

1

Asignación topológica en comunidades rurales – Redfield Team

Departamento de Electrónica, Universidad Técnica
Federico Santa María

- Sebastián Araneda - 201530022-4
- Mario Araya - 201630003-1
- Benjamín Carrasco - 201604089-7
- Christian Fuentes - 201530024-0

Resumen— En este documento se desarrolla el diseño y la planificación de una red óptica inalámbrica para zonas rurales de difícil acceso y con poca densidad poblacional utilizando un algoritmo genético que obtendrá la mejor topología entre muchas en función del costo de las FSOs y la tasa de transmisión alcanzada para cada pueblo.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de redes de acceso al medio en zonas rurales cuentan con un problema que, a diferencia de las zonas urbanas, dificultan de otra manera la planificación de la red en cuanto a la asignación de rutas, costo de instalación y ubicación de nodos, esto último debido a que la comunicación en redes ópticas con dispositivos ópticos de espacio libre (FSO) deben ser en línea de vista. Para abordar este problema, se utilizará como referencia el algoritmo genético SPEA2.

II. DESCRIPCIÓN DE LA RED

La geografía de la zona en la cuál se establecerá la red es una zona rural en los alrededores de la comuna de Litueche. El fin es conectar con los pueblos al oeste, que son El Valle y El Tonel; al sur con El Peumo; al sureste con La Estrella.

El siguiente diagrama (figura 1) permite determinar las distancias entre ciertos puntos del territorio, estos puntos corresponden a nodos que proveerán conexión a las zonas de la grilla donde se ubican los pueblos. Estos se denominan como nodos destino.

Cabe destacar que la red de nodos estará conformada por nodos en otras posiciones de la grilla los cuales serán determinados por el algoritmo. Entre los supuestos se encuentran:

- Cada nodo consta de múltiples transceptores.
- El punto de acceso hacia el ISP se encuentra en la

esquina inferior derecha.

- La transmisión más baja entre los nodos de una ruta determinará la tasa máxima del pueblo ligado a esta.
- Para determinar la tasa de transmisión versus la distancia se tendrá en cuenta la siguiente tabla con valores arbitrarios elegidos por conveniencia, pero que se mantienen dentro de la tasa máxima y mínima de transmisión que pueden ofrecer las FSOs.

Distancia	Tasa de bits [Gb/s]
2.5[Km]	10
5[Km]	1
10[Km]	0.1

Tabla 1. Terreno con distancias aproximadas

En consecuencia a no tener un diagrama de la topología de la red, ya que esta será parte de la salida del algoritmo, se decide diseñar una grilla con cuadrados de 2.5 x2.5 [Km], en donde las zonas sin el punto rojo representarán rutas accesibles en línea de vista.

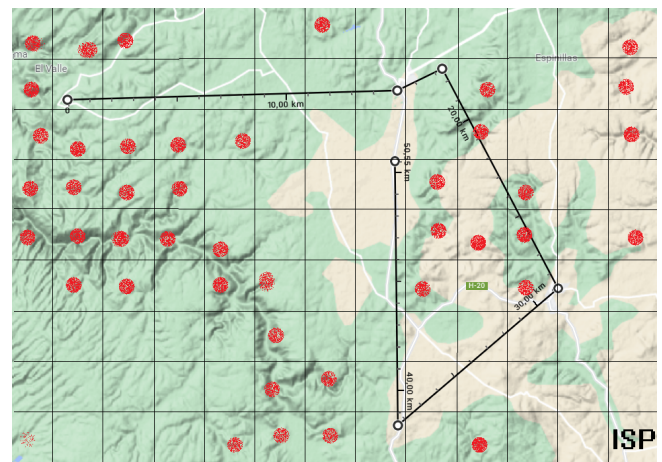


Figura 1. Grilla con zonas accesibles y no accesibles en LOS.

