

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia Eletrônica

de-ok

ISSN 1413-2206

BT/PEE/9704

**Controle de Largura de Banda
Dinâmica para Transmissões *Multicast*
para Redes de Alta Velocidade**

**Sang Soon Lee
Sergio Takeo Kofuji**

São Paulo - 1997

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Sang Soon Lee, sob orientação do Prof. Dr. Sergio Takeo Kofuji: "Controle de Largura de Banda Dinâmica para Transmissões *Multicast* para Redes de Alta Velocidade", defendida em 06/01/97, na Escola Politécnica.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica/USP.

Lee, Sang Soon

Controle de largura de banda dinâmica para transmissões multicast para redes de alta velocidade /

S.S. Lee, S.T. Kofuji. -- São Paulo : EPUSP, 1997.

p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Eletrônica, BT/PEE/9704)

I. Redes de computadores I. Kofuji, Sergio Takeo
II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia Eletrônica III. Título
IV. Série
ISSN 1413-2206

CDD 004.6

CONTROLE DE LARGURA DE BANDA DINÂMICA PARA TRANSMISSÕES *MULTICAST* PARA REDES DE ALTA VELOCIDADE

Sang Soon Lee

Sergio Takeo Kofuji

Laboratório de Sistemas Integráveis do departamento de Engenharia Elétrica
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, 158-Trav.-03
Cidade Universitária -São Paulo -SP
CEP-05508-900

E-mail: {sang,kofuji}@lsi.usp.br

ABSTRACT

Multicast protocol transmits the message to multiple receivers by regular sequence in communication networks. It uses the concept of point-to-multipoint virtual path to perform multicasts in ATM networks. It is required to the virtual path bandwidth control for efficient acceptance of traffic sources flowed into ATM networks during the establishment of a virtual path. This paper uses the dynamic bandwidth control which shares VP's bandwidth instead of existing fixed bandwidth. Considering that the call loss probability and transmission efficiency are very important factors in performing virtual path bandwidth control, we suggest an efficient dynamic bandwidth control method for ATM multicast by using virtual path.

RESUMO

O protocolo *multicast* transmite a mensagem para múltiplos recebedores através de uma sequência regular na rede comunicação. Este protocolo utiliza o conceito de caminho virtual (VP) ponto a multiponto para realizar transmissões *multicast* em redes ATM. Espera-se que a largura de banda do VP controle eficientemente as fontes de tráfego que entram na rede ATM durante o estabelecimento do VP. Este artigo utiliza o controle de largura de banda dinâmica que compartilha a largura de banda dos VP's em vez de utilizar larguras de banda fixa, pois assim melhora-se a eficiência das transmissões. Considerando-se que a probabilidade de perda de chamada e eficiência de transmissões são fatores importantes para a realização do controle de VP, propõe-se neste trabalho um método eficiente de controle de largura de banda dinâmica para transmissões *multicast* na rede ATM utilizando o VP.

1. Introdução

Percebe-se atualmente um grande número de trabalhos relacionados com o uso de redes ATM para serviços de *Broadband* em redes de alta velocidade. Basicamente, a comunicação em uma rede ATM é orientada por conexão e pelo estabelecimento de um caminho virtual (VP) entre dois nós folha. Um dos motivos para se usar este serviço, é que a orientação por conexão define um pedido de uma largura de banda no nó origem quando é estabelecida a conexão. Se a rede não pode aceitar o pedido do nó origem, o canal virtual (VC) é recusado. Este método utiliza o controle de congestionamento para minimizar o uso da sequência quando os nós são conectados. Uma das desvantagens da rede orientada por conexão é o *overhead* no nó de chaveamento intermediário e nos pontos finais da conexão. Assim, a rede ATM propõe utilizar o VP para solucionar este problema.

O VP é uma conexão lógica direcionada através da qual pode-se fazer a alocação de recursos. Especialmente, mesmo quando os nós não estão conectados fisicamente à rede, os mesmos possuem VP's com outros nós. O uso do VP apresenta as seguintes vantagens: simplificar a estrutura do nó, diminuir seu processamento e facilitar a manutenção da largura de banda. Sabe-se que o controle de largura de banda melhora a eficiência da transmissão diminuindo a probabilidade de perda de chamadas. Esta melhora é obtida através do uso compartilhado das funções de transmissão entre os VP's[3]. Geralmente, dependendo do tipo transmissão da mensagem em uma rede, pode-se classificar esta transmissão em três tipos:

- *Unicast*, quando a comunicação é de um para um;
- *Broadcast*, quando as mensagens são transmitidas para todos lugares em rede;
- *Multicast*, quando se deseja estabelecer uma comunicação com um grupo específico da rede[7]. Neste tipo de transmissão as mensagens podem ser enviadas do nó raiz aos nós folhas utilizando sinalização ponto a multiponto.

Este trabalho propõe um algoritmo de controle de largura de banda dinâmica para transmissões *multicast* e apresenta sua simulação. Além disto, este trabalho visa melhorar a probabilidade de perda de chamadas e a eficiência das transmissões em largura de banda fixa através do controle de largura de banda dinâmica. O controle de largura de banda causa uma diminuição na largura de banda não utilizada e pode variá-la dinamicamente através do compartilhamento entre larguras de banda.

2. Metodologia para o estabelecimento de chamadas *Multicast* em rede ATM

Nesta seção será apresentado o VP de uma rede ATM e a metodologia da conexão multiponto utilizando o VP. Dependendo do tipo de chaveamento e da sequência de estabelecimento de conexão, o conceito de VP pode ser subdividido em vários tipos sendo estes utilizados para se estabelecer caminhos na rede ATM. Por exemplo, VP assimétrico, VP assimétrico com saída intermediária e VP simétrico[11].

Uma sequência estabelecida do canal virtual do tipo ponto a ponto já decidida é adequada às redes ATM. Quando é estabelecida uma chamada, a alocação da largura de banda utiliza um método que compara a largura de banda requisitada com a largura de banda não utilizada no VP. A largura de banda pode variar dependendo do número de VC's existentes simultaneamente em qualquer tempo dentro de um mesmo VP.

