Envio de *tokens* em avanço: otimizando a utilização de enlances com alto retardo de propagação

Marcos Tadeu von Lutzow Vidal

Universidade Federal Fluminense
Dep^{to} de Eng. de Telecomunicações

Otto Carlos M. B. Duarte

Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/EE

E-mail: marcos,otto@gta.ufrj.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma extensão do serviço de enlace para comunicação multiponto-a-multiponto. Utilizando o satélite como meio de transmissão de difusão, ou qualquer outro meio com elevado retardo de propagação e/ou alta taxa de transmissão, esta alteração visa otimizar o uso do meio de comunicação. A otimização proposta torna-se mais necessária a medida em que a taxa de transmissão e/ou retardo de propagação aumentam. Dentre os elementos de serviços propostos no serviço original (abertura de conexão e inserção dinâmica de novos usuários; liberação abrupta e negociada, de uma forma individual ou total, da conexão; transferência de dados e gerência da conferência), foram alteradas as etapas de transmissão de dados e gerência da conferência. A simulação mostrou que, em alguns casos, com o novo modelo de gerência proposto, consegue-se ganhos de até 100% na taxa (vazão) efetiva utilizada no sistema.

Abstract

This work presents an extension in the multipoint-to-multipoint data link service. Seeking the use of the satellite, or any other media with high retard of propagation or/and high transmission rate, this work seeks to turn great the use of the communications media. This proposal becomes more necessary with the increase of the transmission rate or the retard of propagation. Among the elements of services proposed in the original service the stages of data transmission and conference management were altered. The simulation showed that, in some cases, with the new proposed management model, it is gotten gains of it up to 100% in the effective throughput used in the system.

1. Introdução

Em países de dimensões continentais, como o Brasil, o satélite é uma ferramenta essencial nas comunicações. O crescente aumento na utilização dos sistemas de telecomunicações multidestinatário é devido, principalmente, ao aumento na agilidade da tomada de decisões, ao permitirem reuniões entre membros de projetos ou diretores de empresas que necessitem tomar decisões conjuntas, sem o deslocamento físico destas pessoas[1]. Os sistemas de teleconferência oferecidos hoje em dia são, em sua maioria, baseados em comunicações ponto-a-ponto. Poucos sistemas oferecem serviços de transferência de dados confiáveis em configuração ponto-a-multiponto enquanto os que se servem de uma configuração multiponto-a-multiponto são quase inexistentes.

A grande desvantagem de sistemas baseados em satélites geoestacionários é o alto retardo de propagação. Com o advento das constelações de satélites de baixa altitude orbital (LEO), para difusão e aplicações multiponto, novas aplicações envolvendo satélites podem ser consideradas, devido ao retardo de propagação mais baixo. Além disso, as taxas de transmissão de dados são maiores, o que os torna particularmente adequados para aplicações interativas multiponto-a-multiponto.

Este trabalho descreve uma extensão para o serviço de comunicação confiável multiponto-a-multiponto descrito em [2, 3]. O serviço original foi concebido para utilização em ambiente de satélite ou em rede local/metropolitana. Esta extensão é adequada ao ambiente satélite pois minimiza os efeitos do alto retardo de propagação encontrados em enlaces via satélite. Os resultados são relevantes também em ambientes onde a taxa de transmissão é alta, se comparado ao retardo de propagação. A extensão apresentada aqui torna a utilização do meio igual ou melhor aos serviços ponto-a-multiponto abordados anteriormente [4,5].

Na seção 2, partes de interesse do serviço multiponto-a-multiponto são descritas em linguagem natural procurando utilizar o vocabulário e os níveis de abstração (arquitetura em camadas, definição de serviços e especificação dos protocolos) definidos no Modelo de Referência de Interconexão de Sistemas Abertos [6]. A seção 3 apresenta o conceito de canal principal e algumas características de sua utilização. Os meios de transmissão que são objetos de interesse são apresentados na sessão 4. As características de ocupação do meio de comunicação no serviço original são apresentadas na seção 5. A alteração proposta e os motivos desta alteração são descritos na seção 6. Finalmente, na seção 7 são apresentados o modelamento feito para o cálculo da eficiência na utilização do canal e também os resultados da simulação para vários casos de taxas de transmissão, quantidade de informação transmitida e tipo de enlace de satélite (órbita baixa ou alta).

2. Serviço Multiponto-a-Multiponto

O serviço de que trata a extensão descrita neste trabalho é um serviço de enlace que provê a transferência bidirecional transparente e confiável de dados entre usuários. Este serviço utiliza como provedor um serviço de transferência não confiável e não orientado à conexão, onde cada estação possui canais de comunicação que difundem informação para as demais estações e também canais de comunicação ponto-a-ponto com as demais estações. Para os fins a que se destina este trabalho, o ambiente de utilização deve ser o satélite. Supõe-se que no provedor de serviço (camada Física) as funções de delimitação/sincronismo de quadros, transparência (inserção/retirada de zeros) e cálculo/verificação de CRC encontram-se disponíveis, uma vez que estas funções normalmente são oferecidas em *hardware* pelos controladores de comunicação atualmente comercializados.

