

Uso de Metaheurísticas para el Diseño de Coberturas con Radio Frecuencia Aplicadas a la Telesupervisión de Yacimientos Petroleros.

Molina D., Villagra A., Villagra S., Valdez J.C., Rasjido J., Mercado V.,
Pandolfi D.

Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEm)
Instituto de Tecnología Aplicada (Caleta Olivia)
Universidad Nacional de la Patagonia Austral
{dmolina, avillagra, svillagra, jcvaldez, jrasjido, vmercado, dpandol-
fi}@uaco.unpa.edu.ar

Leguizamón G.

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LI-
DIC)
Departamento de Informática - Universidad Nacional de San Luis
legui@unsl.edu.ar

Resumen

El petróleo es la base de energética más importante de nuestra sociedad. Su obtención, involucra una serie de etapas, donde la extracción y el transporte son de extrema criticidad por su elevado costo y los posibles daños medio ambientales. La supervisión y el control en estas dos etapas son fundamentales y la tecnología es la piedra angular para cumplir los objetivos de producción y medio ambiente. Los sistemas *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*), se distribuyen en puntos estratégicos dentro de los yacimientos, para monitorear de forma automática las variables del proceso de extracción y transporte y detectar los posibles puntos de falla. La interacción entre el usuario y el sistema es mediante la interfaz HMI (*Human Machine Interface*) Para lograr la comunicación entre tanta cantidad de dispositivos (miles de po-

zos petroleros por yacimiento) se necesita una cobertura de comunicaciones muy eficiente y la capacidad de procesar datos con un tiempo de respuesta adecuado. El objetivo de esta línea de investigación es realizar el análisis, estudio e implementación de metaheurísticas, utilizando paralelismo y un modelo de propagación de radio frecuencia real, en yacimientos petroleros en la zona norte de la provincia de Santa Cruz, Argentina.

Palabras clave: servicios inalámbricos, red de radio, paralelismo, metaheurísticas.

Contexto

La línea de investigación presentada en este documento se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEm) en el marco del Programa de Investigación en Ciencia y Tecnología de

la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Caleta Olivia. En el ámbito de una convocatoria de proyectos de I&D UNPA, proyecto denominado: “Metaheurísticas avanzadas aplicadas al diseño eficiente de redes de radio frecuencia en comunicaciones inalámbricas en locaciones petroleras”.

Introducción

Un medio de comunicación inalámbrico es del tipo *cordless* (sin cable) con lo cual no presenta la limitación de distancias y espacio que posee el uso de un cable. Para grandes extensiones, como las que se presentan en los yacimientos petroleros, es el medio de comunicación por excelencia. Para que la comunicación entre dispositivos pueda ser posible, el emisor y el receptor generan una señal con un nivel adecuado para que puedan intercambiar sus mensajes correctamente. La señal al desplazarse por el espacio se va atenuando por los obstáculos propios del terreno y los fenómenos atmosféricos (atenuación, reflexión, refracción y difracción). Esto va generando pérdidas en el nivel de la señal emitido, provocando interrupciones en el enlace. Según [1] el posicionamiento de antenas puede ser descrito de manera informal como: dado un conjunto de sitios candidatos, con distintos tipos de antenas, un área geográfica discretizada e información relativa a la estimación de tráfico, se debe seleccionar un subconjunto de sitios candidatos y sus valores de configuración para cumplir con la estimación de tráfico y cobertura de señal.

En el problema de diseño de la red de radio surgen tres aspectos:

Topográfico: Referido a las cotas y los accidentes del terreno, las coordenadas, el azimut y la distancia entre las estaciones.

Radio eléctrico: Vinculado a los fenómenos de difracción, refracción, absorción, etc. que afectan a la onda electromagnética en el espacio

Alto desempeño computacional: Relacionado con la performance necesaria para tratar una enorme cantidad de datos en un tiempo aceptable.

