.1 Medidas de Desempenho

O desempenho do protocolo proposto foi avaliado através de medidas de vazão. A vazão é definida como o volume de informação transferida dividido pelo tempo necessário para transferí-lo. O volume de informação pode ser entendido como o produto do tamanho de cada quadro pelo número de quadros enviados. As medidas foram realizadas a nível de usuário do serviço. Como conseqüência, as medidas incluem o *overhead* introduzido pela criação/destruição das mensagens, envio/retirada das mensagens nas/das filas, alocação/dealocação de memória, etc. O tempo de conexão não é computado uma vez que no início da medição de vazão a conexão já está estabelecida.

As medida foram realizadas com M estações conectadas onde N ($N \leq M$) estações transmitem. O tempo é medido independentemente em todas as estações que estão conectadas (cada estação faz a sua medição), segundo um dos três critérios a seguir:

- se uma estação participa apenas como transmissora, o tempo é contado entre o envio do primeiro quadro e o envio do último, sem esperar pela confirmação dos últimos quadros;

- se uma estação participa apenas como receptora, o tempo é contado a partir do primeiro quadro de medição recebido (a nível de aplicação) até o recebimento do último quadro esperado;

- se uma estação participa da medição transmitindo e recebendo quadros, então o tempo é contado a partir da transmissão ou recepção do primeiro quadro (o que ocorrer primeiro) até a transmissão ou recepção do último quadro (o que ocorrer por último).

Tem-se dois erros inerentes ao método de medida. Primeiro, para a obtenção dos tempos foram utilizadas rotinas baseadas na interrupção de relógio de um microcomputador

compatível IBM-PC, que limitam a precisão a 55 ms; segundo, não se considera o tempo de reconhecimento das últimas mensagens. A obtenção do tempo de transferência é obtida levando em consideração apenas quadros de informação (dados) do usuário, já que a medição é feita a nível de aplicação. Assim, os quadros de controle (reconhecimento) das últimas mensagens não são considerados. Para tornar insignificantes os efeitos destes erros, optou-se por enviar uma grande quantidade de dados, tornando o tempo de transferência de dados muitas vezes superior aos erros citados. Assim sendo, tomou-se como padrão a utilização de 10.000 quadros por medida para cada estação que atue como transmissora. Então, tomando como exemplo um caso em que duas estações tenham dados a transmitir, o número total de quadros que trafegam é 20.000. O fato do canal (meio físico) ser multiplexado no tempo faz com que a vazão relativa a uma dada estação caia. No entanto a vazão total do sistema tenderia a se manter constante. Então, nas tabelas com medidas em que existe mais de uma estação transmitindo, existem duas colunas de vazão: uma com a vazão média por estação e outra com a vazão calculada levando-se em conta o número total de quadros que trafegam pelo sistema.

Embora cada estação faça sua contagem de tempo independentemente notou-se, durante as medidas, que os valores de tempo calculados por cada estação eram quase sempre idênticos e, nos poucos casos em que houve diferença, esta não passou de três décimos de segundo.

Para as medidas foram utilizados 3 microcomputadores IBM-PC 80286, sendo um com *clock* de 10 MHz (estação 1) e dois com *clock* de 12MHz (estações 2 e 3), todos com placas de rede padrão Ethernet, compatíveis com a placa NE1000 (barramento de 8 bits).

A aplicação descrita no Capítulo V permite tanto a conversação simultânea (conferência) através do teclado entre até quatro máquinas distintas, como também a realização de medidas de vazão, gerando ela mesma um certo número de mensagens de tamanho variável. O tamanho e o número de mensagens, além de outros parâmetros do protocolo (como valores dos contadores de tempo) podem ser mudados através de uma janela que é aberta por um comando do usuário. No entanto, estas mudanças só podem ser realizadas com a conexão fechada. Além disto, durante a permanência desta janela aberta, a estação não responderá a pedidos de conexão.