Exige-se que a camada Física seja composta de um canal de comunicação capaz de difundir dados de uma ou mais estações para várias outras assim como, no sentido inverso, as estações receptoras possam enviar quadros de controle para a estação que enviou a mensagem. Devido às características do protocolo, pode-se utilizar somente um canal para difusão da informação e mais N canais para as informações de controle, para N estações que possam se conectar. Neste caso, para cada estação é alocado um canal (doravante chamado **canal secundário**) destinado à transmissão de suas informações de controle evitando, assim, colisões entre estas informações. O canal destinado à difusão de informações do usuário (doravante chamado **canal principal**) será compartilhado entre as estações (multiplexação no tempo através de *token*) de modo a não haver nenhuma colisão entre as informações. A Figura 1 apresenta a utilização do ambiente satélite em três instantes distintos da utilização do canal principal para transmissão.

As facilidades oferecidas no serviço de comunicação Multiponto-a-Multiponto serão mantidas, ou seja, esta extensão é transparente para o usuário do serviço, podendo ser aplicada a um sistema em funcionamento, sem nenhuma alteração na rotina de utilização e/ou interrupção prolongada no serviço.

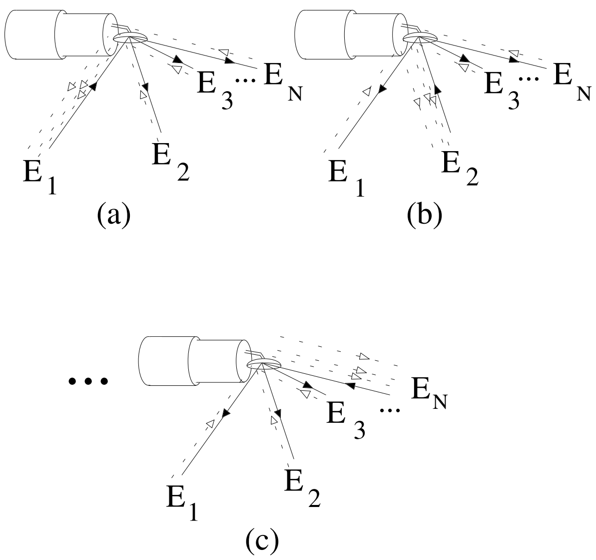

Figura 1 Exemplo de configurações de utilização do ambiente satélite (linha cheia = canal principal; linha pontilhada = canal secundário).

3. O canal de alta capacidade

A extensão proposta neste trabalho visa otimizar a utilização deste canal. Este canal de difusão de alta capacidade é utilizado para transmissão de informações do usuário. Assim sendo, em um dado momento apenas uma estação poderá estar transmitindo dados e as demais se comportarão apenas como receptoras. Para obter o efeito de transmissão multi-direcional é usada, neste canal de alta capacidade, a técnica de multiplexação assíncrona no tempo, com controle distribuído. O controle do acesso ao meio é feito através da utilização de um *token* de permissão de transmissão. A gerência da comunicação é feita de maneira distribuída, ou seja, não existe uma estação monitora fixa: isto evita que uma pane na estação monitora venha a causar *deadlock*. Entretanto, a estação que estiver transmitindo em um dado momento (possui o *token*) possui deveres de uma estação monitora do serviço e, neste momento, é chamada de **Mestra** da conferência. Este trabalho propõe alterar a máquina de estados finita do protocolo de comunicação no tocante à manipulação do *token* de transmissão, ou seja, a máquina de estados da estação Mestra.

As demais funções, como o método de controle de erros implementado, que é baseado no HDLC (*High Level Data Link Control* [7]) modificado [8,9] , assim como a função de monitorização dos canais secundários (presença das estações em estado de recepção) não são alteradas.

4. Classes de satélites de interesse

Os satélites são normalmente classificados em duas grandes classes: os de órbita geoestacionária (GEO) e os de órbita não geoestacionária (NGSO).

Os satélites GEO [10, 11] tem a grande vantagem de não necessitar de nenhuma técnica de rastreamento terrestre por parte de seus usuários, pois estão constantemente no mesmo ponto, atuando como um repetidor imóvel. Como desvantagem, o fato de estarem em órbita a uma altitude de 35786 km da terra, causa um retardo de propagação que chega a 300 ms, aproximadamente, contando com os atrasos dos equipamentos terrestres. Este alto retardo de propagação os torna inadequados para aplicações interativas com altas taxas de vazão.

Dentre os sistemas NGSO, foram consideradas as constelações classificadas como mega LEO (*Low Earth Orbit*) [12], também conhecidas como LEO faixa larga. Possuem a característica de permitir taxas de transmissão da ordem de megabits e de apresentar um retardo de propagação baixo, podendo ser menor que 5 ms, em alguns casos. Este baixo retardo de propagação se deve a baixa atitude orbital, em torno de 700 km. Esta característica de baixo retardo de propagação torna esta solução adequada para transmissões de vídeo em tempo real, por exemplo.

As constelações Teledesic[13], Celestri[14] e Skybridge[15, 16] são exemplos de constelações de satélite classificadas como mega LEO.