Se uma largura de banda é fixa, é bom que seja máxima largura de banda concorrente. Desta forma, as larguras de banda que têm um VP mínimo podem se

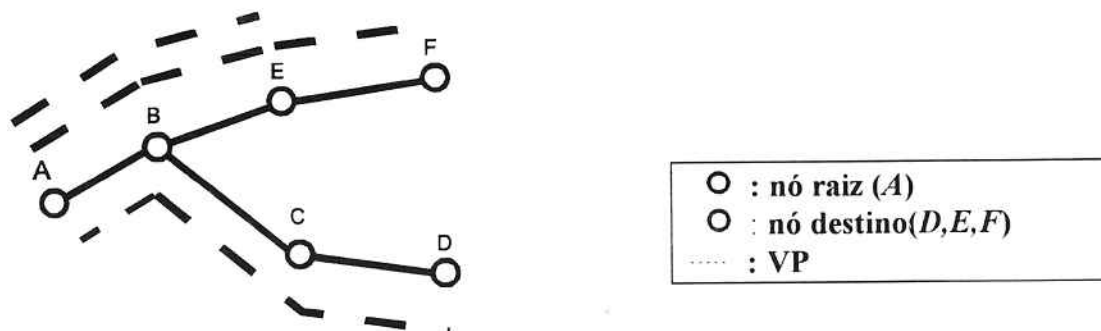
adaptar eficientemente no tipo de VP ponto a ponto. No entanto, esse método é ineficiente pois não compartilha a capacidade de transmissão de uma enlace entre os caminhos virtuais. O controle de largura de banda é um método eficiente que decide flexivelmente as larguras de banda do VP. Quando o número de VP's aumenta, as enlaces livres são alocados para os caminhos que por acaso estejam ocupados. Portanto, aumenta-se a eficiência da transmissão através da utilização de cada VP.

2.1 O estabelecimento do VP em uma chamada *multicast*

O VP é utilizado em transmissões *multicasts* diretas multiplexadas ponto a ponto e ponto a multiponto. O ATM Forum sugere o estabelecimento de chamadas *multicast* utilizando o VP ponto a ponto.

- O VP de chamadas diretas multiplexadas ponto a ponto

Este método estabelece uma chamada em cada nó destino utilizando a abordagem ponto a ponto. A vantagem deste método consiste em não necessitar o adição de um outro mecanismo para o estabelecimento de uma chamada ponto a multiponto. No entanto, sua desvantagem reside no desperdício de uma largura de banda para a cópia dos dados do nó raiz para o nó destino. Estas características podem ser melhor entendidas através da análise da figura 2.1. Suponha-se que seja necessário conectar o nó raiz *A* aos nós objeto *D*, *E* e *F*. Cada conexão é roteada como apresentado através do VP ponto a ponto. Portanto, o enlace (*A,B*) é utilizado três vezes para o envio da mensagem *multicast*.



< Figura 2.1 O VP ponto a ponto *Multiple Direct* >

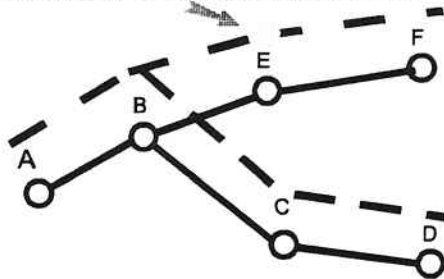
- O VP ponto a multiponto

Este método também utiliza o mesmo método do VP ponto a ponto. A conexão ponto a multiponto é estabelecida utilizando-se uma largura de banda já alocada. No entanto, neste método o comutador ATM realiza uma cópia de cada *input port* para os vários *output port*. A desvantagem deste método reside na necessidade do pré-estabelecimento do VP que cria as associações possíveis entre os nós raiz e os nós destino. Este método não poderá ser aplicado quando o multiponto das redes ATM não for limitado, pois o número de VP's multiponto aumenta.

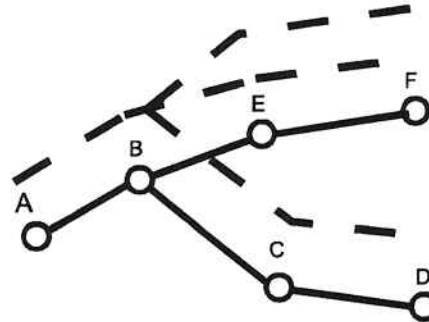
Na figura 2.2 é apresentado como é feita uma conexão multiponto do nó *A* aos nós *D*, *E* e *F*. O nó *E* possui duas funções: servir de ponto final do VP e ser um ponto de conexão cruzada. VP's deste tipo denominam-se VP's com saída intermediária, por outro lado, o VP ponto a ponto não necessita do chaveamento.

Um outro método utilizado pelo VP com saída intermediária pode organizar o VP multiponto. Tal propriedade pode ser observada na figura 2.3. O VP deste método necessita copiar os dados em três direções no chaveamento *B*, sendo que o VP precisa copiar apenas duas direções na figura 2.2. O método aproximado, mesmo necessitando o comutador ATM *multicast*, apresenta duas vantagens: utiliza uma largura de banda pequena e um mecanismo de estabelecimento de conexão ponto a ponto já existente.

Terminação de VP e ponto de conexão cruzada



<Figura2.2: O VP 1 multiponto>



<Figura2.3: O VP 2 multiponto>

Neste artigo supõe-se que a rede ATM possui n nós ($n > 0$). A associação do nó unidirecional é definida de um nó para o outro. Portanto, a rede pode definir um total de $n(n-1)$ caminhos virtuais. Geralmente, um roteamento do VP interconecta cada conjunto do enlace físico da rede ATM. Assim, O VP se conecta ao enlace físico de número k , denominado VP k -hop.

2.2 Procedimento para o estabelecimento de uma chamada *multicast*

O ATM Forum utiliza a sinalização ponto a multiponto e o mesmo VCC de sinalização que é alocado em conexões ponto a ponto. Todo o procedimento para o estabelecimento de conexão ponto a multiponto começa na conexão ponto a ponto entre o nó raiz e o nó folha. Depois disso, outro nó folha pode ser adicionado pela requisição *ADD PARTY* em conexão ponto a multiponto. O nó raiz pode pedir as várias requisições *ADD PARTY* de uma só vez. Em outras palavras, a raiz não precisa esperar as respostas das requisições *ADD PARTY* e pode requerer *ADD PARTY* para outro nó. O *ADD PARTY* é a solicitação de inclusão de um parceiro a mais numa conexão já estabelecida, podendo o novo nó folha ter sido retirado da conexão pela requisição da raiz e do mesmo nó folha.

A seguir searm apresentados os procedimentos para *multicast* suportados pelo ATM Forum. A tabela 2.1 é apresentado o *timer* que é utilizado por cada procedimento [1].

