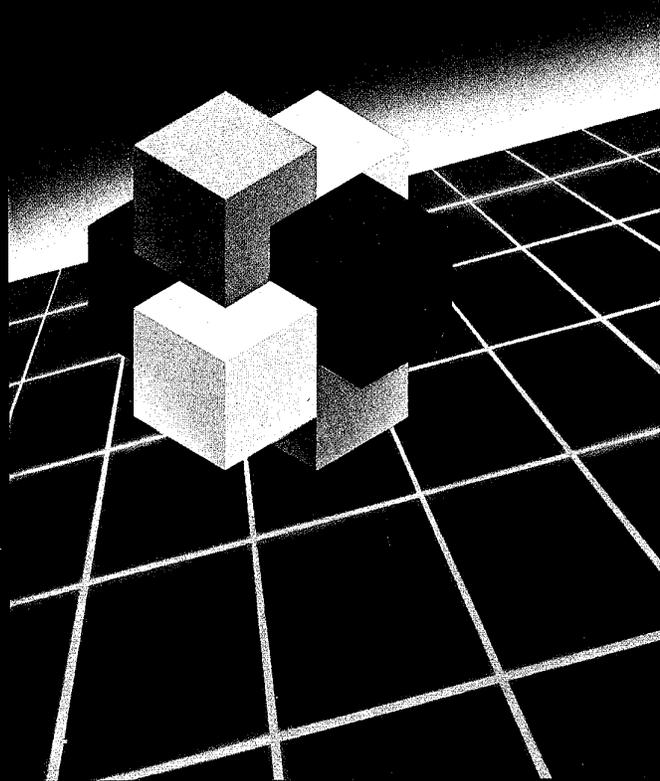




PANEL '85  
EXPODATA

20 a 27 de Julho de 1985  
UFRGS - Porto Alegre - Brasil

**V Congresso da Sociedade  
Brasileira de Computação  
XI Conferência  
Latino-Americana de Informática**



004.06  
5678  
1985  
v.1

ANAIS vol. I

ESTUDO COMPARATIVO DAS DISCIPLINAS EXAUSTIVA E NÃO-EXAUSTIVA NA INTERLIGAÇÃO DE REDES LOCAIS \*

L. LELLIS\* E D. A. MENASCÉ\*\*

SUMÁRIO

Em trabalhos anteriores foi demonstrado pelos autores que, a interligação de um grande número de estações, através de um conjunto de redes locais (LANs) interligadas pode ser vantajosa, do ponto de vista de performance, quando comparada com a solução que utiliza apenas uma rede.

Este artigo explora este assunto em mais detalhe. A influencia, no retardo fim-a-fim, do uso da disciplina exaustiva versus a não-exaustiva, é estudada. O impacto do uso da aproximação de carga balanceada, para a taxa de chegada no gateway e também verificada.

ABSTRACT

It has been demonstrated in previous works by the authors that the interconnection of a large number of stations through a set of interconnected local area networks (LANs) may be of advantage performance wise, when compared with a single LAN solution.

This paper explores this subject in more details. The influence, on end-to-end delay, of the use of exhaustive versus non-exhaustive disciplines is studied. The impact of the use of the balanced load approximation for the gateway arrival rate is also verified here.

\* Analista de Sistemas da LIGHT S.E.S.A.

\*\* Professor associado do Departamento de Informática da PUC/RJ, 22453 Rio de Janeiro-RJ.

Esta pesquisa foi parcialmente financiada pela FINEP e EMBRATEL (Contrato C.DCD-002/82).

## 1 - INTRODUÇÃO

Estudos recentes (LELL84, MENA84), demonstraram que particionar uma rede local, que possua muitas estações, em um conjunto de redes locais interligadas, pode melhorar bastante o desempenho nas comunicações entre as estações.