As estações serão identificadas nas tabelas pelos números 1, 2 e 3, indicando as máquinas descritas anteriormente, quando pertinente. As medidas realizadas seguiram o seguinte roteiro: inicialmente medidas sem simulação de erros com duas estações conectadas, sendo que apenas uma estação transmite dados, para ajuste dos valores de T_{ACK} e Janela de Emissão (Figura VI.2); em seguida variou-se o tamanho das mensagens transmitidas (Figura VI.3), ainda com apenas duas estações conectadas; medidas com três estações conectadas e duas ou três

transmitindo (Tabela VI.1) mostraram que o controle de fluxo empregado não é o ideal, conforme explicado mais adiante. A partir daí passou-se a simular erros no meio físico, através de uma função inserida na rotina de recepção que descarta quadros a uma razão probabilística. Novamente apresenta-se medidas com apenas uma estação com dados a transmitir, mas com três estações conectadas (Figura VI.4). Na simulação de erros foram também efetuadas medidas com duas estações transmitindo (Figura VI.5) e com as três estações transmitindo (Figura VI.6).

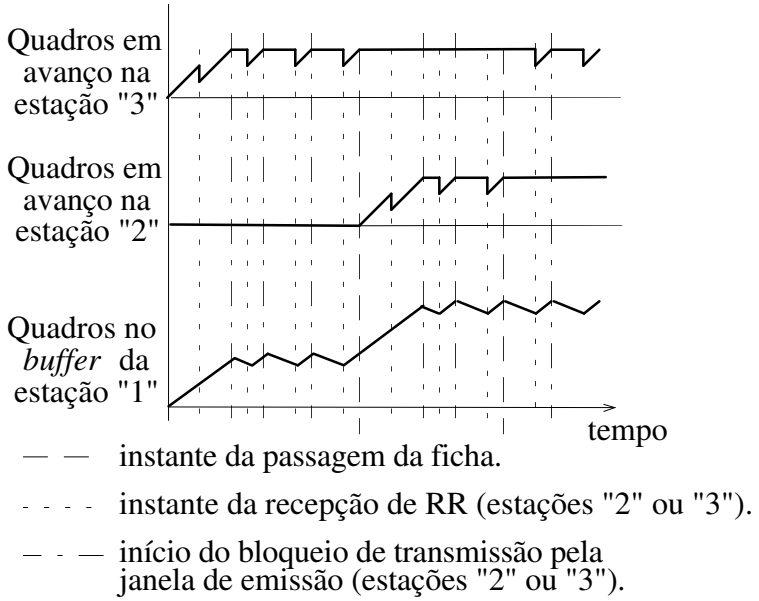

Figura VI.1 Efeito de acúmulo de quadros em avanço no buffer de recepção, quando duas estação transmitem e uma terceira apenas recebe.

Para o ajuste dos valores da Janela de Emissão e do temporizador T_{ACK} (envio de RR) deve-se levar em conta os seguintes fatos:

- o *buffer* de recepção é limitado a 64KB, em cada estação;
- o número de quadros que é necessário armazenar no *buffer* de recepção equivale, no pior caso, ao somatório das janelas de emissão das demais estações. Este "pior caso" equivale a ausência de tratamento dos quadros recebidos. Este fato normalmente não ocorre na prática. No entanto, não levar em conta o tratamento dos quadros recebidos facilita o cálculo da Janela de Emissão máxima nos receptores. A Figura VI.1 mostra o que ocorre, levando-se em conta um tratamento lento (em relação à transmissão) de quadros recebidos;

- o uso de valores pequenos para a Janela de Emissão causa o bloqueio da transmissão mais cedo, a espera de RR, com conseqüente queda de vazão;

- o uso de valores pequenos para T_{ACK} causa um aumento na carga de processamento, devido a maior freqüência no envio de RR, o que diminui a vazão.

Então, deve-se manter o valor para a Janela de Emissão o mais alto possível, o que é dependente do tamanho máximo do quadro utilizado. O valor para T_{ACK} deve ser o maior possível, do ponto de vista do receptor; no entanto, deve ter um valor suficientemente pequeno para não manter o transmissor bloqueado muito tempo. Este compromisso no valor de T_{ACK} faz com que o ponto ótimo seja difícil de ser calculado a priori, pois depende das máquinas em que estão rodando o sistema.

