

# 1º Congresso Brasileiro de Redes Neurais

Escola Federal de Engenharia de Itajubá  
Itajuba, 24 a 27 de outubro de 1994

## PLANEJAMENTO DE TELECOMUNICAÇÕES: AGRUPAMENTO (CLUSTERING) DE CENTRAIS USANDO REDES NEURAIS

Walmir Matos Caminhas, DEE, UFMG.    Hernano M.F. Tavares, F.E.E., UNICAMP  
E-MAIL: DEPTO @ DENSIS, FEE, UNICAMP, BR  
DENSIS - FEE / UNICAMP - Caixa Postal 6101  
13081-970 - Campinas - SP

### RESUMO

O presente trabalho fornece uma alternativa para a "clusterização" de centrais telefônicas, usando uma abordagem baseada em redes neurais artificiais. A rede neural utilizada é do tipo auto-organizável, com duas camadas de neurônios. É utilizado o aprendizado por competição para ajustar os pesos sinápticos da rede, na fase de treinamento. O programa de simulação foi testado para duas configurações de redes, uma contendo 12 centrais e outra 26. Os resultados obtidos utilizando tal abordagem são de boa qualidade, quando comparados com resultados obtidos com métodos heurísticos clássicos de "clusterização".

### 1- INTRODUÇÃO

A tecnologia das telecomunicações sofreu um grande impacto, nos últimos 15 anos, devido aos avanços da eletrônica digital de alta velocidade e o barateamento das fibras ópticas. Estes fatores estão proporcionando uma ampla modernização dos sistemas de telecomunicações, que caminha em ritmo apressado em termos de digitalização e opticalização dos equipamentos de comutação e roteamento, bem como dos meios de transmissão.

O uso constante de técnicas de informática no mundo das telecomunicações abre caminho para a incorporação de serviços telemáticos a preços atraentes, o que provoca um expansivo aumento no volume do tráfego.

Estes dois fatores, a inovação tecnológica e o aumento do tráfego, tornaram antiquados os métodos tradicionais de planejamento e estão exigindo novas ferramentas computacionais [1] que utilizam modelos mais aderentes aos novos equipamentos e suas particularidades evolutivas.

### 2 - TELECOMUNICAÇÕES: PLANEJAMENTO

O planejamento de redes de telecomunicações se efetua, basicamente em três fases: planejamento da rede externa; planejamento da comutação e planejamento da rede de transmissão. Na primeira fase é feita a localização e o dimensionamento das centrais, providenciando um balanço apropriado entre custos dos equipamentos de comutação e custos da rede de acesso. Na segunda são estabelecidos os planos de encaminhamento e dimensionamento de troncos entre as centrais. Finalmente, na terceira fase é feito o dimensionamento dos equipamentos roteadores.

roteamento de fibras ópticas e de outros meios de transporte e é definida a rede de galerias a utilizar.

Em relação ao Planejamento da Transmissão, a tendência é concentrar grandes fluxos de informação num número reduzido de enlaces, favorecendo economias de escala. A expectativa é obter soluções com grandes profusão de ligações lógicas em malha assentadas em uma estrutura física pouco malhada. Esta aparente contradição é resolvida pela existência de "rótulas" (roteadores) inteligentes distribuídas em pontos estratégicos do sistema. A fase do Planejamento da Transmissão é dividido em cinco etapas [2]:

- agrupamento das centrais formando "Clusters";
- enfeixamento da demanda, onde se dimensiona os equipamentos roteadores;
- seleção das galerias candidatas a receber fibras ópticas;
- roteamento dos enlaces;
- evolução da situação atual à situação futura planejada.

A primeira etapa é resolvida por heurística clássicas [3,4] de "clusterização" e tem por objetivo disciplinar a rede de telecomunicações para aplicações dos métodos utilizados nas etapas seguintes.

O presente trabalho fornece uma alternativa para a "clusterização" em questão usando uma abordagem baseada em redes neurais artificiais.