<Tabela 2.1 Timers para Procedimentos>

Timer	Timeout	Cause of Call	Normal Stop	Expiry
T303	4s	SETUP sent	CONNECT, CALL PROCEEDING	Retransmit SETUP
T399	14s	ADD PARTY sent	ADD PARTY ACKNOWLEDGE, ADD PARTY REJECT	

1. Call/Connect request

O estabelecimento da chamada inicia-se através do *call* party que envia mensagem de *setup* em VC sinalizado por interface e dispara o *timer* T303. Depois de enviar a mensagem de *setup*, esta chamada considera o estado de inicialização em *call party*. A mensagem *setup* possui uma informação que processa a chamada, por exemplo, *ATM user cell rate* e *QoS parameter*.

Se o usuário não receber a resposta da mensagem *setup* antes de vencer o primeiro tempo, a mensagem *setup* é retransmitida e o *timer* também recomeça. Se o *timer* T303 passou o limite de tempo, o usuário cancela esta chamada.

2. Call/Connect Proceeding

Quando a rede decide pela utilização do serviço requisitado, ela envia uma mensagem *call proceeding* significando que essa chamada esta sendo processada e que reconheceu a mensagem *setup*. Se o usuário receber a mensagem *call proceeding*, interrompe-se o *timer* T303 e inicia-se o *timer* T309.

3. Add Party

Um parceiro de chamada inicia uma inclusão de um parceiro através do envio da mensagem *ADD PARTY* por sinalização de canal alocada por interface. Depois de enviar a mensagem, o usuário ativa o *timer* T399. Se a rede rejeitar o pedido do *ADD PARTY*, ela envia a mensagem *ADD PARTY* rejeitado para o usuário. Mesmo que não apareça claramente os parâmetros informando sobre o *QoS* e a largura de banda da mensagem *ADD PARTY*, os mesmos devem ser iguais aos da conexão ponto a multiponto desejada.

4. Drop Party

Quando o usuário quer abandonar a conexão, ele envia as mensagens *DROP PARTY* ou *RELEASE*. Caso envie a mensagem *RELEASE*, o usuário usa o procedimento de remoção de chamada e remove todos os parceiros. Depois de enviar a mensagem *DROP PARTY*, ativa o *timer* T398 e entra no estado inicial de *DROP PARTY*.

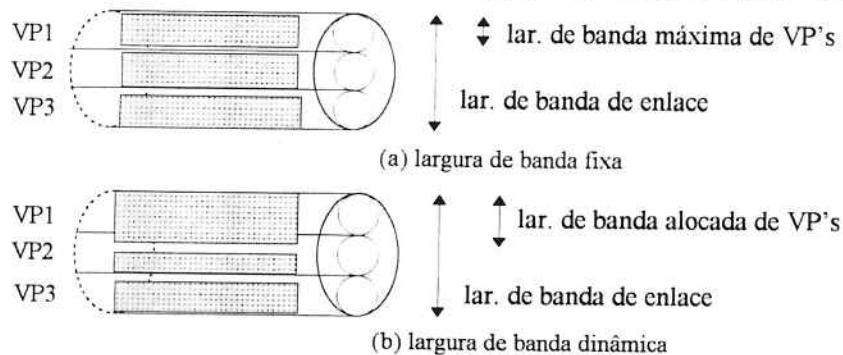
3. Método proposto de controle de largura de banda para transmissões *multicasts*

A rede ATM considerada neste artigo admite que o usuário estabeleça a largura de banda desejada. O usuário anuncia uma largura de banda necessária para rede, então a rede decide se aceita ou rejeita comparando a largura de banda pedida com todas as larguras de banda disponíveis. Se o usuário pedir uma largura de banda menor do que uma largura de banda alocada, ele pode ter o seu pedido aceito, podendo assim transmitir com *multicast*. Para o caso do usuário usar apenas uma largura de banda alocada, a eficiência da transmissão dos tráfegos é garantida independentemente do estado da rede. Se uma chamada for bloqueada no caso do seu estabelecimento, o usuário pode requerer o estabelecimento de uma nova chamada numa largura de banda reduzida. Se o usuário quiser variar a largura de banda já alocada numa chamada pré-estabelecida, ele pode pedir para mudá-la.

3.1 Controle de largura de banda dinâmica e fixa

A figura 3.1 apresenta como é realizada a comparação de uma largura de banda dinâmica com uma largura de banda fixa. No caso da largura de banda fixa,

inicialmente cada VP possui uma largura de banda igual a W_i/n , onde W_i é a largura da banda total do enlace e n é o número total de VP's. Quando a rede recebe um

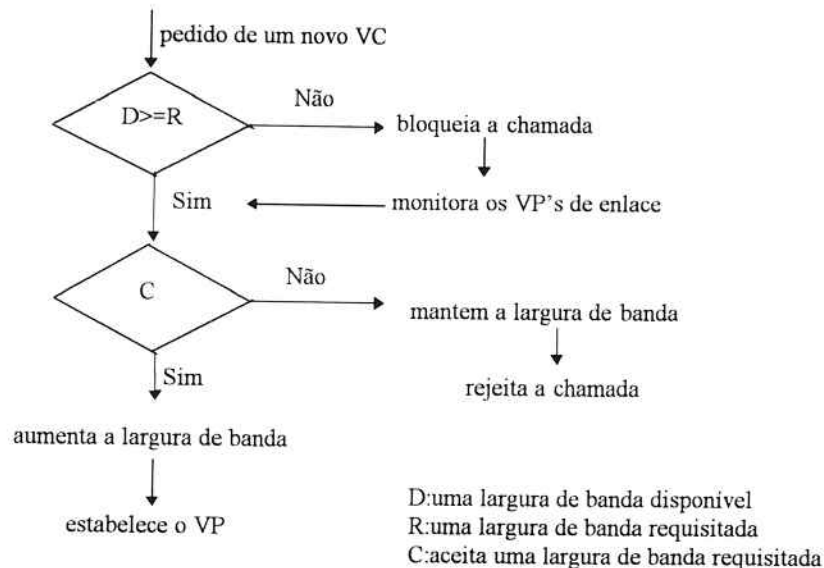


<Figura 3.1 Controle de largura de banda fixa e uma largura de banda dinâmica>

pedido maior do que ela tem alocado, no caso de largura de banda fixa não é possível estabelecer a chamada, mas no caso do controle de largura de banda dinâmica tem-se a vantagem de poder estabelecer a chamada alocando uma largura de banda de enlace não utilizada.

3.2 Algoritmo de controle de largura de banda dinâmica

O algoritmo básico é apresentado na figura 3.2. Ele propõe um método onde a largura de banda varia dinamicamente segundo a necessidade.