Esta melhoria se deve basicamente ao fato que, com o particionamento, cada rede passa a ter um número menor de estações. Como o tempo de retardo aumenta não linearmente com o número de estações, esta diminuição do número de estações faz com que o retardo em cada rede seja bem menor que o retardo na rede única, compensando e deixando uma margem de ganho sobre o tempo gasto na interligação das redes (tempo de retardo nos gateways).

Para analisar este efeito em (LELL84), foi desenvolvido um modelo aproximado, para um conjunto de redes locais interligadas, cada uma operando por passagem de permissão.

Em (MENA84) foi obtido um modelo analítico que fornece o retardo médio fim-a-fim entre duas estações do conjunto de redes interligadas.

Este modelo utiliza-se da aproximação de que a carga gerada pelos diversos gateways em uma dada rede será adicionada a carga gerada pelas estações usuárias e dividida pelo número total de estações (incluindo os gateways). Para o cálculo do tempo médio de espera em uma rede isolada, operando com cargas balanceadas e disciplina de atendimento não exaustiva foram utilizados os resultados de (LELL83b).

A figura 1 apresenta uma comparação entre os resultados obtidos através do referido modelo e de um modelo de simulação, para a curva retardo versus número de redes interligadas, utilizando a topologia em ANEL para interligação das redes, para um número total de 320 estações, com uma taxa de chegada média de mensagens de 10 mensagens por segundo (POISSON), sendo o tamanho médio das mensagens 1600 bits (exponencialmente distribuído) e uma capacidade de transmissão na barra de 10Mbits por segundo.

A tabela 1 complementa estes dados apresentando, além dos resultados analíticos e de simulação, o erro causado pela aproximação e as taxas de chegada reais nos gateways e nas estações usuárias, assim como sua aproximação.

NUM. REDES	PROCES. P/REDE	RETARDO			TAXA DE CHEGADA		
		ANALIT.	SIMUL.	ERRO	PROC. USUÁRIO	SAÍDA GATEWAY	APROX. BALANC.
2	160	2409	15125	84%	10	400	15
4	80	1969	2101	5%	10	400	22
8	40	2038	1930	6%	10	400	32
16	20	2708	2532	7%	10	400	49
32	10	4340	4440	2%	10	400	79

A análise destes resultados indica que:

- i) a referida aproximação para a taxa de chegada balanceada é razoável, mesmo para os casos em que existe uma diferença entre a taxa de chegada gerada pelos gateways e estações usuárias (note o caso de 4 redes com 80 processadores, onde a taxa real nas estações usuárias é de 10 msg/seg, no gateway 400 msg/seg, a aproximação é de 22 msg/seg e o erro é da ordem de 5%).
- ii) esta aproximação não é razoável, para o caso em que cada rede tem muitos processadores, pois subestima a sobrecarga introduzida no tempo de retardo de cada mensagem, que atravessa os gateways, pela passagem da permissão entre os diversos processadores de cada rede (note que para 2 redes com 160 processadores, o erro é de 84%, enquanto que para os outros casos, é inferior a 10%).

A análise destes resultados indica que para os casos em que se pretenda ter um pequeno número de redes interligadas, cada uma contendo muitos processadores, a disciplina de atendimento não exaustiva não é a mais conveniente, pois introduz uma sobrecarga muito grande para cada mensagem que atravessa os gateways. É interessante observar que este é um caso prático de grande interesse, visto que o mais natural em uma empresa, será iniciar com um pequeno número de redes interligadas e depois, este número ir aumentando.

Desta análise, surge a percepção de que a disciplina de atendimento exaustivo deve ser mais conveniente para os casos mencionados do que a disciplina não exaustiva.

Na seção seguinte, são feitas adaptações ao modelo apresentado em

(MENA84), visando avaliar o efeito da utilização da disciplina de atendimento exaustiva em lugar da não exaustiva, no retardo médio fim-a-fim em um conjunto de redes locais interligadas, operando com o protocolo de passagem de permissão em barra comum.