### 3 - AGRUPAMENTO (CLUSTERING)

#### 3.1 - O MODELO DA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES

A rede de telecomunicação é descrita por um grafo  $G(\mathbb{N}, \mathbb{A})$ , sendo que  $\mathbb{N}$  e  $\mathbb{A}$  representam os conjuntos de nós (centrais) e arcos (galerias), respectivamente. Os arcos são direcionais e caracterizados por um comprimento  $c_{ij}$ . A cada par de nós  $(i,j) \in \mathbb{N}^2$  associamos também uma grandeza escalar  $d_{ij}$ , a demanda de troncos de telecomunicação, considerada como um dado do problema.

A partir da rede definida acima, o objetivo do trabalho é agrupar subconjuntos de nós (centrais) de acordo com grau de afinidade, definido a partir das demandas e distâncias entre eles. O grau de afinidade entre os nós pode ser medido a partir da matriz de similaridade  $S_{(n \times n)}$  definida pela quádrupla

$(C, D, \theta_1, \theta_2)$ , sendo  $C_{(n \times n)}$  a matriz de distâncias entre nós,  $D_{(n \times n)}$  a matriz de demanda,  $\theta_1$  e  $\theta_2$  são escalares positivos e  $n$  é cardinalidade do conjunto  $\mathbb{N}$ . Como o objetivo é obter subconjuntos (cluster) com alta demanda interna e com nós próximos, usando a abordagem de rede neural, um elemento  $s_{ij}$  da matriz de similaridade é calculado por:

$$S_{ij} = \theta_1 \cdot (1/d_{ij}) + \theta_2 \cdot c_{ij} \quad (1)$$

No processo de "clusterização" que será adotado cada cluster é formado a partir de um nó semente chamado de "hub", que terá a função de agregar e rotear as demandas entre clusters. Com isto, a rede de transporte pode ser dividida em duas subredes: rede intracluster e rede intercluster.

#### 3.2 - UMA ABORDAGEM USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Ultimamente, Redes Neurais Artificiais tem recebido uma grande atenção como ferramenta computacional em diversas áreas, entre as quais o processamento digital de sinais e imagens, reconhecimento de padrões, controle de processos, "clusterização" e outras [5].

A topologia da rede muito usada para determinar formação de cluster é mostrada na figura 1 e é a utilizada neste trabalho. Na figura temos que os neurônios da primeira camada são os de entrada e os da segunda os de saída. A matriz de pesos sinápticos  $W$  é composta pelos vetores coluna  $[W^1 \ W^2 \ .. \ W^j \ .. \ W^m]$ . Estes vetores coluna, bem como o vetor de entrada  $X$  são normalizados.

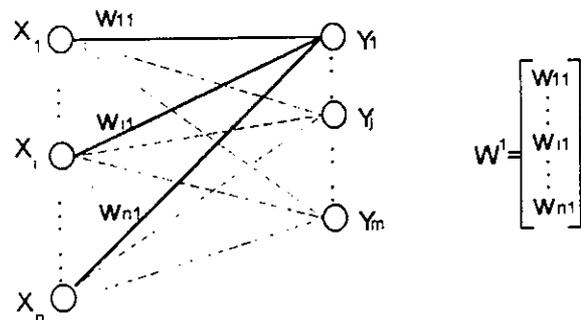


Fig. 1 - Topologia da Rede Neural Utilizada.

**3.3 - O ALGORITMO DE APRENDIZADO (COMPETIÇÃO).**

**PASSO 1:** A partir das matrizes de demanda **D** e distâncias **C** e dos parâmetros  $\theta_1$  e  $\theta_2$  monte a matriz de similaridade **S**. Para obter as distâncias entre nós não vizinhos, pode ser utilizado o algoritmo de caminho mínimo de Dijkstra [6]. Para montar **S** as matrizes **C** e **D** devem possuir colunas normalizada (norma quadrática igual a 1).