<Figura 3.2 Algoritmo de controle de uma largura de banda dinâmica>

Este algoritmo define a tabela de uma largura de banda como é visto na tabela 3.1. A largura de banda de cada enlace é obtida somando-se as larguras de banda não alocadas e as larguras de banda do VP de enlace. Em outras palavras, $C_i = \sum_{k=1}^n C_{ik}$. Cada nó de chaveamento possui uma tabela contendo a largura de banda de cada VP ativo, aplicando sobre ela o algoritmo de controle de largura de banda.

< Tabela 3.1 Tabela de largura de banda >

enlace	largura de banda total	larg. de banda disponível	VP	larg. de banda do VP	larg. de banda disponível do VP
1	C_1	A_1	1, 2, ..., N	$c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1n}$	$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}$
2	C_2	A_2	1, 2, ..., N	$c_{21}, c_{22}, \dots, c_{2n}$	$a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	C_n	A_n	1, 2, ..., N	$c_{n1}, c_{n2}, \dots, c_{nn}$	$a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nn}$

No algoritmo proposto para controle de largura de banda considerou-se dois casos:

- No caso de aumentar a largura de banda do VP
 1. Compara-se a largura de banda disponível do VP objeto com a largura de banda de chamada requisitada.
 2. Se a largura de banda disponível for maior, aceita-se a chamada requisitada, caso contrário, pode-se aumentar a largura de banda do VP objeto tanto quanto for necessário para atender a chamada requisitante.
 3. Se não for possível aumentar a largura de banda do VP objeto, mantém-se a largura de banda presente e rejeita-se a chamada.
- No caso de diminuir a largura de banda do VP

Investigou-se o estado dos VP's em uso e determinou-se o estado real de utilização do enlace, diminuindo-se a largura de banda dos VP's que não estiverem utilizando totalmente a banda originalmente requerido.

3.2.1 Pseudo código do algoritmo

1. Uma conexão ponto a multiponto
 Procedure point-to-multipoint connection(destination node)

```

if (this node is source node)
{ select VP;
  send SETUP message; }
if (destination node) then
  send CONNECT message;
else
  if (  $a_{ij} \geq \text{requested\_bandwidth}$  ) then
    allocate_bandwidth;
    lookup the routing table for destination node;
    send CALL PROCEEDING message;
  else if (  $C_i - a_{ij} + A_i \geq \text{requested\_bandwidth}$  ) then
    call Bandwidth_increase;
    proceeding the call;
  else
    reject the call;

```

2. Uma adição de nó folha

Procedure Join the Multicast Connection (destination node)

```
if ( this node is source node )
{ request the add party;
  select VP; }
send ADD PARTY message;
if ( destination node ) then
  send CONNECT message;
else
  if (  $a_{ij} \geq \text{requested\_bandwidth}$  ) then
    allocate_bandwidth;
    lookup the routing table for destination node;
    send CALL PROCEEDING message;
  else if (  $C_i - a_{ij} + A_i \geq \text{requested\_bandwidth}$  ) then
    call Bandwidth_increase;
    proceeding the call;
  else
    reject the call;
```

3. O aumento da largura de banda

Procedure Bandwidth_increase

```
increase_bandwidth = requested_bandwidth -  $a_{ij}$ ;
 $A_i = A_i - \text{increase\_bandwidth}$ ;
 $c_{ij} = c_{ij} + \text{increase\_bandwidth}$ ;
```

3.2.2 Aplicação do algoritmo

Aplicando-se o *pseudo código* para o estabelecimento de uma chamada ponto a multiponto, tem-se o seguinte: O nó raiz de *multicast* só adiciona os nós folhas que enviaram respostas da requisição do nó raiz antes de vencer o *timer* T399 em um grupo *multicast*.

- O passo do estabelecimento da chamada ponto a multiponto possui o procedimento de conexão ponto a multiponto. No caso de se aumentar a largura de banda é aplicado o algoritmo, caso seja vencido o *timer* T303, rejeita-se a chamada. Pode-se pedir uma chamada novamente diminuindo-se uma largura de banda.
- Na adição do nó folha executa-se o procedimento de unir conexão multicast. Caso a largura de banda aumente é aplicado o algoritmo e aceita-se a chamada quando as respostas da mensagem ADD PARTY chegam antes de *timer* T399.
- Na fase de transmissão da mensagem *multicast*, monitora-se os tráfegos e aplica-se o algoritmo de controle de largura de banda.
- Na fase da remoção de uma chamada ponto a multiponto, é enviada a mensagem DROP PARTY para cada nó folha, devolvendo-se a largura de banda alocada.

4. Análise do Desempenho

A seguir serão apresentados os parâmetros necessários à análise do desempenho do algoritmo proposto. Além disto será feita uma avaliação deste algoritmo através de uma simulação baseada na linguagem *SLAM II*[12].

4.1 Análise matemática

Neste algoritmo a largura de banda dinâmica é variável e é determinada pela função $W_k(i_k)$. Esta função normaliza a largura de banda do k -ésimo VP que possui i_k concorrentemente conectado ao canal virtual, e é definida pela seguinte expressão[5]:

$$W_k(i_k) = u_{p+1,k} \text{ para } u_{p,k} \leq i_k \leq u_{p+1,k} \quad (4.1)$$

Neste algoritmo, a equação (4.1) define uma largura de banda ótima em função da quantidade de tráfego que entra em cada nó origem. O objetivo desta equação é melhorar a eficiência da transmissão e a probabilidade de perda de chamada em toda a rede, representados, respectivamente, pelos símbolos, η e B_k . A eficiência da transmissão, η , é calculado pela equação (4.2), que utiliza as razões dos tráfegos transmitidos e a capacidade necessária de enlace mínimo com baixa probabilidade de perda de chamada.

$$\eta = \sum_{k=1}^n \alpha_k (1 - B_k) / c \quad (4.2)$$

A probabilidade de perda de chamada B_k é definida pelas equações (4.3)-(4.5) utilizando-se a fórmula *Erlang B(loss)* no caminho virtual VP_k . Neste caso, supõe-se que cada enlace de transmissão é independente. O B_k é computado pela equação de estado como apresentado na equação (4.3).

$$B_k = \sum \sum \dots \sum \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in I_k} \frac{\alpha_1^{i_1} \alpha_2^{i_2} \dots \alpha_n^{i_n}}{i_1! i_2! \dots i_n!} P_0 \quad (4.3)$$

A probabilidade inicial da probabilidade de perda de chamada é calculada pelo número de VC's e os tráfegos.

$$P_0 = \left(\sum \sum \dots \sum \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n) \in I} \frac{\alpha_1^{i_1} \alpha_2^{i_2} \dots \alpha_n^{i_n}}{i_1! i_2! \dots i_n!} \right)^{-1} \quad (4.4)$$

A equação (1.5) define uma condição de limitação que é expressa pela faixa de número de VC's utilizados no cálculo da probabilidade de perda de chamada.