Estos tres aspectos son determinantes para el éxito de los sistemas SCADA [2] aplicados al proceso de producción de petróleo.

Los yacimientos son enormes superficies de terreno, donde se encuentran diseminados miles de puntos que supervisar (aparatos extractores, válvulas, sensores de oleoductos, etc.). En consecuencia se necesita una solución general, que integre los tres aspectos del diseño de la red y que a su vez, brinde una aproximación de la situación con un determinado grado de veracidad sin importar el tipo de geografía. Para ello se necesitara contar con:

- **Una herramienta de optimización:** Debe ser independiente, adaptable, no guiada y que pueda ser evaluada cuantitativamente para validar los resultados obtenidos. Las metaheurísticas [3, 4], son métodos que integran procedimientos de mejora local y estrategias de alto nivel para realizar una búsqueda robusta en el espacio del problema. El problema de selección de sitios para diagramas de cobertura, es de tipo NP-duro por lo que es apto para ser tratado con metaheurísticas.
- **Un modelo de propagación:** Debe ser adaptable de manera sencilla a un entorno urbano o rural, independiente de la geografía y que permita sacar conclusiones válidas sobre la predicción de señal sobre la zona a cubrir [5].

- **Alto desempeño computacional:** Es fundamental que los resultados obtenidos estén en el tiempo adecuado para la toma de decisiones de diseño. El uso del paralelismo como método de alto desempeño computacional además de reducir el tiempo de cómputo, también va a producir una mejora en la calidad de las soluciones encontradas [6].

El modelo de diseño de redes de radio propuesto por [7] plantea una arquitectura de diseño en capas y fue pensado para redes de celulares [8]. En cada una de las etapas se pueden aplicar metaheurísticas [9, 10, 11] que permitan generar datos para la capa superior [12]. Para este caso en particular, se propone trabajar en la capa de diseño de la red de radio utilizando paralelismo. Se aplicará el modelo explicado en [5] para el cálculo de cobertura de la señal.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

En esta sección se describe la línea de investigación y desarrollo que se encuentra activa.

En [13] se realiza una revisión general de diferentes metaheurísticas resolviendo el problema de RND (*Radio Network Design*). El estudio ofrece una base de referencia confiable sobre un amplio espectro de algoritmos y medidas precisas de comparación de la eficiencia, confiabilidad y rapidez de las diferentes técnicas aplicadas a la resolución del RND. Este estudio establece que el algoritmo CHC (*Crossover elitism population, Half uniform crossover combination, Cataclysm mutation*) es un algoritmo que obtuvo buenos resultados.

Se remarca el hecho que el algoritmo CHC es poco utilizado en esta problemática y los resultados de su aplicación han

demostrado ser de mejor calidad con respecto a otras metaheurísticas. Tomando esta premisa se avanzará sobre la investigación, desarrollo y aplicación del algoritmo de diferentes versiones de CHC, denominadas, QCHC-RE, QCHC-TE y QCHC-ILS. El primero respeta la forma tradicional del algoritmo con un reemplazo elitista (RE) en la nueva población. El segundo varía el método de selección poblacional mediante un Torneo Elitista (TE). Padres e hijos compiten en un torneo seleccionando al de mejor valor objetivo. Y la tercera versión implementa un método de sacudida mediante una Búsqueda Local Iterada (*ILS, Iterated Local Search*). Todas las versiones se diferencian de la versión tradicional por el mecanismo de selección poblacional [14], la forma de realizar un proceso denominado cataclismo para salir del estancamiento [15] y el uso de la diversidad genética como parámetros de convergencia.