**PASSO 2:** Inicialize a matriz de pesos sinápticos **W** aleatoriamente. Normalize todas as colunas de **W**.

**PASSO 3:** Gere um número *i* aleatoriamente, onde  $i \in \mathbb{N}$  (corresponde ao índice de um nó da rede de telecomunicações). Monte o vetor de entrada da rede neural igual à coluna *i* da matriz de similaridade. Provoque uma perturbação em todos os elementos de **X**. Normalize o vetor **X**.

**PASSO 4:** A partir de **X** e da matriz de pesos sinápticos **W** determine o neurônio vencedor, aquele cuja distância entre o vetor coluna  $W^j$  (coluna *j* da matriz **W**) e **X** é a menor. Seja **L** o índice do neurônio vencedor. Na iteração *k*, cujo o vetor de entrada é representado por  $X(k)$ , apenas os pesos da coluna **L** da matriz **W** ( $W^L$ ) são ajustados. Para este ajuste, temos duas situações:

1 - Se  $i \in \mathbb{H}$ , sendo  $\mathbb{H}$  o conjunto dos hubs, definido como  $\mathbb{H} = \{ h_j / h_j \in \mathbb{N}, j=1, 2 \dots m \}$ . Neste caso temos:

$$W^{i(k+1)} = \frac{W^{i(k)} + \gamma (X^{(k)} - W^{i(k)})}{\|W^{i(k)} + \gamma (X^{(k)} - W^{i(k)})\|} \quad \text{sendo } 0 < \gamma < 1 \quad (2)$$

2 - Se  $i \in \mathbb{H}$  e  $i \neq h_j$ , a correção se faz utilizando a mesma expressão. Caso contrário, isto é se  $i \neq h_j$ , troca-se o sinal de  $\gamma$  na expressão.

**PASSO 5:** Repetir os passos 3 e 4 até o número de amostra do treinamento.

**PASSO 6:** Após o treinamento, com os pesos já atualizados determinar os neurônios vencedores para todos os nós da redes, obtendo-se assim os subconjuntos de nós com um certo grau de afinidade (cluster).

**4 - APLICAÇÃO**

O procedimento acima foi aplicado para determinar os clusters das redes mostradas nas figuras 2 e 3. Todas as distâncias apresentadas são em quilômetros. Os "hubs" e os clusters obtidos são destacados na figura. As tabelas 1 e 2 mostram as demandas para as duas redes consideradas, as matrizes de demanda são simétricas. Para efeito de cálculo da matriz de similaridade, demandas nulas foram substituídas por um valor pequeno.

