

Escalonamento de Equipes de Campo da ESCELSA

27 de Julho de 2004

1 Introdução

Um problema importante do dia-a-dia das empresas distribuidoras de energia elétrica consiste na alocação e remanejamento de equipes de manutenção em casos de ocorrências emergenciais. Uma **Ocorrência Emergencial** caracteriza-se como evento na rede elétrica que prejudique a segurança ou a qualidade de serviço prestado ao consumidor, demandando, conseqüentemente, o deslocamento de equipes de atendimento de urgência.

Abstratamente, o problema pode ser analisado em um contexto em que são considerados como pressupostos:

- Existe uma região geográfica R com pontos claramente definidos que representam locais vulneráveis a ocorrências emergenciais.
- Existem pontos dessa região onde equipes de serviço estão alocadas e estas podem a qualquer momento se deslocar para serviços de manutenção e correção ligados a uma ocorrência emergencial.

Parâmetros usados pela ANEEL e pelas empresas distribuidoras de energia para avaliar a qualidade dos serviços prestados incluem:

- **Tempo de Espera:** Intervalo de tempo para o atendimento a uma determinada ocorrência emergencial, expresso em minutos e compreendido como o tempo entre o conhecimento da existência de uma ocorrência e o instante da autorização para o deslocamento da equipe de atendimento.

- **Tempo de Deslocamento:** Intervalo de tempo, expresso em minutos, compreendido entre o instante da autorização para o deslocamento da equipe de atendimento e o instante de chegada ao local da ocorrência.
- **Tempo de Reparo:** Intervalo de tempo, expresso em minutos, compreendido entre a chegada ao local da ocorrência e a normalização do atendimento de energia das unidades consumidoras atingidas.

Uma composição a partir das médias desses três parâmetros define o **TMA**, tempo médio de atendimento por consumidor atingido, que é a soma dos tempos médios de espera, de deslocamento e de reparo. Reduzir o **TMA** é um objetivo importante para as empresas distribuidoras de energia, pois isso afeta a satisfação do cliente e o desempenho das mesmas na avaliação da ANEEL, que prevê possibilidades de multas no caso de **TMA** com valores elevados.

Além do **TMA**, outro parâmetro usado para avaliar o desempenho de uma empresa distribuidora de energia é o **DEC**: Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, que mede o tempo médio de interrupção por unidade consumidora em uma região pré-definida pela ANEEL.

O objetivo da empresa distribuidora de energia consiste em reduzir os índices de **TMA** e **DEC** com menor custo operacional possível.

2 Objetivos do projeto

2.1 Objetivos gerais

Propor modelagem computacional que englobe os dados de:

- distribuição geográfica de equipes de manutenção;
- distribuição geográfica de ocorrências emergenciais;
- restrições sobre deslocamentos de equipes;
- dados históricos de ocorrências emergenciais, deslocamentos de equipes e tempos de atendimento;
- avaliação de parâmetros de desempenho como **DEC**, **TMA**.

Definir simulações computacionais que forneçam subsídios para a tomada de decisões que permitam:

- Reduzir tempo de médio de atendimento em casos de ocorrência emergencial.
- Melhorar desempenho nos itens **DEC**, **TMA**.
- Reduzir custos de atendimento.

2.2 Objetivos específicos

Desenvolver arquitetura computacional para simulação do problema de atendimento a ocorrências emergenciais, que use dados históricos de ocorrências e respectivos atendimentos e restrições sobre deslocamentos de equipes de manutenção definidas por especialista para produzir recomendações para realocação de equipes e recomendações sobre mobilização de equipes em atendimentos a ocorrências emergenciais. O projeto deverá produzir:

- projeto e implementação da arquitetura computacional de simulação acima descrita;
- estudo do problema da alocação de equipes sob ótica dos problemas clássicos de k servidores e *stable matching*.

2.3 Resultados esperados

- Definição de novos pontos de localização de equipes de atendimento.
- Redução nos custos e tempos de atendimento.
- Uma dissertação de mestrado;
- Quatro projetos de graduação em Ciência da Computação.

3 Revisão bibliográfica

O objeto de investigação deste projeto é problema clássico de otimização. Sua solução passa pela definição de modelo matemático das variáveis envolvidas e das restrições a considerar e definição das simulações que se deseja realizar.

Nesse sentido, é importante focalizar o problema no contexto de geometria computacional [12, 5] e área de modelagem e simulação de sistemas [10].

Na área de sistemas são relevantes as simulações de sistemas que envolvem restrições de tempo real de chegada de dados e restrições ligadas à necessidade de se obter respostas rápidas e de qualidade. Dificuldades ligadas à simulação de redes [6, 8] e sistemas de paginação em sistemas operacionais ilustram o tipo de problema em questão e servirão para orientar a modelagem a realizar.