Neste trabalho, o sistema Teledesic foi utilizado como exemplo de constelação de satélite LEO. A Teledesic pode ser considerada como uma das principais constelações de cobertura global desta classe de satélites. Projetada para estar em plena operação no ano 2002, irá operar, na sua plenitude, com 840 satélites em 21 planos orbitais a 700 km de altitude [17]. Irá utilizar freqüências em torno de 30 Ghz e 20 Ghz (subida e descida, respectivamente) da banda Ka e permitirá canais com taxas de até 2 Mbps no canal de subida e de até 64 Mbps no canal de descida [18]. Inicialmente está prevista a entrada em operação com 288 satélites ativos, mais satélites sobressalentes.

5. A utilização não otimizada

No protocolo multiponto-a-multiponto originalmente implementado, o *token* é enviado pela Mestra para a próxima estação a transmitir, logo após a transmissão de todos os dados presentes no *buffer* de transmissão.

Devido ao alto retardo de propagação inerente ao meio de comunicação utilizado (satélite geoestacionário, por exemplo), o canal fica praticamente desocupado (sem dados do usuário) durante a propagação do *token*, conforme pode ser observado na Figura 2. Esta figura apresenta quatro instantâneos em ordem cronológica de uma transmissão multiponto.

Na Figura 2a, a estação E_1 está transmitindo.

Em 2b, a estação E_1 terminou sua transmissão e envia o *token* (representado por um asterisco - *).

Em 2c, o *token* já passou pelo satélite. Neste exemplo, a próxima estação a transmitir será a estação E_2. Na prática, sabe-se que o *token* será difundido para todas as estações, para que possam reconhecer a nova Mestra, mas, para fins de simplificação da ilustração, apenas está mostrado o caminho percorrido pelo *token* até a estação que se tornará a nova Mestra (a próxima estação a transmitir).

Na Figura 2d o *token* já chegou a estação E_2 e esta já começou a transmitir dados.

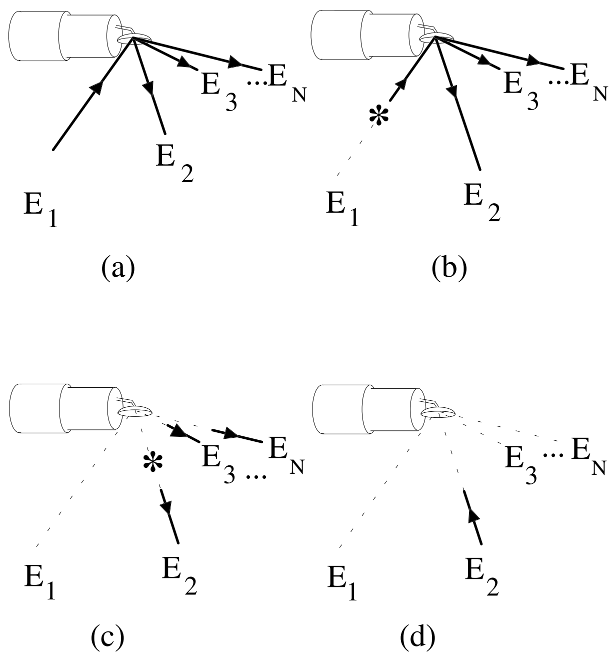

Figura 2 Fim da transmissão de dados e transmissão do *token*, no protocolo não otimizado (linha cheia = canal ocupado; linha pontilhada = canal ocioso; * = *token*).

Pode-se perceber que existem trechos do meio de transmissão que poderiam estar ocupados (Figuras 2b, 2c e 2d), ou seja, o satélite fica desocupado durante alguns momentos. A não ocupação deste trechos reverte em uma utilização do canal abaixo de 100%, mesmo havendo demanda de dados a transmitir. Esta utilização não otimizada torna-se mais crítica a medida em que o tamanho das mensagens (somatório do tamanho de todos os quadros) transmitidas torna-se menor e a taxa de transmissão utilizada no canal principal torna-se maior. Pode-se dizer que quanto maior a razão entre a taxa de transmissão do canal principal e o tamanho do pacote de dados utilizado, pior o desempenho deste protocolo não otimizado.

Tomando-se por base um atraso de propagação de 300 ms no enlace de um satélite em órbita geoestacionária, uma taxa de transmissão de, por exemplo, 64 kbps no canal principal, e assumido que o tamanho do *token* (alguns octetos) é insignificante, o tempo ocupado pela propagação do *token* seria suficiente para a transmissão de um pacote de 19.2 kbits, aproximadamente. Como exemplo, se os pacotes de dados tiverem o tamanho médio de 1024 octetos (1 kB), cada estação transmitir um único pacote e imediatamente passar o *token* para a próxima a transmitir, a taxa média de transmissão seria de apenas 18,8 kbps (29,4% da capacidade do canal), numa utilização livre de erros. Nestas mesmas condições, para mensagens de tamanho médio elevado (100 k octetos, por exemplo, segmentados em vários pacotes) a taxa de utilização ficaria próxima a 97%. O problema é particularmente notável quando a relação entre o tamanho médio das mensagens e a taxa de transmissão do canal principal torna-se pequena.