Para representar el área geográfica que se desea tratar, se necesita un método para obtener un mapa digital con los valores más representativos del terreno y que sea la referencia para el modelo de propagación seleccionado. La cartografía generada por la misión topográfica SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) es una de las más apropiadas. Los archivos se encuentran disponibles en internet y puede modelarse cualquier parte del mundo. Para generar predicciones de comunicación confiables se necesita un modelo que debidamente probado en su uso con un fundamento estadístico de sus predicciones. El modelo de Longley – Rice, o ITM (*Irregular Terrain Model*) fue desarrollado en los años 60 y brinda lo que se denomina atenuación de referencia. Este valor indica la pérdida en espacio libre asociada a la zona donde se lo aplica. El modelo tiene como datos de entrada los parámetros de sistema (frecuencia, distancia, la altura de las antenas

y su polarización, vertical / horizontal) parámetros del entorno (coeficiente de irregularidad del terreno, refractividad del terreno, clima, etc.) y parámetros estadísticos para establecer un nivel de confianza sobre los datos obtenidos [16]. Aunque el uso de metaheurísticas permite reducir la complejidad de la búsqueda de una solución, el tiempo del proceso puede seguir siendo muy elevado. La proliferación de plataformas paralelas permite realizar cálculos cada vez más eficientes. La implementación del paralelismo a las metaheurísticas [19,20] aplicadas a la resolución de este problema surge de forma natural.

Resultados y Objetivos

En [14,15] se han desarrollado experimentos de los algoritmos QCHC comparándolos con AGs (Algoritmos Genéticos) utilizando operadores de un punto, dos puntos y cruzamiento uniforme para resolver el problema de RND [17]. La función objetivo utilizada en estos trabajos relaciona la maximización de la cobertura alcanzada por un conjunto de sitios y la minimización de uso de recursos en una sola expresión. La variante aportada es el uso de una función objetivo basada en la proporcionalidad de la cobertura de la superficie. Además, esta función objetivo minimiza las interferencias por superposición de lóbulos de radiación y el uso de radio bases como recursos de elevado costo. El CHC es un AG no tradicional [18] que combina una estrategia de selección conservativa que siempre preserva los mejores individuos encontrados y para salir de un estancamiento u óptimo local, se produce un reinicio de la población mediante un cataclismo. El operador de recombinación produce descendientes que maximizan sus diferencias genéticas con respecto a sus padres. La reproducción sólo se lleva a cabo si la distancia de

Hamming (diferencia genética entre los padres) es mayor al umbral establecido. El operador de cruzamiento HUX (*half uniform crossover*) es usado para maximizar la distancia genética entre individuos. La nueva población se genera con una selección de los mejores individuos, cuando converge la población se produce un reinicio de la misma conservando los mejores individuos.

Se propone analizar, evaluar y contrastar los resultados obtenidos con el algoritmo QCHC-RE aplicados a un área geográfica perteneciente a un yacimiento petrolero. Los resultados obtenidos serán validados a través de estudios experimentales y analizados bajo la teoría estadística apropiada. A continuación se enumeran los resultados esperados del proyecto:

- Estudio comparativo de los algoritmos propuestos contra técnicas tradicionales sobre el problema seleccionado.
- Aplicación de los algoritmos propuestos al problema de RND en un yacimiento petrolero
- Análisis de los algoritmos propuestos con el objetivo de estudiar formalmente las complejidades computacionales involucradas en cada uno de ellos.
- Dejar precedentes sobre el uso de metaheurísticas para resolver problemas de coberturas en una zona geográfica de la República Argentina

Formación de Recursos Humanos

En cuanto a la formación de recursos humanos cabe mencionar que en el marco de las actividades realizadas un integrante del proyecto está orientando el desarrollo de su tesis de Doctorado a esta línea de investigación. En tanto que, en el LabTEm se trabaja con alumnos avan-

zados en la carrera Ingeniería en Sistemas, en temas relacionados a esta línea de investigación, con el objeto de guiarlos en el desarrollo de sus trabajos de fin de carrera y también, de formar futuros investigadores.