## 2 - MODELO MATEMÁTICO

### PARÂMETROS DE ENTRADA

P : número de estações no conjunto de redes interligadas  
 R : número de redes interligadas  
 Ps,t: probabilidade que um pacote que chegue na estação 's' vá para a estação 't'  
 ls : probabilidade que um pacote externo chegue na estação 's'  
 G : número de gateways que interligam o conjunto de redes  
 Ri : conjunto de estações da rede 'i'  
 Si : conjunto de gateways da rede 'i'

De (MENA84), obtemos a seguinte expressão para o retardo médio fim-a-fim no conjunto de redes interligadas:

$$D = \sum_{i=1}^R \sum_{s \in R_i} (l_s) \sum_{j=1}^R D_{ij} T_{ij} \quad (1)$$

Onde,  $D_{ij}$  é definido como sendo o retardo médio no envio de um pacote da rede  $i$  para a rede  $j$  e  $T_{ij}$  é a probabilidade que um pacote que chegue na rede  $i$  vá para a rede  $j$ .

A obtenção de  $D_{ij}$  leva em consideração o retardo em cada rede ( $D_{ii}$ ) e em cada gateway ( $D_{Gg}$ ) e o caminho da rede  $i$  para rede  $j$ , inclusive os tempos nas redes  $i$  e  $j$ .

Assim sendo, a disciplina de atendimento (EXAUSTIVA OU NÃO EXAUSTIVA) influencia o retardo fim-a-fim através da influência que faz no retardo  $D_{ii}$  em cada rede.

Em (LELL83b), é desenvolvido um modelo matemático que permite obter uma aproximação de  $D_{ii}$  para redes operando com o protocolo passagem de permissão em barra comum com disciplina não exaustiva.

Para a avaliação de  $D_{ii}$  no caso da disciplina exaustiva, utilizaremos os resultados obtidos em (BUX83), para aproximação do tempo de retardo em filas com serviço cíclico.

Seja  $Y_i$  a taxa de chegada em cada estação,  $h_i$  o tempo médio para trans-

missão de cada pacote,  $v_i$  o tempo de passagem da permissão entre duas estações consecutivas no ciclo e  $Pr$  o número de estações em cada rede.

Então, a sobrecarga em cada ciclo, devido a passagem da permissão entre as estações e ao intervalo de contenção (IC) é dada por:

$$V = IC + \sum_{i=1}^{Pr} v_i \quad (2)$$

A utilização de cada estação para transmissão de mensagens é dada por:

$$p_i = Y_i h_i \quad (3)$$

E a utilização total  $p$  é:

$$p = \sum_{i=1}^{Pr} p_i \quad (4)$$

A duração média do ciclo é dada por:

$$C = \frac{V}{1 - p} \quad (5)$$

O tempo médio de atendimento a uma estação é dado pelo produto do número de mensagens que cheguem em um ciclo ( $Y_i C$ ) pelo tempo médio de atendimento.

$$T_i = Y_i C h_i \quad (6)$$

Então, utilizando os resultados obtidos em (BUX83), se obtém o tempo médio de espera em cada estação:

$$W_i = \frac{1 - p_i}{2(1-p)} v + \frac{Y_i \cdot h_i^{(2)}}{2(1-p_i)} + \frac{1}{2(1-p)(1-p_i)} \quad \bullet$$

$$\sum_{\substack{Pr \\ k=1 \\ k \neq i}} Y_k h_k^{(2)} \frac{(1-p_i)^{(2)} + Y_i h_i^{(2)} p_k^2}{1 - p_i - p_k + 2 p_i p_k} \quad (7)$$

Para o caso de carga simétrica (ou balanceada), onde:

137

$$Y_i = \frac{Y}{Pr} \quad i=1, \dots, Pr$$

$$h_i = h \quad i=1, \dots, Pr$$

temos que:

$$W_i = \frac{1 + p/Pr}{2(1-p)} \quad V + \frac{Y_h^{(2)}}{2(1-p)}$$

Finalmente, o tempo de retardo na rede  $i$ , será dado por:

$$D_{ii} = W_i + h_i + v_i \quad (8)$$

### 3 - RESULTADOS NUMÉRICOS

Nesta seção utilizaremos o modelo analítico desenvolvido na seção anterior, para comparar o desempenho do conjunto de redes interligadas, utilizando a disciplina exaustiva, com a disciplina não exaustiva segundo o modelo desenvolvido em (MENA84).