6. Otimizando a utilização

Para otimizar a utilização do meio de transmissão, este trabalho propõe uma alteração no algoritmo de envio do *token*, fazendo com que o canal principal tenha bits de informação durante a maior parte possível do tempo, ou seja, o satélite seja utilizado para retransmitir informações úteis durante o maior tempo possível.

É necessário que a estação Mestra conheça a taxa de transmissão utilizada no canal principal, e monitore o seu *buffer* de transmissão. Conhecendo a taxa de transmissão e o retardo de propagação (*delay*) do meio, pode-se chegar a um "número de bits armazenados no meio" (1). Este número (N_a) representa exatamente o tamanho de um pacote que poderia estar sendo transmitido (ocupando efetivamente o meio) durante o tempo de propagação do *token* (Figuras 2b, 2c e 2d).

$$N_a = taxa * delay \tag{1}$$

A alteração do algoritmo consiste basicamente em fazer com que a estação Mestra envie o *token* assim que o número de bits armazenados em seu *buffer* de transmissão seja igual ou menor ao valor calculado para N_a. Assim que o número de bits armazenados em seu buffer de transmissão ficar menor ou igual a N_a, o quadro atual é fechado (fim de quadro), o *token* é enviado e, a seguir, um novo quadro de dados de usuário é transmitido com os bits restantes.

A Figura 3 ilustra a nova seqüência de envio do *token*.

Na Figura 3a a estação E_1 está transmitindo.

Em 3b, E_1 já enviou o *token* e continua transmitindo dados, pois ainda possui um número de bits a transmitir suficiente para ocupar o meio durante a propagação do *token*.

Em 3c, E_1 continua a transmitir dados, e o *token* já foi retransmitido pelo satélite.

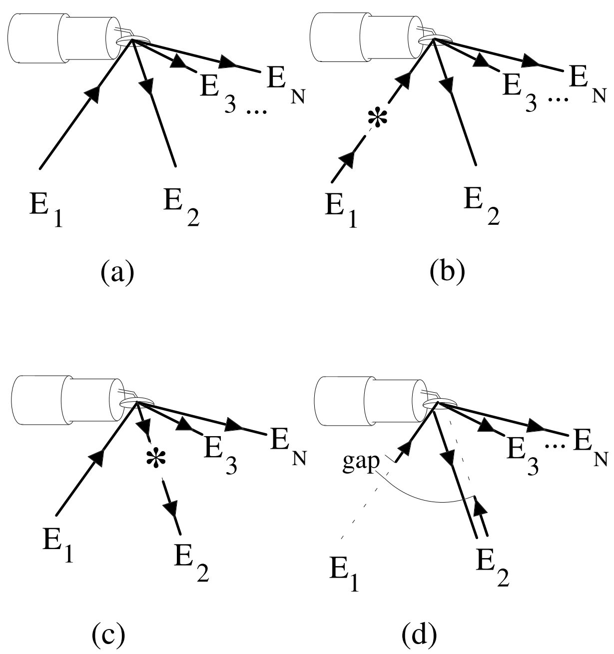

Figura 3 envio do *token*, visando otimizar a utilização do canal principal.

Na figura 3d, a estação E_2 já recebeu o *token* e está iniciando a sua transmissão, enquanto que E_1 já parou de transmitir. Pouco depois do final do pacote transmitido por E_1 passar pelo satélite, o início do pacote transmitido por E_2 passará por ele. O *gap* de tempo entre os dois quadros (fim do quadro de E_1 e inicio do quadro de E_2), mostrado na Figura 3d, depende do tamanho do *token* e do tempo de recebimento, processamento e inicio de transmissão da nova Mestra (estação transmissora - E_2, no exemplo). Este *gap* pode ser minimizado variando-se o instante em que o *token* é enviado em avanço, isto é, número de bits presente no *buffer* de transmissão que desencadeia o envio do *token* - quanto maior este número, mais cedo o *token* será enviado e menor será o *gap*. Um número muito grande (envio prematuro do *token*) irá causar a sobreposição de quadros no satélite, ocasionando a perda destes.

7. Modelamento e comparações

Para modelar o desempenho, considera-se um sistema saturado onde existe demanda de dados a serem transmitidos maior do que a capacidade do canal utilizado, durante todo o tempo, e sempre existe pelo menos uma estação na fila a espera da chegada do *token*, ou seja, não existem períodos de silêncio nos transmissores que sejam causados por falta de dados (de usuário) a transmitir.

Seja: L o tamanho médio das mensagens transmitidas durante a posse do *token* em cada estação, ou seja, a quantidade média de bits transmitidos entre a capturada do *token* e o envio deste e; N_a o número de bits "armazenados no meio" (1). No protocolo original (não otimizado), a cada transmissão de uma mensagem de tamanho L, segue-se um período de silêncio (propagação do *token*) equivalente a transmissão de um pacote com N_a bits, fechando o ciclo pois, após a recepção da ficha, uma nova transmissão de mensagem de tamanho L é realizada. Isto resulta numa eficiência de utilização (U) dada por (2).

$$U = \frac{L}{L + N_a} \tag{2}$$

No caso do protocolo otimizado, podem ocorrer duas situações bem distintas. Primeiro, quando o tamanho das mensagens (L) for maior que N_a. Neste caso, a eficiência será igual a 1 (100%), pois o *token* será enviado assim que o número de bits no transmissor (na atual Mestra) se igualar a N_a . Estes N_a bits restantes serão enviados em um quadro, imediatamente após o envio da ficha (Figura 3c). Este quadro ocupa o canal com informação útil até a chegada do *token* a seu destino. Com a chegada do *token*, a estação que o recebeu passa imediatamente a transmitir, ocupando o canal (Figura 3d).