Referencias

- [1] W. Corne, M. Oates, G. Smith Telecommunications Optimization: Heuristic and Adaptive Techniques. John Wiley & Sons Ltd, 2000.
- [2] A.R. Penin. Sistemas SCADA. Marcombo, 2012.
- [3] E. Talbi, Metaheuristics From Design To Implementation, John Wiley & Sons, Inc., July 2009.
- [4] Blum, C., & Roli, A. Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 35(3), 268-308, 2003.
- [5] G.A. Hufford, A.G. Longley, W.A. Kissick, A Guide to the Use of the ITS Irregular Terrain Model in the Area Prediction Model, Ntia Report 82-100, 1982
- [6] Alba, E., Luque, G., & Nesmachnow, S. Parallel metaheuristics: recent advances and new trends. *International Transactions in Operational Research*, 20(1), 1-48, 2013.
- [7] K. Tutschku, N. Gerlich, and P. Tran-Gia An integrated Approach to Cellular Network Planning, Institute of Computer Science, University of Wurzburg, 1995.
- [8] Th. Fritsch, K. Tutschku, K. Leibnitz, Field Strength Prediction by Ray Tracing for Adaptive Base Station Positioning in Mobile Communication Networks, August 1995.
- [9] M. Vega-Rodríguez, J. Gómez-Pulido, E. Alba, D. Vega-Pérez, S. Priem-Mendes, G. Molina, Evaluation of Different Metaheuristics Solving the RND Problem, *EvoWorkshops 2007, LNCS 4448*, pp. 101-110, 2007.
- [10] P. Calegari, F. Guidec, P. Kuonen, and D. Wagner. Genetic Approach to Radio Network Optimizations for Mobile Systems. In *Proceedings 47th IEEE Conference on Vehicular Technology*, volume 2, pages 755-759, 1997.
- [11] H.R. Anderson and J.P. McGeehan. Optimizing Microcell Base Station Locations Using Simulated Annealing Techniques. In *Proceedings 44th IEEE Conference on Vehicular Technology*, pages 858-862, 1994.
- [12] N. Erradi, F. Alami, N. Aknin, A. El Moussaoui, Genetic algorithms to optimize base station sitting in WCDMA networks (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 4, No. 3, 2013.
- [13] S. Mendes, G. Molina, M. Vega-Rodríguez, J. Gómez-Pulido, Y. Sáez, G. Miranda, C. Segura, E. Alba, P. Isasi, C. León, and J. Sánchez-Pérez, Benchmarking a Wide Spectrum of Metaheuristic Techniques for the Radio Network Design Problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 13, no. 5, October 2009.

[14] D. Molina, D Pandolfi, A Villagra, G. Leguizamón, Diseño eficiente de redes de radio frecuencia con algoritmos CHC en comunicaciones inalámbricas, CoNa IISI 2014.

[15] D. Molina, D Pandolfi, A Villagra, G. Leguizamón, Applying CHC Algorithms on Radio Network Design for Wireless Communication CACIC 2014. ISBN 978-987-3806-05-6.

[16] T. Rappaport, Wireless communications principles and practice. 1ra ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

[17] D. Molina, D. Pandolfi, A. Villagra, Aplicación y evaluación de diferentes algoritmos genéticos canónicos en el diseño eficiente de redes de radio frecuencia en comunicaciones inalámbricas. ICT-UNPA-77-2013 Resolución Nro. 1121/13-R-UNPA.

[18] L.J. Eshelman. The CHC Adaptive Search Algorithm: How to Have Safe Search When Engaging in Nontraditional Genetic Recombination. In Foundations of Genetic Algorithms, pages 265{283. Morgan Kaufmann, 1991.

[19] E. Alba, editor. Parallel Metaheuristics: A New Class of Algorithms. Wiley, 2005.

[20] F. Luna, A. J. Nebro, and E. Alba. Parallel evolutionary multiobjective optimization. In N. Nedjah, E. Alba, and L. de Macedo, editors, Parallel Evolutionary Computations, volume 22 of Studies in Computational Intelligence, chapter 2, pages 33 – 56. Springer, 2006.