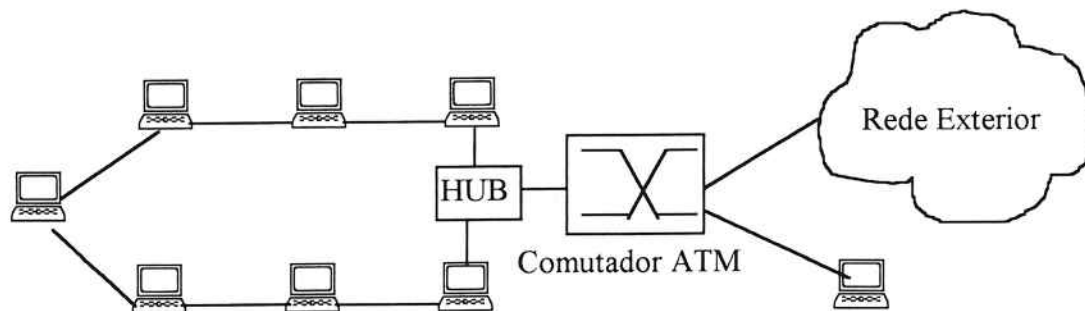
$$I_k = \{(i_1, i_2, \dots, i_n) | W_k(i_k) = u_{p,k} \text{ and } 0 \leq C - \sum_{i=1}^n W_k(i_k) < u_{p+1,k} - u_{p,k}; p = 0, 1, \dots\} \quad (4.5)$$

4.2 Simulação

A simulação é realizada fazendo-se uma comparação entre o controle de largura de banda dinâmica e a largura de banda fixa. Utiliza-se a linguagem *SLAM II* para a simulação da rede composta por estações de trabalho. O principal objetivo desta simulação será comparar as razões de perda de chamada e a eficiência das transmissões variando-se os tráfegos.

O ambiente de simulação é composto por seis nós cujos VP's já estejam estabelecidos como apresentado na figura 4.1.

A simulação é realizada fazendo-se uma comparação entre o controle de largura de banda dinâmica e a largura de banda fixa. Utiliza-se a linguagem *SLAM II* para a simulação da rede composta por estações de trabalho. O principal objetivo desta simulação será comparar as razões de perda de chamada e a eficiência das transmissões variando-se os tráfegos.



<Figura 4.1: Configuração de rede para a simulação >

O ambiente de simulação é composto por oito nós cujos VP's já estejam estabelecidos, além disto tem-se um *hub* e um comutador ATM conectados à rede exterior como apresentado na figura 4.1. Nesta rede cada nó pode funcionar como nó raiz ou folha, i.e., cada nó envia ou recebe mensagens *multicast*. Comparando-se a largura de banda fixa e dinâmica são focalizados a probabilidade de perda de chamada e a eficiência de transmissão *multicast* no estabelecimento de chamadas.

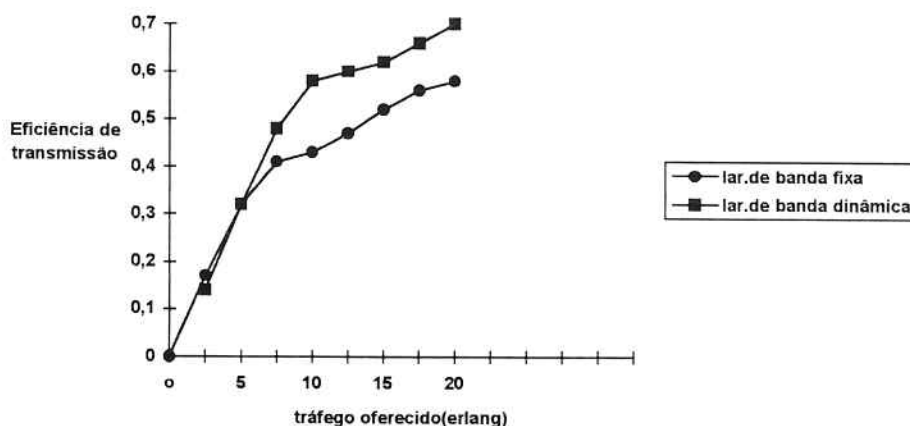
Com efeito, o bom desempenho de uma rede é basicamente avaliado através da análise destes dois parâmetros. Nesta comparação será feita uma variação dos tráfegos, que será simulada através da produção de chamadas *multicast* entre 30.000 a 40.000 nós e, em seguida, obtidos os números de perda de chamada. A largura de banda de cada enlace é determinada pela função *RESOURCE* em *SLAM II*.

No caso da largura de banda dinâmica, utiliza-se uma função de *LINK* do *RESOURCE* para que os VP's possam compartilhar as larguras de banda de cada enlace.

No caso da largura de banda fixa, utiliza-se *RESOURCE*. Por exemplo, serão utilizadas variáveis diferentes para cada VP, pois assim elas não compartilharão uma mesma largura de banda. Portanto, pode-se determinar a eficiência de transmissão de cada enlace pela utilização do nó *RESOURCE*.

Cada nó produz as chamadas *multicast* pelo processo *poisson* no nó *CREATE* e, quando transmite em *multicast*, o tempo de transmissão de uma largura de banda alocada é determinado por uma distribuição exponencial.

Na figura 4.2 é comparada a eficiência de transmissão entre os métodos: largura de banda dinâmica e largura de banda fixa.