Na segunda situação, o tamanho das mensagens (L) não é maior que N_a. Neste caso, assim que recebe o *token*, o protocolo da estação percebe que o número de bits a enviar é menor que N_a, e envia o *token* antes de começar a sua transmissão de dados do usuário. Mesmo assim, haverá um período de silêncio, compreendido entre o final da transmissão da mensagem e a chegada do *token* no seu destino. O *token* é enviado antes dos dados do usuário, e o ciclo se fecha com a chegada do *token* na estação destino. Este ciclo tem exatamente a duração da propagação do *token*, tempo este necessário para transmissão de um pacote de N_a bits. Como somente L bits úteis são transmitidos durante um ciclo, o canal não é totalmente ocupado.

Então, para o protocolo otimizado, tem-se eficiência de utilização (U) dada por (3).

$$\begin{cases} \text{Para } L \geq N_a : \; U = 1 \\ \text{Para } L < N_a : U = \dfrac{L}{N_a} \end{cases} \tag{3}$$

As simulações realizadas consideram satélites de órbita geoestacionárias e satélites de órbitas extremamente baixas (*mega LEO*), desprezam o tempo de processamento do protocolo nas estações e também o tempo de transmissão do *token.*

Para os satélites de órbita geoestacionária foram considerados: taxa de transmissão de 64 kbps e retardo de propagação de 300 ms.

Para satélites de órbita mega LEO foi considerado uma distância de 750 km, para cálculo do retardo de propagação. Este caso ocorre quando as antenas terrestres (transmissora e receptora) do *token* estão próximas uma da outra e o satélite está saindo (ou entrando) no alcance delas. Neste caso, o retardo de propagação é de 5 ms, aproximadamente. As taxas de transmissão usadas foram de 64 kbps e 2 Mbps.

Tabela 1 utilização percentual da banda passante com satélite GEO e canal de 64 kbps com mensagens grandes.

Número de mensagens de 1024 octetos	Utilização da banda passante (%)	
	Original	Otimizado
1	29,4	41,7
2	45,5	83,3
3	55,6	100,0
4	62,5	100,0
5	67,6	100,0
6	71,4	100,0
10	80,6	100,0
20	89,3	100,0
100	97,7	100,0

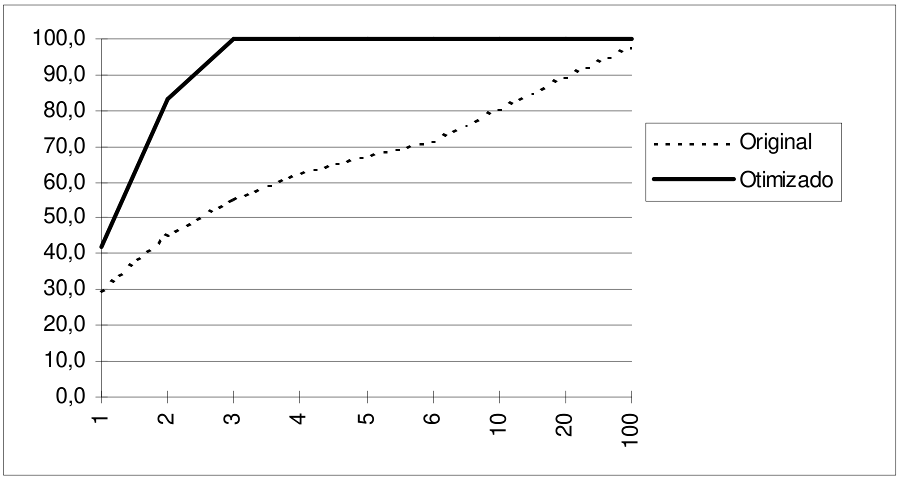

Figura 4 utilização percentual da banda passante com satélite GEO e canal de 64 kbps com mensagens grandes.

A Tabela 1 e a Figura 4 mostram a utilização percentual de um canal de satélite com uma vazão de 64 kbps, variando-se o total de bits transmitidos por cada estação, a cada posse do *token*. A partir da demanda de 3 k octetos, a utilização alcança a eficiência máxima, com o novo protocolo proposto. O valor da coluna 1 é usado para calcular L, que é usado nas equações (2) e (3) para o cálculo da eficiência (U), mostrada nas colunas 2 e 3, respectivamente.

Na Tabela 2 e Figura 5 está mostrada a eficiência da utilização em satélite GEO, canal de 64 kbps, mas considerando mensagens pequenas. Aqui, as mensagens iniciam com um tamanho de 64 octetos. A última linha (Tabela 2) apresenta um total de 6,4 koctetos enviados. Nota-se a ineficiência do protocolo original (não otimizado) e o ganho considerável com a otimização. Devido ao pequeno tamanho das mensagens (L) em relação ao valor de N_a (de (1), N_a = 19,2 kbits), mesmo com a otimização, só é possível alcançar a eficiência máxima a partir de 40 mensagens de 64 octetos, cada.