	Janela (quadros)	**Controle de fluxo**	**T_{ACK}** (x 55ms)	**Tempo** (s)	**Vazão** (bps)
	35	sim	2	31,4	163.057
Volume = 10.000	60	sim	3	27,4	186.861
quadros de	45	sim	2	24,4	209.836
64 octetos	50	sim	1	22,2	230.631
sem perdas	50	sim	2	22,0	232.727
	60	sim	1	21,3	240.376
	70	não	2	19,6	261.225
	60	sim	2	19,6	261.225

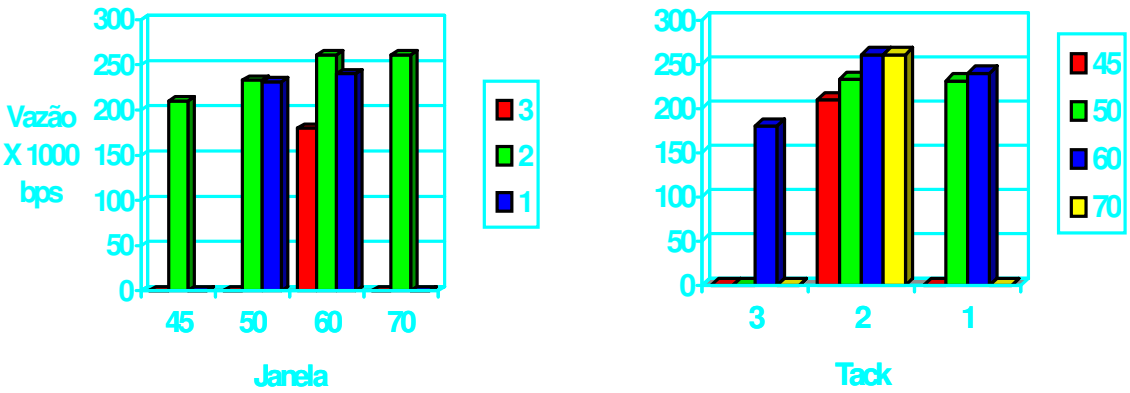

Figura VI.2 Vazão em função da Janela de Emissão e do tempo de envio de reconhecimentos positivos (T_{ACK}).

A Figura VI.2 mostra medidas com apenas duas estações conectadas e apenas uma transmitindo. O valor máximo para a Janela de Emissão seria 64 para quadros com 1024 octetos. O valor ótimo para T_{ACK} (2) foi encontrado empiricamente. A tabela apresentada na na Figura VI.2 apresenta ainda a atuação ou não do mecanismo de controle de fluxo no transmissor (bloqueio por Janela) na coluna "controle de fluxo". Uma primeira conclusão que pode-se tirar destas medidas é que o processamento de recepção é mais lento que o processamento de transmissão, o que leva o controle de fluxo a atuar. Diminuir o valor de T_{ACK} não melhora a vazão pois o receptor não consegue tratar os quadros que chegam.

A variação no tempo necessário para transmissão não é proporcional ao tamanho do quadro não sendo, no entanto, insensível a este parâmetro, conforme mostra a Figura VI.3. Na representação gráfica da Figura VI.3, tem-se o tempo em função do tamanho da mensagem e a vazão em função do tamanho da mensagem.

Volume = 10.000 quadros de 64 octetos. **T_{ACK}** = 2 e Janela = 60

Tamanho (Octetos)	**Tempo** (s)	**Vazão** (bps)
64	19,6	261.225
128	20,8	492.308
256	23,3	878.970
512	28,4	1.442.254
1024	38,2	2.150.131

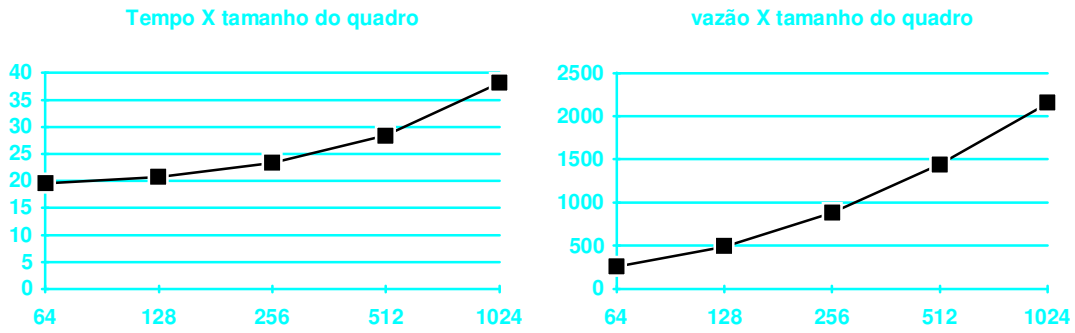

Figura VI.3 Variação do tempo de transmissão com o tamanho da mensagem e da vazão com o tamanho da mensagem.