Por outro lado, a resolução do problema de localização das equipes de manutenção e do seu despacho em caso de ocorrências emergenciais encontra várias formulações teóricas na literatura clássica de computação. Entre elas, serão consideradas:

- Problema de casamento de servidores e tarefas a realizar [9, 7], considerando que os servidores tenham uma lista de preferências, no caso definida em função da especialidade das equipes de manutenção e distância das mesmas em relação aos pontos onde serviços são requisitados.
- Problema geral de k servidores. É um modelo teórico [3, 11, 2] em que se admite um espaço métrico (\mathcal{M}, d) , onde \mathcal{M} é um conjunto de pontos, e $|\mathcal{M}| > k$ e d definem uma métrica sobre \mathcal{M} . Dada um seqüência de requisições $\alpha = [r_0, r_1, \dots, r_n]$, cada r_i define um ponto de \mathcal{M} em que um serviço é requisitado. Uma requisição r_j é atendida no instante em que ela se apresenta se existir um servidor no ponto r_j , no momento em que a requisição é apresentada. A não existência de servidor no ponto r_j demanda o deslocamento de algum servidor de outro ponto de \mathcal{M} para r_j . O custo de tal deslocamento é dado pela função d , que codifica uma função de distância. É importante observar, no entanto, que essa função de distância não precisa e, no contexto colocado, não deve ser Euclidiana: o custo de deslocamento de a a b não é necessariamente igual ao custo de deslocamento b a a e nem tem relação apenas com distância no sentido geográfico.

A tarefa algorítmica de busca por soluções e, quando do interesse, pela melhor das soluções (otimização) possui vários componentes, dentro os quais se podem citar: o espaço de busca das soluções e a função de avaliação, também chamada de função de custo, quando da otimização [4]. Dada a natureza combinatoriamente explosiva do problema em questão, alternativas que abdicuem da busca pelo melhor resultado e tentem obter resultados que aproximem o ótimo são recomendadas. A complexidade computacional dos

problemas envolvidos [9, 11] leva à recomendação na literatura clássica do uso de duas alternativas para tentar obter simulações que produzam soluções que se aproximem do ótimo:

- algoritmos de aproximação[11];
- algoritmos baseados em meta-heurísticas [1].

4 Metodologia de pesquisa

4.1 Diretrizes Metodológicas

A metodologia a ser utilizada consiste em propor modelo para solução do problema de atendimento a ocorrências emergenciais a partir de dados históricos de ocorrências e respectivos atendimentos mantidos em bases de dados da empresa. Ela passa por:

- revisão da literatura clássica de algoritmos de clusterização, roteamento de veículos e k -servidores.
- desenvolvimento de ambiente computacional de simulação, baseado em algoritmos de aproximação e meta-heurísticas.

5 Cronograma

1. Atualização bibliográfica e especificação de requisitos
2. Proposta de arquitetura geral do sistema
3. Definição e validação de algoritmos para os problemas fundamentais
4. Implementação da versão inicial do sistema
5. Ciclo de testes, validação e correção
6. Versão final do sistema de simulação
7. Realização de experimentos e análise final de resultados

O projeto será desenvolvido no período de 01/01/04 a 31/03/2004, com cronograma dado pela tabela 1.

Etapas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
1	x											
2		x										
3			x	x								
4				x	x	x						
5						x	x	x				
6								x	x	x	x	
7											x	x

Tabela 1: Cronograma de desenvolvimento

6 Equipe

- Raul Henriques Cardoso Lopes (coordenador e pesquisador)
- Elias Silva Oliveira (pesquisador)
- Alunos do Mestrado em Informática e Graduação em Ciência da Computação.

Referências

- [1] J. Beasley, K. Dowsland, F. Glover, M. Laguna, C. Peterson, C.R. Reeves, and B. Söderberg. *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*. Colin R. Reeves, 1992.
- [2] A. Borodin, N. Linial, and M. Saks. An optimal online algorithm for metrical task systems. *Journal of the ACM*, 39:745–763, 1992.
- [3] Alan Borodin and Ran El-Yaniv. *Online Computation and Competitive Analysis*. Cambridge University Press, 1998.
- [4] William J. Cook, William H. Cunningham, William R. Pulleyblank, and Alexander Schrijver. *Combinatorial Optimization*. John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [5] Herbert EdelsBrunner. *Algorithms in Combinatorial Geometry*. Springer-Verlag, 1987.

- [6] L. Breslau et al. Advances in network simulation. *IEEE Computer*, 33(5):59–67, 2000.
- [7] Thomas Feder. *Stable Networks and Product Graphs*. American Mathematical Society, 1995.
- [8] S. Floyd and V. Paxson. Difficulties in simulating the internet. *IEEE/ACM transactions on Networking*, 9(4):392–403, 2001.
- [9] Dan Gusfield and Robert W. Irving. *The stable marriage problem: structure and algorithms*. The MIT Press, 1989.
- [10] A. Law and W. Kelton. *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill, 2000.
- [11] Rajeev Motwani and Prabhakar Raghavan. *Randomized Algorithms*. Cambridge University Press, 1995.
- [12] Franco P. Preparata and Michael Ian Shamos. *Computational Geometry: An Introduction*. Springer-Verlag, 1985.