<Figura 4.2: Eficiência de transmissão versus tráfego oferecido>

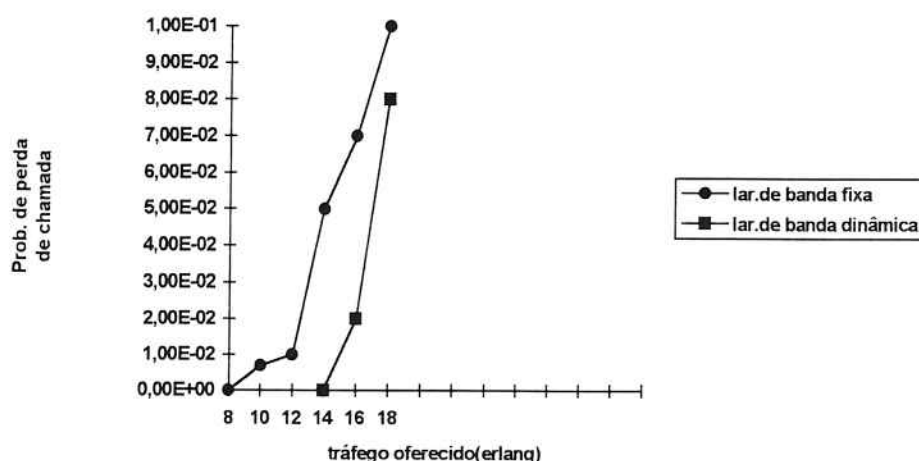
Quando o tráfego é menor ou igual a $5a(eri)$, o método de largura de banda fixa apresenta melhor desempenho do que o de largura dinâmica, mas quando o tráfego é maior que $5a(eri)$, o controle de largura de banda dinâmica melhorou o desempenho em cerca de 10% a 20%.

Portanto, no caso de pouco tráfego, o desempenho diminui devido ao *overhead* de procedimento na largura de banda dinâmica. Caso exista muito tráfego, aumenta-se a eficiência de transmissão através da utilização da largura de banda ociosa. Caso uma chamada se perca por não receber uma largura de banda alocada, o nó *COLOCT* recolhe as chamadas perdidas. Desta forma, obtém-se uma estatística da probabilidade de perda de chamada.

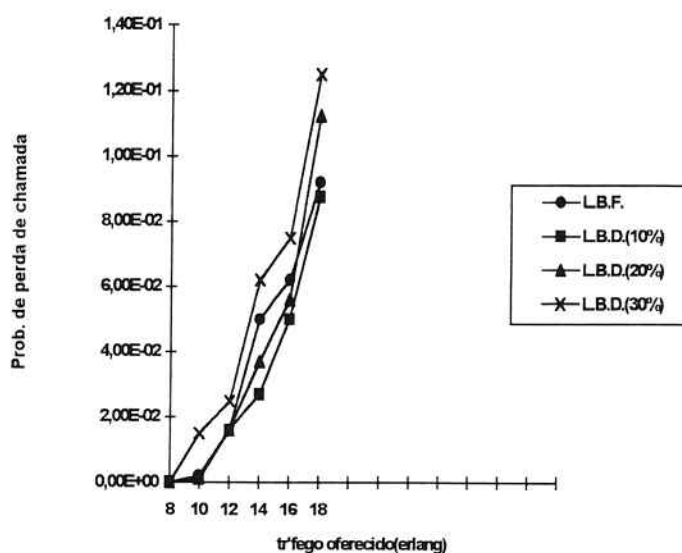
Na figura 4.3 é medida a probabilidade de perda de chamada, considerando-se um mesmo número de chamadas *multicast* em cada VP dos dois métodos. Quando o tráfego é maior do que $8a$, a largura de banda fixa começa a perder chamadas, mas na dinâmica esta perda começa quando o tráfego é maior do que $14a$. Então, num mesmo tráfego a diferença entre a largura de banda fixa e dinâmica pode variar de 0.02 a 0.05, sendo melhor o controle de largura de banda dinâmica.

Na figura 4.4 é medida a probabilidade de perda de chamada, considerando-se que em um VP ocorre acréscimos de 10%, 20% e 30% no número de chamadas que em outro VP. Caso ocorra um acréscimo no número de chamadas de 10% em um VP, a probabilidade de perda de chamada neste VP é mais baixa quando se utiliza o controle de largura de banda dinâmica do que quando se utiliza o controle de largura de banda fixa.

No entanto, quando ocorre um acréscimo de 20% no número de chamadas e o tráfego é maior que 16 erlang, a probabilidade de perda de chamada aumenta. De maneira semelhante, se as chamadas aumentam 30% então a probabilidade de perda de chamada no controle de largura de banda dinâmica é maior que o controle de largura de banda fixa. Na figura 6.4 pode-se perceber que quando um VP possui muitas chamadas, devido ao fato de um VP utilizar as larguras de banda de outros VP's, a probabilidade de perda de chamada aumenta em VP's que possuem uma pequena largura de banda. Portanto, nota-se que o controle de largura de banda dinâmica é eficiente quando ocorrem chamadas equalizadas.



<Figura 4.3: Probabilidade de perda de chamada versus tráfego oferecido>



<Figura 4.4: Probabilidade de perda de chamada versus tráfego oferecido>
(Quando o VP possui várias chamadas)

5. Conclusão

Neste artigo analisou-se o controle de largura de banda dinâmica e transmissões *multicast* em redes ATM. *Multicast* de rede ATM é um princípio através do qual se estabelecem chamadas ponto a multiponto no *UNI spec* do ATM Forum. O controle de largura de banda diminui a largura de banda não utilizada através do compartilhamento da largura de banda do VP e altera-la dinamicamente. Como resultado foi proposto um algoritmo de controle de largura de banda dinâmica e mostrou-se os parâmetros: probabilidade de perda de chamada e eficiência de transmissão através das quais avaliou-

se este algoritmo. Com resultado da análise da simulação, percebeu-se que o controle de largura de banda dinâmica é melhor do que o de banda fixa.

Uma proposta de continuação deste trabalho é a simulação em um ambiente de *multicast* mais completo. Percebe-se, também, a necessidade de pesquisas por um algoritmo mais eficiente para o controle da largura de banda e para VP's multiponto.