As medidas com três estações em que mais de uma estação transmitia, mostraram que o parâmetro Janela de Emissão precisava ser alterado, uma vez que com mensagens de 1024 octetos os receptores informavam haver perdas de quadros devido a falta de memória para manipulá-los, devido aos motivos já explicados anteriormente. Uma nova seqüência de

medidas mostrou que a Janela de emissão deveria ser baixada para 40, mantendo-se o valor de $\mathbf{T_{ACK}}$ em 2. A Tabela VI.1 mostra esta medida. Para valor inicial de T_{MT} foi usado 19.

Tabela VI.1 Vazão com três estações conectadas e todas com dados a transmitir.

Volume = 10.000 quadros de 1024 octetos por estação $\mathbf{T_{ACK}}$=2 e Janela=40	**Tempo** (s)	**Vazão média** (bps)	**Vazão Total** (bps)
	134,3	609.978	1.829.934

A Figura VI.4 mostra medidas com três estações conectadas e apenas uma transmitindo com perdas no canal de difusão e no canal de retorno. Convém observar que, uma vez que o número de erros é probabilístico, estas medidas tabeladas não são uma média, mas sim uma das medidas efetuadas. O algoritmo de simulação de erros mostrou-se mais severo do que o esperado, simulando mais erros do que o cálculo percentual pedido. Mesmo assim, as medidas foram aproveitadas. Existe uma coluna na tabela com número de erros efetivamente gerados para cada receptor e outra coluna o número de erros gerados no canal de retorno. O número de quadros SREJ recebidos pelo transmissor também está tabelado. A última coluna (decréscimo na vazão) apresenta a queda percentual da vazão em relação à medida sem perdas.

O número de quadros SREJ deveria ser igual ao número de erros simulados nos receptores, em uma primeira análise (Figura VI.4). No entanto, pode ocorrer de um erro acontecer em um quadro que está sendo retransmitido, ou seja, o "mesmo" quadro ser perdido duas vezes. Como o mecanismo que envia SREJ o faz após detectar uma quebra no seqüenciamento ao receber um quadro de numeração maior que o esperado, no caso de perda de um quadro retransmitido não há quebra de seqüenciamento e, portanto, não é enviado um SREJ. Como conseqüência, o transmissor fica bloqueado pela Janela de Emissão até que estoure o temporizador T_{RQ}, fato este que iniciará a retransmissão de todos os quadros já transmitidos mas que ainda estão a espera de confirmação de uma ou mais estações. Este fato (perda de um ou mais quadros retransmitidos) ocorreu nas duas últimas medições da Figura VI.4, o que explica o aumento considerável no tempo de transmissão com conseqüente queda na vazão.

A Figura VI.5 apresenta medidas de vazão em função da probabilidade de perda de quadros na difusão e nos canais de retorno com três estações conectadas e as estações "2" e "3" transmitindo. Esta tabela apresenta como novidade os erros simulados nas três estações, uma vez que todas as três recebem dados de usuário. O número de quadros SREJ recebidos

pelas duas estações que transmitem dados (2 e 3) também está tabelado. A coluna "Vazão total" apresenta a vazão do sistema como um todo.

Perda na difusão (%)	**Tempo** (s)	**Vazão** (bps)	**Erros na est. 1**	**Erros na est. 2**	**Erros no canal de retorno**	**Núme-ro de SREJ**	**Decrés-cimo na vazão (%)**
0	23,3	219.743	0	0	0	0	0
0,1	23,5	217.872	16	21	0	37	0,85
0,2	23,6	216.949	32	38	0	70	1,27
0,3	28,0	182.857	59	61	0	119	16,79
0,4	28,4	108.282	80	89	1	167	50,72