Tabela 2 utilização percentual da banda passante com satélite GEO e canal de 64 kbps com mensagens pequenas.

Número de mensagens de 64 octetos	Utilização da banda passante (%)	
	Original	Otimizado
2	5,1	5,3
3	7,4	8,0
4	9,6	10,7
5	11,8	13,3
6	13,8	16,0
10	21,1	26,7
20	34,8	53,3
40	51,6	100,0
100	72,7	100,0

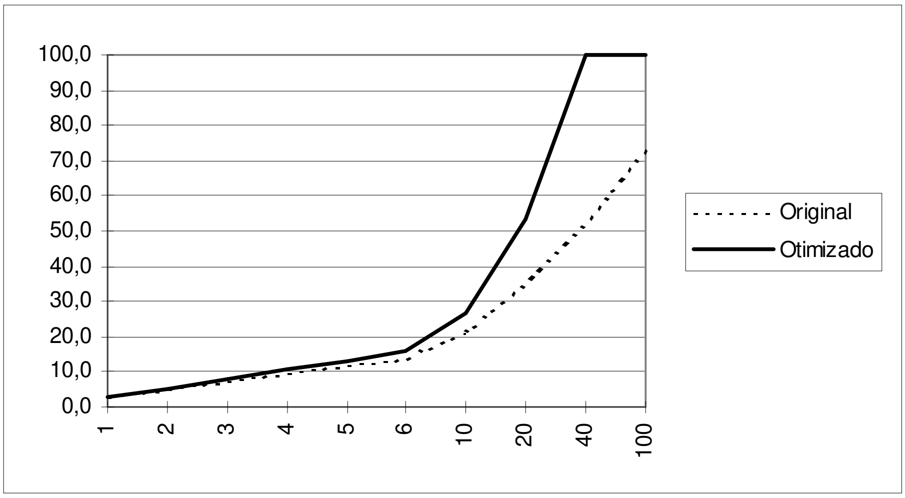

Figura 5 utilização percentual da banda passante com satélite GEO e canal de 64 kbps com mensagens pequenas.

Na Tabela 3 e Figura 6 é apresentado o comportamento da eficiência da utilização do canal, utilizando-se satélites da classe mega LEO e taxa de transferência de dados de 64 kbps.

Devido ao baixo valor de N_a (N_a = 512 bits), face ao tamanho das mensagens, a eficiência é razoável com o protocolo não otimizado, principalmente para mensagens grandes. Mas, com o protocolo otimizado, a eficiência é sempre máxima.

Tabela 3 utilização percentual da banda passante com satélite LEO e canal de 64 kbps com mensagens pequenas.

Número de mensagens de 64 octetos	Utilização da banda passante (%)	
	Original	Otimizado
1	61,0	100,0
2	75,8	100,0
3	82,4	100,0
4	86,2	100,0
5	88,7	100,0
6	90,4	100,0
10	94,0	100,0
20	96,9	100,0
40	98,4	100,0
100	99,4	100,0

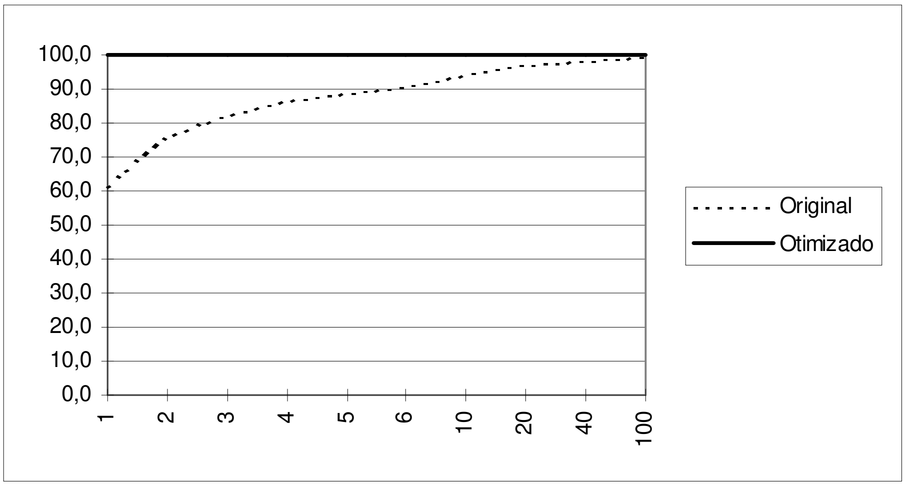

Figura 6 utilização percentual da banda passante com satélite LEO e canal de 64 kbps com mensagens pequenas.

A eficiência da utilização de um canal de 2 Mbps em satélites da classe mega LEO, com mensagens de 1024 octetos é mostrada na Tabela 4 e na Figura 6. A otimização faz o desempenho chegar a 100%, desde que sejam transmitidos mais de 1310 octetos (calculado a partir de (3)).