Referências

- [1] ATM Forum, **ATM User-Network Interface Specification Version 3.0**, Prentice Hall, 1993
- [2] David E. McDysan, Darren L. Spohn, **ATM Theory and Application** McGraw-Hill, 1994
- [3] C. Partridge, **Gigabit Networking**, Addison Wesley, 1994
- [4] **ATM Networks Concepts, Protocols, Applications**, 1994
- [5] Satoru. Ohta, Ken-Ichi Sato, Dynamic Bandwidth Control of the Virtual Path in an Asynchronous Transfer Mode Network, **IEEE trans.on Comm.**, pp.1239-1247., Jul. 1992
- [6] M. Ilyas, H. T. Mouftah, Performance Evaluation of Congestion Avoidance in Broadband ISDNs, **IEEE ICC** 1990, PP.727-730
- [7] S.E. Deering, Host Extensions for IP Multicasting, **RFC998**
- [8] Radia Perlman, **Interconnections Bridges and Router**, Addison Wesley, 1992
- [9] H. Kroner, G. Hebuterne, P. Boyer, A. Gravey, Priority management in ATM switching nodes, **IEEE JASC**, pp.418-427, Apr. 1991
- [10] Raj Jain, Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: **Recent Advances and A Survey**, January 1995
- [11] H. Ammar, Shun Yan Cheung, Routing Multipoint Connections Using Virtual Paths in an ATM Network, **IEEE INFOCOM** 1993, pp.98-105
- [12] B. Pritsker, A. Alan, **Introduction to simulation and SLAM II**, Systems Publishing Corporation, 1986
- [13] Fang Lu, ATM Congestion Control, State University of Ohio, USA, **Techn. Report**. http://www.cis.ohioost...88/atm_cong/index.html, 1995.
- [14] Rajesh R. Talpade, Grenville J. Armitage, Experience with architecture for supporting IP multicast over ATM, **Tecn. Report**, 1996
- [15] Ken Calvert, Ramesh Madhavan, A comparison of two practical multicast routing schemes, **GIT-CC-94/25**, February 1994
- [16] S.S. Lee, S. T. Kofuji, Controle de largura de banda dinâmica para transmissões multicast em redes ATM, **Proceedings**, Infonor'96, Nov. 1996.
- [17] G. de Veciana, C. Courcoubetis and J. Walrand, Decoupling Bandwidths for networks: a Decomposition Approach to Resource Management, **IEEE Infocom'94**, vol.2 pp.466-473.
- [18] Raif O. Onvural **Asynchronous Transfer Mode Networks**. Artech House, 1994.
- [19] S. Deering, Host Extensions for IP Multicasting, **Request For Comments 1112** Stanford University, 1989.
- [20] Heinanen, J., Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5, **Request For Comments 1483**, USC/information Science Institute, Jul. 1993.
- [21] Laubach, M., Classical IP and ARP over ATM, **Request For Comments 1577**, Hewlett-Packard Laboratories, Dec. 1993.
- [22] Armitage, G.J., Support for Multicast over 3.0/3.1 based ATM networks,

Internet-Draft, draft-ietf-ipatm-ipmc-12.txt, Feb. 1996.

- [23] Peter G.Harrison, Naresh M.Patel, **Performance Modelling of Communication Networks and Computer Architectures**, Addison-wesley, 1993.
- [24] Tadao Murata, Petri Nets: Properties, Analysis and Applications, **Proceeding of the IEEE**, vol.77 no.4, April 1989.
- [25] H.G. Perros, Akyildiz, Analysis on Queuing networks with rejection blocking. In **Workshop** on queuing Networks with Blocking. Amsterdam, 1989.
- [26] R. Guérin, H. Ahmadi, and M. Naghshineh, Equivalent Capacity and its Application to Bandwidth Allocation in High-Speed Networks, **IEEE Jornal** on Selected Areas in Communication, vol. 9, no.7, pp.968-981, Sept.1991.
- [27] C.Lea, What Should Be the Goal for ATM, **IEEE Network**, vol. 6, no.5, pp.60-66, 1992.
- [28] P. Newman, ATM Tecnology for Corporate Networks, **IEEE Communications Magazine**, Apr. 1992.
- [29] Network Word, **Magazine**, 1994, 1995.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEE/9301 - Oscilador a HEMT - 10 GHz - FÁTIMA S. CORRERA, EDMAR CAMARGO
- BT/PEE/9302 - Representação Senoidal da Voz através dos Polos do Filtro Preditor - MARCELO B. JOAQUIM, NORMONDS ALENS
- BT/PEE/9303 - Blindagens por Grades Conductoras: Cálculo do Campo Próximo - LUIZ CEZAR TRINTINALIA, ANTONIO ROBERTO PANICALI
- BT/PEE/9304 - Sistema de Otimização e Controle de Produção em Minas de Pequeno e Médio Porte - TSEN CHUNG KANG, VITOR MARQUES PINTO LEITE
- BT/PEE/9401 - Determinação das Frases de Aplicação Forense para o projeto NESPER e Tese de Mestrado IME/94, com Base em Estudos Fonéticos - MARCONI DOS REIS BEZERRA, EUVALDO F. CABRAL JUNIOR
- BT/PEE/9402 - Implementação e Teste de uma Rede Neural Artificial do Tipo KSON (Kohonen Self-Organizing Network) com Entradas Bidimensionais - MARCELO YASSUNORI MATUDA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9403 - Transformada de Walsh e Haar Aplicadas no Processamento de Voz - ALEXANDRE AUGUSTO OTTATI NOGUEIRA, THIAGO ANTONIO GRANDI DE TOLOSA, EUVALDO F. CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9404 - Aplicação de Redes Neurais ao Problema de Reconhecimento de Padrões por um Sonar Ativo - ALEXANDRE RIBEIRO MORRONE, CRISTINA COELHO DE ABREU, EDUARDO KOITI KIUKAWA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9405 - Tudo que se Precisa Saber sobre a Prática da FFT - Transformada Rápida de Fourier (Inclui Software) - ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9406 - A Survey on Speech Enhancement Techniques of Interest to Speaker Recognition - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9407 - Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, MÁRCIO A. MATHIAS, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9408 - Implementação e Teste de Filtros do Tipo Adaptativo e "Notch" para a Remoção de Interferência de 60 Hz em Sinais de Eletrocardiograma - FLÁVIO ANTÔNIO MENEGOLA, JOSÉ AUGUSTO DE MATTOS, JOSÉ GOMES G. FILHO, SIDNEY SILVA VIANA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9409 - Compressão de Sinais de Voz utilizando Transformadas de Karhunen-Loève, Fourier e Hadamard - IVAN LUIS VIEIRA, LUIZ FERNANDO STEIN WETZEL, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9410 - "Ray Tracing" Paralelo - EDUARDO TOLEDO SANTOS, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9411 - Implementação de uma Ferramenta Posicionador para "Gate-Arrays" Tipo Mar de Portas - JORGE W. PERLAZA PRADO, WILHELMUS A. M. VAN NOIJE
- BT/PEE/9412 - Tudo que se Precisa Saber Sobre a Teoria da FFT - Transformada Rápida de Fourier - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9413 - Análise do Ruído Sonoro em uma Sala de Aquisição de Amostras de Som com Microcomputador - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9414 - Cor: Aspectos Relevantes para Visualização de Dados - SÍLVIA DELGADO OLABARRIAGA
- BT/PEE/9415 - Projeto de Filtros Digitais IIR com Fase Aproximadamente Linear Utilizando Redução de Ordem - IVAN F. J. RODRIGUES, MAX GERKEN
- BT/PEE/9416 - GERAFILTRO: Sistema para Projeto Automático de Filtros Digitais "IIR" (da especificação em alto nível ao leiaute do "ASIC") - RICARDO PIRES, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
- BT/PEE/9417 - Redes Neurais Artificiais Aplicadas à Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9501 - Estudo Comparativo de Métodos de Cálculo da Frequência Fundamental - MARCOS COSTA HUNOLD, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9502 - Combinando Técnicas de Redes Neurais Artificiais e Informações de Excitação no Reconhecimento Automático do Locutor - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9503 - Utilização de Redes Neurais Artificiais para Detecção e Identificação de Falhas em Circuitos - MÁRCIO YUKIO TERUYA, ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9504 - Uso de Redes Neurais Artificiais no Reconhecimento de Locutores no Domínio Temporal - BENEDITO JOSÉ BARRETO FONSECA JÚNIOR, EUVALDO CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9505 - Projeto de Filtros Passivos e Ativos em Técnicas de Circuitos Integrados de Microondas - DAVID VIVEIROS JÚNIOR, DENISE CONSONNI
- BT/PEE/9506 - Uma Análise de *Clustering* para as Frases de Projeto NESPER - RONALDO OLIVEIRA MESSINA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9507 - Controle com Estrutura Variável e Modos Deslizantes - Um Estudo para Aplicação em Controle Carga-frequência da Geração - JOSE PAULO F. GARCIA, JOCELYN FREITAS BENNATON
- BT/PEE/9508 - Recuperação das Margens de Ganho e de Fase para Sistemas de Fase Não Mínima por Realimentação da Saída - MARCO H. TERRA, VITOR M. P. LEITE
- BT/PEE/9509 - Sistema de Inspeção Óptica de Dispositivos Bi-Dimensionais - CASIMIRO DE ALMEIDA BARRETO, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ
- T/PEE/9510 - Sistema de Partículas Uma Poderosa Técnica de Animação em Computação Gráfica - RENATO CURTO RODRIGUES, JOÃO ANTÔNIO ZUFFO
- BT/PEE/9511 - Efeito de Ruídos em Sinais de Voz Visualizados em Trajetórias Neurais de Kohonen - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9601 - "Um Reconhecedor de Sinais Sonoros Utilizando LVQ" - ALEXANDRE TORNICE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9602 - "Coleção *Artificial Neural Networks*: Uma Visão Geral dos Sistemas Neurais Artificiais de Stephen Grossberg" - CHIU HSIUNG HUANG
- BT/PEE/9603 - "Reactively-Sputtered TiN Formation Using a RF Magnetron System"- SÉRGIO PAULO AMARAL OSÓRIO, LUIZ SÉRGIO ZASNICOFF
- BT/PEE/9604 - Aspectos em Tradução de Linguagens Naturais Através de Redes Neurais Artificiais - CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9605 - Implementação de Blocos Passa-Tudo Utilizando Realimentação de Erro - SÉRGIO JOSÉ CARNEIRO LEÃO, MAX GERKEN
- BT/PEE/9606 - Coleção *SANN group* Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Sakoe - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.