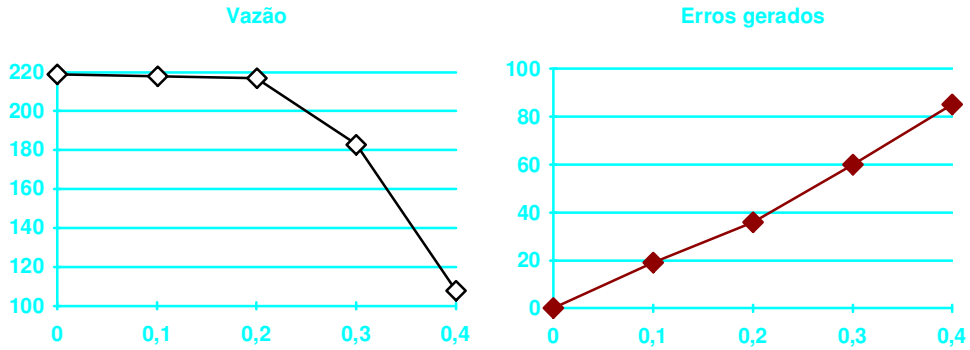

Figura VI.4 Vazão em função da probabilidade de perda de quadros na difusão e nos canais de retorno com três estações conectadas e apenas uma transmitindo. Volume=10.000 quadros de 64 octetos, T_{ACK} = 2 e Janela = 60. Probabilidade de perdas no canal de retorno igual a décima parte do canal principal.

Nas medidas apresentadas na Figura VI.5, não houve a acentuada queda de vazão observada anteriormente (Figura VI.4). Convém observar que a Janela de emissão teve que ser ajustada, uma vez que a estação 1 é a mais lenta (*clock* de 10 MHz). A estação 1 tem que suportar a velocidade de transmissão das estações 2 e 3.

O fato da estação "1" operar somente como receptora é relevante pois a aplicação só é habilitada a transmitir depois que o serviço tratar todos os quadros recebidos. Isto ocorre devido ao tratamento dado pelo escalonador de tarefas. Assim, um mecanismo de controle de fluxo é realizado de forma indireta, quando todas as estações conectadas transmitem.

Perda difusão (%)	Tempo (s)	Vazão média (bps)	Vazão total (bps)	Erros na estação			SREJ na estação		Decréscimo na vazão (%)
				1	2	3	2	3	
0	85,9	59.604	119.208	0	0	0	0	0	0
0,1	86,6	59.122	118.244	38	26	29	42	46	0,81
0,2	88,0	58.182	116.364	70	40	39	70	70	2,38
0,3	92,9	55.111	110.222	112	74	77	119	119	7,54
0,4	93,7	54.643	109.286	121	77	80	140	125	8,32

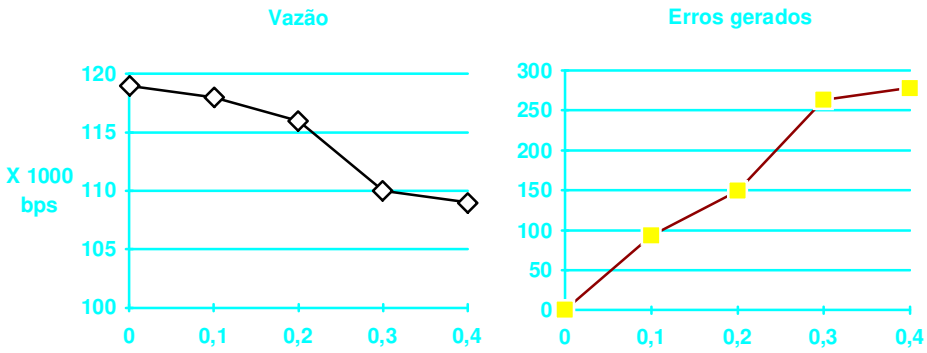

Figura VI.5 Vazão em função da probabilidade de perda de quadros na difusão e nos canais de retorno com três estações conectadas e as estações "2" e "3" transmitindo. Volume=10.000 quadros de 64 octetos por estação, T_{ACK} = 2 e Janela = 25. Probabilidade de perdas no canal de retorno igual a do canal principal.

Na Figura VI.6 estão medidas com três estações conectadas e com as três transmitindo mensagens de usuário.

Nestas medidas a perda de quadros em retransmissão foi o fato responsável por uma vazão menor em condições de erro mais favoráveis, conforme pode ser visualizado na Figura VI.6, para percentuais de erro 0,3 e 0,4. Isto ocorre porque a perda de um quadro em retransmissão não causa quebra de seqüenciamento. Por isso, esta perda não é detectada e um novo SREJ não é enviado para este quadro, ficando o receptor esperando por este quadro e o transmissor bloqueado pela janela de emissão. Esta situação de *dead lock* permanece até que estoure o temporizador de retransmissão. Neste momento, todos os quadros a espera de confirmação são retransmitidos.