Inicialmente, a figura 2 apresenta as curvas do tempo médio de espera em uma rede isolada versus o número de processadores na rede, com uma taxa de chegada média de mensagens por estação de 10 msg/seg (POISSON), sendo o tamanho médio das mensagens 1600 bits (exponencialmente distribuídos) e uma capacidade de transmissão na barra de 10 Mbits por segundo.

A curva 1 representa os resultados analíticos para a disciplina exaustiva, fazendo o balanceamento das cargas das estações usuárias e do gateway como foi feito para o caso não exaustivo, na obtenção da figura 1.

A curva 2 apresenta os resultados analíticos, considerando a carga real nas estações usuárias e nos gateways e calculando a média do tempo de espera proporcional as taxas de chegada, ou seja:

$$W_{med} = \frac{Pr Y_e W_e + Gr Y_g W_g}{Pr Y_e + Gr Y_g} \quad (9)$$

Onde  $Pr$  é o número de estações na rede,  $Gr$  é o número de gateways na rede e  $W_e$  e  $W_g$  os tempos de espera obtidos através da expressão (7), nas estações e nos gateways, respectivamente.

A curva 3 representa os resultados obtidos através do modelo de simulação, desenvolvido em SIMSCRIPT II e que modela o sistema com poucas simplificações.

A figura 3 apresenta a comparação entre os resultados obtidos, usando a disciplina exaustiva e não exaustiva, para o retardo fim-a-fim no conjunto de redes interligadas, utilizando as topologias em ANEL E ESTRELA, para um total de 320 estações com uma taxa de chegada média de 10 msg/seg (POISSON), sendo o tamanho médio das mensagens 1600 bits (exponencialmente distribuídos) e a capacidade de transmissão na barra de 10 Mbits por segundo, sendo que a probabilidade de comunicação entre dois pares qualquer de processadores, é a mesma para todos os pares. Esta curva foi obtida com o modelo analítico, a menos dos resultados para o caso não exaustivo, com duas redes, que foi obtido através de simulação.

A figura 4 apresenta os resultados obtidos para o mesmo caso da figura 3, com a diferença que a probabilidade de comunicação entre dois pares de processadores não é uniforme. Em vez disto, a probabilidade de comunicação entre dois pares é tal que, pares onde os processadores são próximos, tem uma maior probabilidade de comunicação do que os pares formados por processadores distantes.

A análise das figuras 3 e 4 nos indica que a disciplina exaustiva é um pouco melhor que a não exaustiva, pois o retardo no gateway é menor na disciplina exaustiva. Isto se deve ao fato que na disciplina não exaustiva, cada mensagem que atravessa o gateway deve esperar a passagem da permissão entre as demais estações da rede.

Finalmente, a figura 5 apresenta a comparação entre o tempo de espera nas estações usuárias e nos gateways, considerando a carga real, para o mesmo ambiente descrito na obtenção da figura 2. É interessante observar que embora a carga no gateway seja muito maior que a carga nas estações usuárias ( $Y_e = 10$  msg/seg e  $Y_g = 400$  msg/seg) o tempo médio de espera no gateway é inferior ao tempo médio de espera nas estações usuárias. Isto se deve ao fato que, com a disciplina exaustiva, as mensagens que chegam e encontram uma transmissão corrente no gateway, são transmitidas sem sofrer a sobrecarga de espera da chegada da permissão, sendo que esta diferença é tão maior quanto maior seja o número de estações na rede e quanto mais desbalanceado seja o tráfego.