Tabela 4 utilização percentual da banda passante com satélite LEO e canal de 2 Mbps com mensagens grandes.

Número de mensagens de 1024 octetos	Utilização da banda passante (%)	
	Original	Otimizado
1	43,9	78,1
2	61,0	100,0
3	70,1	100,0
4	75,8	100,0
5	79,6	100,0
6	82,4	100,0
10	88,7	100,0
20	94,0	100,0
100	98,7	100,0

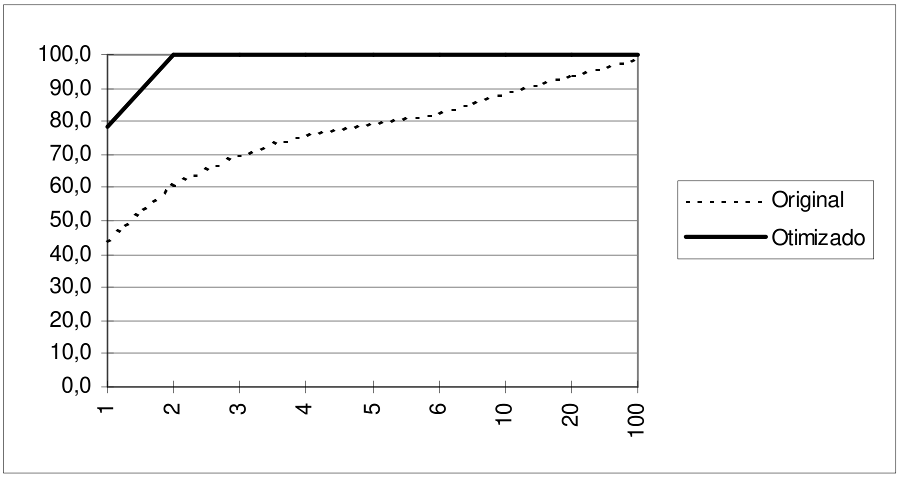

Figura 7 utilização percentual da banda passante com satélite LEO e canal de 2 Mbps com mensagens grandes.

Na Tabela 5 e na Figura 8, é apresentada a eficiência de utilização de um canal de 2 Mbps em satélites da classe mega LEO, utilizando-se mensagens de 64 octetos. Novamente o valor de N_a (N_a = 10485 bits) é grande se comparado ao tamanho das mensagens (L = 64 octetos). A otimização é essencial para este caso.

Tabela 5 utilização percentual da banda passante com satélite LEO e canal de 2 Mbps com mensagens pequenas.

Número de mensagens de 64 octetos	Utilização da banda passante (%)	
	Original	Otimizado
1	4,7	4,9
2	8,9	9,8
3	12,8	14,6
4	16,3	19,5
5	19,6	24,4
6	22,7	29,3
10	32,8	48,8
20	59,4	100,0
40	66,1	100,0
100	83,0	100,0

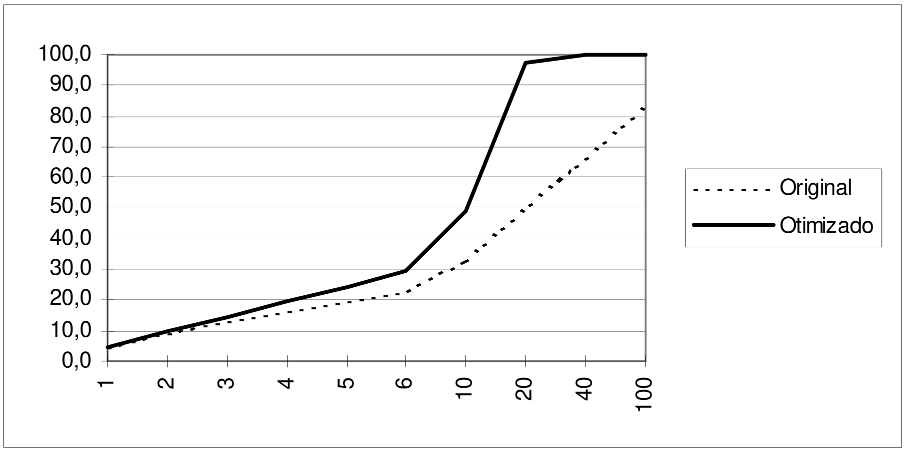

Figura 8 utilização percentual da banda passante com satélite LEO e canal de 2 Mbps com mensagens pequenas.

Em qualquer dos casos apresentados, pode-se mensurar quanto é otimizado e quando ocorre a maior contribuição da otimização. O aumento na taxa efetiva é calculado como a razão entre a taxa para o protocolo otimizado e a taxa para o protocolo não otimizado. O mesmo resultado é conseguido com a razão entre as eficiências da utilização do canal, já calculadas em (2) e (3). Então, este ganho de eficiência (G) pode ser obtido dividindo-se (3) por (2), e o resultado é visto em (4)

$$\begin{cases} \text{Para } L > N_a : G = \dfrac{L + N_a}{L} \\ \text{Para } L \leq N_a : G = \dfrac{L + N_a}{N_a} \end{cases} \tag{4}$$

Maximizando as equações para G, dadas em (4), verifica-se que o maior valor de G ocorre quando $L = N_a$, ou seja, quando o número de bits a transmitir durante a posse do *token* é igual ao número de bits "armazenados no meio". No caso da igualdade de L e N_a, o valor de G é 2 (100% de ganho na utilização do canal). Neste caso em particular, verifica-se que a eficiência de utilização passa de 0,5 para 1, a partir de (2) e (3).