A queda de desempenho observada para uma mesma taxa de erro nas medidas com uma, duas ou três estações transmitindo se deve ao maior número total de erros que ocorreram, em virtude do maior número de quadros que trafegaram.

Perda difusão (%)	Tempo (s)	Vazão média (bps)	Vazão total (bps)	Erros na estação			SREJ na estação			Decréscimo na vazão (%)
				1	2	3	1	2	3	
0	88,7	57.723	173.169	0	0	0	0	0	0	0
0,1	90,9	56.326	168.977	43	42	43	40	45	40	2,42
0,2	99,5	51.457	154.372	63	65	66	53	59	75	10,84
0,3	105,6	48.531	145.592	128	130	130	123	131	115	15,92
0,4	108,9	47.086	141.257	181	181	176	164	166	175	18,43

Figura VI.6 Vazão em função da probabilidade de perda de quadros na difusão e nos canais de retorno com três estações conectadas e as três estações transmitindo. Volume=10.000 quadros de 64 octetos por estação, T_{ACK} = 2 e Janela = 40. Probabilidade de perdas no canal de retorno igual a do canal principal.

VI.2 Comentários finais

Este trabalho apresentou um serviço multiponto-a-multiponto com as seguintes características:

- permite a transferência confiável e transparente de dados;
- é um serviço orientado à conexão;
- estabelece-se uma conexão com qualquer número de participantes, não se exigindo a presença de **todas** as estações;
- permite a inclusão/retirada de participantes com a conferência em andamento;
- se baseia em permissões de acesso por ficha com controle distribuído;

- em um determinado instante uma das estações é Mestra da conferência e possui o controle da comunicação;
- é um serviço robusto que permite o tratamento das exceções como, por exemplo, a "queda" da estação Mestra e a eleição de uma "nova" Mestra por voto;
- possui um mecanismo de detecção e correção de erros;
- possui um mecanismo de controle de fluxo por Janela de Emissão.

O protocolo foi totalmente especificado em linguagem formal (ESTELLE). Utilizando-se ferramentas de auxílio a desenvolvimento de protocolos, foi feita a simulação através da especificação em ESTELLE usando-se seqüências de teste geradas de forma automática.

O protocolo foi implementado em linguagem C em um ambiente de microcomputadores IBM-PC compatíveis, utilizando uma rede tipo Ethernet como meio de comunicação.

Foi implementada uma aplicação que permite a realização de texto-conferência entre até quatro estações. Esta aplicação também realiza medidas de vazão, criando, transmitindo e/ou recebendo um número N de quadros de tamanho T. Estes parâmetros e outros parâmetros do protocolo podem ser acessados pelo usuário da aplicação.

O sistema mostrou-se estável mesmo em condições adversas de utilização (grande quantidade de erros simulados).

O controle de fluxo utilizado é adequado a conexões ponto-a-ponto ou conexões ponto-a-multiponto, mas não a conexões multiponto-a-multiponto. Isto deve-se a necessidade de manter a Janela de Emissão de uma estação proporcionalmente dependente do inverso do número de estações que participam de uma conferência, isto é, quanto maior o número de estações, menor a Janela de Emissão. Quando todas as estações tem dados a transmitir este fato não chega a causar problemas. Mas, se poucas estações tem dados a transmitir, o controle de fluxo irá limitar a vazão, sem necessidade.

Como sugestões para futuros trabalhos, pode-se citar:

- dotar o serviço de mecanismos específicos ao meio de comunicação, tentando aproveitar as diferentes características de taxa de erro, retardo de propagação e acesso ao meio;
- dotar o serviço da facilidade de dados não numerados tipo datagrama;

- dotar o serviço de um controle de fluxo global, de forma a eliminar os efeitos negativos do controle individual por estação;
- dotar o serviço de um controle de fluxo por taxa de transmissão, a fim de possibilitar a transmissão de dados síncronos;
- dotar o serviço de fichas múltiplas onde várias estações possam transferir simultaneamente por difusão.
- testar outros mecanismos de reconhecimentos mais adaptados a ambientes de redes locais;
- fazer um estudo mais apurado das vantagens e desvantagens de um controle centralizado da comunicação a um controle distribuído;
- realizar uma implementação semi-automática através das ferramentas em desenvolvimento no GTA para comparação com a implementação realizada neste trabalho.