#### 4 - CONCLUSÕES

Este artigo compara as disciplinas de atendimento exaustiva e não exaustiva na interligação de redes locais que utiliza o protocolo de passagem de permissão. A principal conclusão é que para conjuntos de redes com poucos processadores por rede (até 80 processadores nos casos analisados) não existem diferenças significativas no retardo das mensagens com uma ou outra disciplina. Para a topologia de interligação em estrela, os resultados são praticamente os mesmos. Para a topologia de interligação em anel a diferença nos casos analisados foi de menor que 10%.

Para conjunto de redes com muitos processadores por rede (acima de 80 processadores nos casos analisados) a disciplina exaustiva é mais adequada que a não exaustiva. Isto se deve ao fato que a última introduz um retardo muito grande nas mensagens que atravessam os gateways. Este retardo é causado pela passagem da permissão de acesso entre todas as estações da rede, para cada mensagem que atravessa os gateways.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (BUX83) BUX, W e Truong, H., "MEAN-DELAY APPROXIMATION FOR CYCLIC - SERVICE QUEUEING SYSTEMS", Performance Evaluation 3, 1983.
- (LELL83a) Lellis, L e Menascé, D., "MODELAGEM APROXIMADA DE REDES LOCAIS EM BARRA COMUM", ANAIS X SEMISH, Campinas, Jul. 1983.
- (LELL83b) Lellis, L e Menascé, D., "ANÁLISE DE DESEMPENHO DE REDES LOCAIS COM PASSAGEM DE PERMISSÃO", RBC, Vol. 3, Num. 1, 1983/1984.
- (LELL84) Lellis, L e Menascé, D., "AVALIANDO O DESEMPENHO DE REDES INTERLIGADAS", ANAIS XI SEMISH, Vicosá, Jul. 1984.
- (MENA84) Menascé, D e Lellis, L., "PERFORMANCE EVALUATION OF ISOLATED AND INTERCONNECTED TOKEN BUS LOCAL AREA NETWORKS", PROC. SIGMETRICS, Boston, Set. 1984.

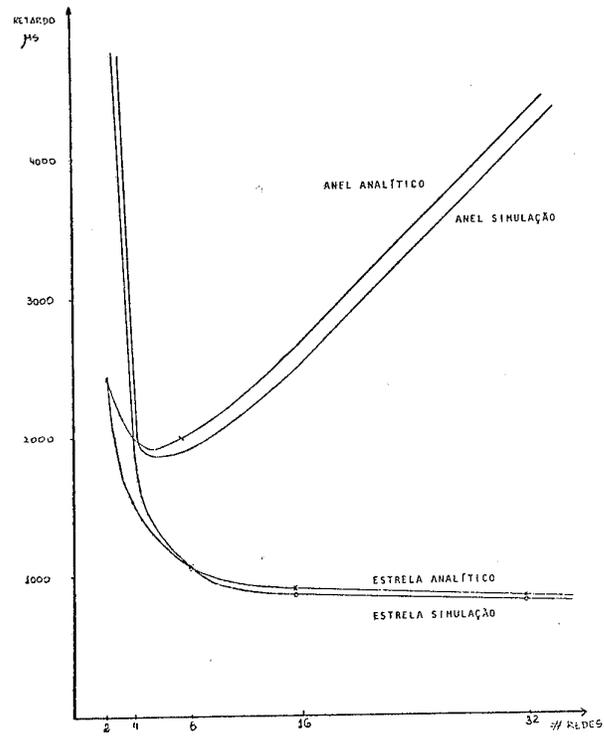


FIGURA 1 - Retardo versus número de Redes Interligadas utilizando a Disciplina não Exaustiva