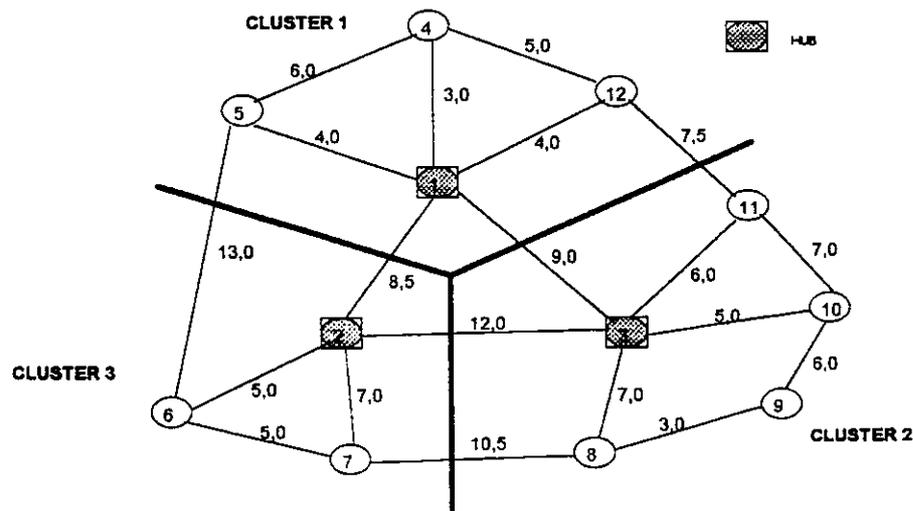


Fig. 2 - Configuração da Rede de 12 centrais



Tabela 2 - Demandas da Rede de 26 Centrais

0	29	8	19	0	1	5	1	15	3	1	30	1	0	1	0	0	5	0	1	4	2	4	0	1	2	
	0	48	34	0	9	24	6	0	11	18	0	5	0	6	0	0	26	2	2	19	10	15	0	3	7	
		0	14	0	2	6	1	12	03	2	49	1	0	2	1	0	2	1	0	6	0	11	0	3	7	
			0	0	7	18	5	35	14	22	0	8	0	3	1	0	10	1	3	20	1	11	0	2	6	
				0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	16	6	45	38	45	41	14	0	8	1	3	44	2	7	13	3	9	1	3	5	
						0	12	0	40	31	0	0	1	15	1	5	45	6	12	26	3	18	0	6	8	
							0	36	23	32	41	27	26	13	5	3	32	13	12	4	3	13	1	3	4	
								0	27	0	42	42	3	26	3	8	0	22	35	38	43	27	12	13	25	
									0	42	07	49	3	14	4	8	20	10	30	18	2	21	3	9	15	
										0	49	03	7	37	8	3	1	7	16	18	13	23	5	11	11	
											0	42	7	37	10	0	0	0	0	0	0	0	0	32	34	
												0	16	19	5	9	46	15	22	10	5	14	1	9	10	
													0	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	
														0	2	4	22	8	10	5	0	11	1	7	7	
															0	1	3	3	1	1	1	01	0	1	1	
																0	30	4	0	0	6	0	6	0	0	
																	0	30	0	24	8	37	4	5	8	
																		0	9	2	31	2	3	2	2	
																			0	9	45	4	8	1	1	
																				0	4	29	1	6	10	
																					0	1	0	0	1	
																						0	0	28	18	
																							0	0	0	
																								0	8	
																									0	

5 - CONCLUSÃO

Os resultados apresentados foram comparados com outros obtidos utilizando-se métodos heurísticos clássicos [2], e fica evidenciado que a técnica de redes neurais é uma boa alternativa para "clusterização" de centrais telefônicas. A vantagem desta técnica é que uma vez treinada a mesma rede pode ser usada para avaliar pequenas alterações de projeto. Um ponto importante que está sendo incorporado no programa é a possibilidade de se limitar o número máximo de centrais em cada cluster, para aplicações práticas desta abordagem. Outro aspecto a considerar seria a possibilidade de só aceitar um neurônio como vencedor caso seja atendida uma restrição de vizinhança entre o hub e a central em questão, de forma a não desorganizar a rede telefônica sob outras óticas (manutenção, tarifação, etc..) alheias à nossa formulação. Seria também importante testar alternativas quanto ao cálculo da matriz de similaridade.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Wu, T. H. (1992). Fiber Network Service Survivability. Artech House.  
 [2] Metodologia de Planejamento da Transmissão - OS - No. 08 - Relatórios Técnicos do ContratoTELESP/ UNICAMP 1560/93.  
 [3] SÁ LUCAS, L. C. (1983). "Análise de Grupamento"- Dissertação de Mestrado UFRJ . pp 1-77  
 [4] KLINCEWICZ, J.G. (1991). "Heuristics for then p-Hub Location Problem". European Journal of Operational Research, No. 53, pp 25-37.  
 [5] KOSKO, B. (1992). Neural Networks and Fuzzy Systems, Prentice Hall.  
 [6] HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. (1990). Introduction to Operations Research. McGraw-Hill Publishing Company.