BT/PEE/9607 - Coleção SANN group Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Steinbuch - ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO F. CABRAL JR.

BT/PEE/9608 - Desenvolvimento de uma Estrutura de Duplo Nível de Metal para a Confeção de Interconexões em Circuitos Integrados - JOSÉ AUGUSTO DE ALENCAR PEREIRA, LUIZ CARLOS MOLINA TORRES

BT/PEE/9609 - Determinação de Parâmetros de Processo para Fotomáscara "Balzers" Utilizando Gerador de Padrões - JORGE SEKI, MEGUMI SAITO

BT/PEE/9610 - Um Ambiente para Desenvolvimento de Sistemas Distribuídos - PEDRO F. ROSA, JOÃO A. ZUFFO

BT/PEE/9611 - Interpretações Teóricas do Funcionamento Cerebelar: Uma Revisão - MARCUS FRAGA VIEIRA, ANDRÉ FÁBIO KOHN

BT/PEE/9612 - Marcapasso Cardíaco Temporário Microcontrolado de Demanda e Baixo Consumo - FLAVIO ANTONIO MENEGOLA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES

BT/PEE/9613 - Um Sistema de Planejamento de Ação Baseado em Casos para uma Célula Flexível de Manufatura - RICARDO LUÍS DE FREITAS, MÁRCIO RILLO

BT/PEE/9614 - Aplicações do Boundary-Scan para o Teste de Módulos Multichip - ROBERTO C. COSSI JR., JOSÉ ROBERTO DE A. AMAZONAS

BT/PEE/9615 - A 2.488 Gb/s GaAs 1:4/1:16 Demultiplexer IC with Skip Circuit for Sonet STS-12/48 Systems - TAUFIK ABRÃO, FATIMA S. CORRERA

BT/PEE/9616 - Uma Contribuição para a Construção de Algoritmos em Projetos de Redes - ALLAN DE SOUZA, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA

BT/PEE/9617 - Análise Crítica dos Métodos de Medição do Intervalo QT do Eletrocardiograma - SÍDNEY DA SILVA VIANA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES

BT/PEE/9618 - Deposição e Caracterização de Filmes de SiO₂ Crescidos pela Técnica de PECVD a Baixa Temperatura - MARCO ALAYO CHÁVEZ, INÉS PEREYRA

BT/PEE/9619 - PARSTOOL: Uma Ferramenta de Auxílio à Simulação de Sistemas Paralelos - LI KUAN CHING, LIRIA MATSUMOTO SATO

BT/PEE/9620 - Análise de um Método de Otimização por Malha no Treinamento de Robôs - OLÍMPIO MURILO CAPELI, JOSÉ CARLOS T. B. MORAES, SADA O ISOTANI

BT/PEE/9701 - Identification of Unstable Mechanical Systems - ROBERTO MOURA SALES, ANSELMO BITTAR, MICHAEL PORSCHE, LAÉRCIO LUCCHESI

BT/PEE/9702 - Analysis of the Subthreshold Slope Transition Region in SOI nMOSFET - VICTOR SONNENBERG, JOÃO ANTONIO MARTINO

BT/PEE/9703 - Introduction of the SOI MOSFET Dimensions in the High-Temperature Leakage Drain Current Model - MARCELO BELLODI, JOÃO ANTONIO MARTINO, DENIS FLANDRE