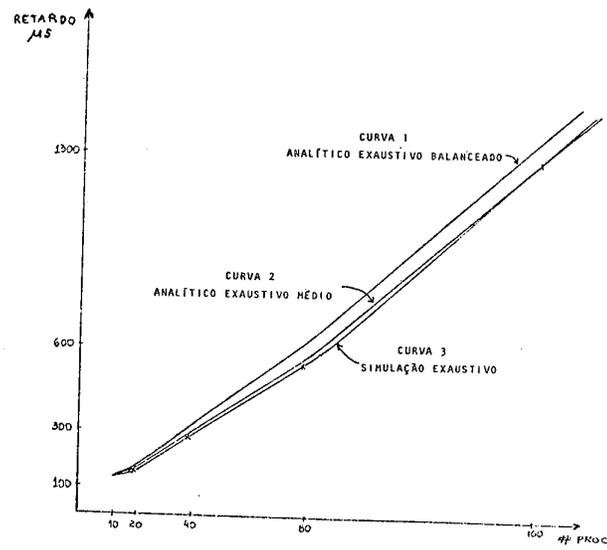


FIGURA 2 - Tempo Médio de espera em uma Rede versus o número de Processadores na rede p/ Disciplina Exaustiva

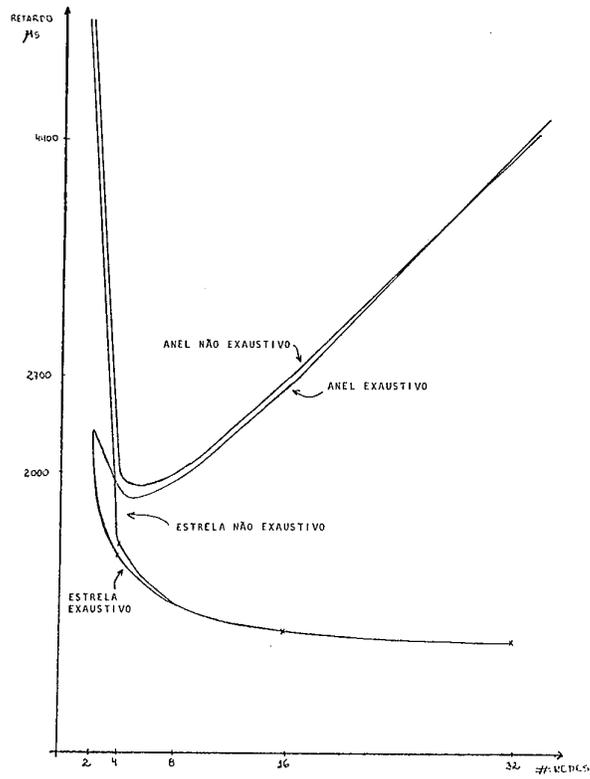


FIGURA 3 - Retardo versus número de Redes Interligadas  
Disciplinas Exaustiva e Não Exaustiva

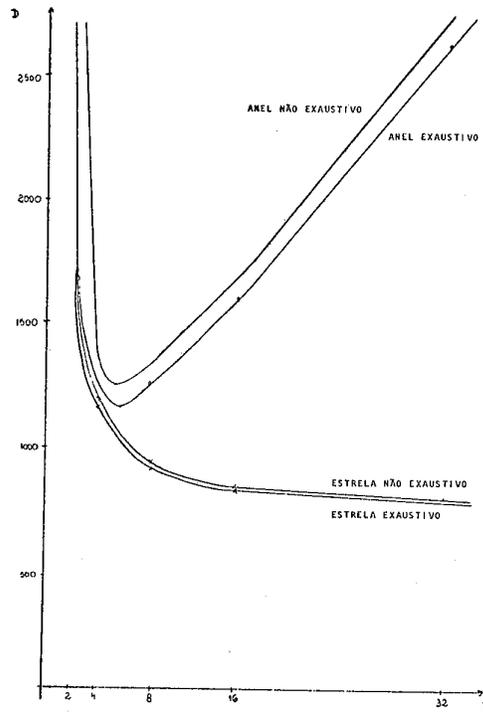


FIGURA 4 - Retardo versus número de Redes Interligadas  
Disciplinas Exaustiva e Não Exaustiva