8. Conclusões

Este trabalho apresentou uma proposta de extensão para o serviço de comunicação multiponto-a-multiponto via satélite. O enfoque desta extensão é otimizar a utilização do canal de transmissão de alta capacidade, de modo a permitir que transações baseadas em pacotes pequenos e com muita interatividade entre estações utilizem o máximo (se não toda) da capacidade do canal de transmissão.

Devido ao alto retardo de propagação em sistemas com satélites GEO ou as altas taxas de transmissão permitidas pelos sistemas de satélite mega LEO, a perda de eficiência na utilização do canal de comunicação é considerável em protocolos que utilizem *tokens* de permissão de transmissão.

Com a otimização proposta, o aumento na taxa efetivamente usada pode chegar a 100%, ou seja, a taxa média efetivamente usada para transmissão de dados do usuário pode dobrar.

Como projeto futuro, pode-se citar o estudo desta mesma situação em sistemas *multcast* utilizados atualmente (*mbone*), principalmente quando for utilizado em ambientes em que houver uma taxa de transmissão média previamente contratada como, por exemplo, ATM.

Também é relevante o aprofundamento da investigação nos sistemas mega LEO, onde existem enlaces entre os satélites e uma transmissão pode passar por um ou mais enlaces satélite-satélite, antes de retornar à Terra. Com isso, o retardo de propagação irá aumentar, podendo ser variável a cada transmissão de *token*.

9. Referências

[1] R. C. Harkness, "Teleconferencing - A Key Subsystem in the Office-of-the-Future", *Office Automation Conference 1982 Digest*, San Francisco, abril de 1982.

[2] M. T. L. Vidal, "Especificação Formal, Verificação e Implementação de um Protocolo de Comunicação Multiponto-a-Multiponto e Aplicação de Texto-conferência", Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, PEL/COPPE/UFRJ, 192 p., Rio de Janeiro, outubro de 1994.

[3] M. T. L. Vidal, e O. C. Duarte, "Serviço de transferência de dados multiponto-a-multiponto", *XIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores,* Belo Horizonte, pp.229-245, maio de 1995.

[4] F. M. C. de Barros, "Serviços de transferência de dados ponto-a-multiponto", Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, PEL/COPPE/UFRJ, 100 p., Rio de Janeiro, janeiro de 1992.

[5] M. T. L. Vidal, F. M. C. de Barros e O. C. Duarte, "Serviços de transferência de dados ponto a multiponto", *XI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores,* Campinas, pp. 97-116, maio de 1993.

[6] X200, Reference Model of Open Systems Interconnection for CCITT Applications, CCITT Blue Book, vol. VIII, fasc. VIII.4, pp. 1-56, 1988.

[7] IS4335, *Information Processing Systems - Data Communication - High-level Data Link Control Procedures - Consolidation of Elements of Procedures.* International Organization for Standardization , 42 p., 1984.

[8] O. C. Duarte e H. M. de Lima, "Improving the satellite efficiency of the accumulative acknowledgment strategies", *IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM89,* Dallas, pp. 48.6.1-48.6.5, novembro de 1989.

[9] O. C. Duarte e H. M. de Lima, "O protocolo HDLC-Ms. SREJ+REJ Estendido - uma estratégia eficiente no ambiente de satélite", *VIII Congresso Brasileiro de Automática,* Belém, pp. 1230-1236, setembro de 1990.

[10] F. Abrishamkar e Z. Siveski, “PCS global mobile satellites”, *IEEE Communications Magazine*, pp. 132-136, setembro de 1996.

[11] E. D. Re, “A coordinated european effort for the definition of a sattelite integrated enviroment for future mobile communications”, *IEEE Communications Magazine*, vol.34, no. 2, pp.98-104, fevereiro de 1996.

[12] L. Wood, “Network performance of non-geoestacionary constellations equipped with intersatellite links”, Tese de Mestrado, Universidade de Surrey, Centre for Satellite Communications Engineering, Inglaterra, novembro de 1995

[13] Teledesic, “Teledesic - LLC”, Kirland, Washington, disponível em http://www.teledesic.com

[14] Motorola, “The celestri system”, disponível em http://www.celestri.com

[15] Alcatel, “Skybridge, a global, hi-speed network.”, Paris, France, disponível em http://www.alcatel.com/news/multimedia/sub1.htm

[16] Alcatel, “Interview - Jean-Claude Husson”, Paris, France, Novembro de 1997, disponível em http://www.alcatel.com/news/newslink/9702/int.htm

[17] L.Wood, “Lloyd’s satellite constelations - Teledesic”, Surrey, Inglaterra, disponível em http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/teledesic.html

[18] Teledesic, “Teledesic fast facts”, Kirland, Washington, disponível em http://www.teledesic.com/overview/fastfact.html