III. OBJETIVOS

Se establece que los nodos se deben comunicar de manera inalámbrica, mediante dispositivos ópticos de espacio libre. El objetivo es conseguir los nodos que proveerán acceso a la red a localidades urbanas de difícil acceso. Con una solución óptima para la ubicación de los nodos se obtendrá la topología de la red, tomando en cuenta el costo de cada nodo y la transmisión máxima a lo largo de cada ruta.

¹NOTA: Los informes deben mantener este formato, esto quiere decir que la letra debe ser Times New Roman tamaño 10. En las figuras o pie de pagina puede ser 10 u 8 según el gusto de los redactores.

IV. DESARROLLO

A. Entradas del proceso de planificación

Información geográfica: El relieve de la zona que se quiere cubrir se debe tomar en cuenta. Los dispositivos FSO funcionan con LoS, por lo que requieren que no se interpongan cerros en la línea de comunicación. Para esto, se establecerá una grilla con todo el mapa, marcado con rojo las cuadrículas donde existen obstáculos (cerros). Google Map proporciona esta información.

Tecnología disponible: Los sistemas FSO son dispositivos ópticos inalámbricos que pueden proporcionar conectividad a las comunidades aledañas. Deben ser considerados un mínimo de dispositivos para abaratar costos.

Tasa de transmisión: La tasa de transmisión en cada ruta óptica inalámbrica dependerá de la distancia más grande entre los nodos enlazados de esta.

B. Método de planificación

El método de planificación que constituirá el algoritmo genético por desarrollar estará determinado por los siguientes puntos:

- Evaluación de línea de visión (LOS):** Determinar si es posible una comunicación entre un nodo A y otro B en línea de vista. Si existe un obstáculo entre estos, se busca una ruta alternativa.
- Cálculo de rutas:** Utilizando un algoritmo greedy, obtener la ruta de cada pueblo hacia el ISP teniendo como heurística la distancia euclidiana del nodo candidato hacia el ISP sumado con la distancia de enlace entre el nodo actual y el nodo candidato multiplicado por un factor 2, que le entrega más prioridad a lo segundo, es decir, a que tenga una tasa de bits más alta.
- Evaluación de velocidad de transmisión:** A partir de las rutas obtenidas determinar cuál será la tasa de bits máxima de cada pueblo.
- Evaluación de costo(número de nodos):** A partir de la topología obtenida, determinar el número de nodos que se desplegarán a lo largo de la red.
- Evaluación de fitness:** Determinar luego de la mutación y cruzamiento de los genes cuál de las opciones analizadas tiene una configuración más adecuada para el problema.

Función de fitness:

$$\alpha * \sum C_n - (\alpha - 1) * T_p * D_p$$

Donde T_p representa la tasa de transmisión máxima permitida en la ruta del pueblo p , D_p es la demografía/cantidad de habitantes en el pueblo p , C_n corresponde a el costo de implementación de cada nodo/FSO y α es una constante de peso o importancia para los parámetros anteriormente mencionados. El objetivo será minimizar la función objetivo/fitness a través de los métodos de planificación implementados en el algoritmo genético.

C. Salidas del proceso de planificación

Como salida del sistema, se espera obtener una topología con las coordenadas de cada nodo FSO junto a la ruta de cada pueblo hacia el ISP, utilizando la menor cantidad de dispositivos y con la mejor tasa de transmisión posible.

V. CONOCIMIENTOS Y HERRAMIENTAS

En esta sección se describen los conocimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de planificación y dimensionamiento de la red.

A. Conocimientos y herramientas adquiridas

Para la resolución de este problema se utiliza de los conocimientos adquiridos en el proceso de diseño y planificación de una red, tanto en las entradas como las salidas de su planteamiento.

Se hace uso de una metaheurística como lo son los algoritmos genéticos para la resolución del problema.

B. Conocimientos y herramientas necesarias

Es necesario disponer de los conocimientos para llevar a cabo el planteamiento de solución del problema con algoritmos genéticos a través de una ejecución de código real en algún framework como GNU Octave.

Se debe estudiar el algoritmo SPEA2 para entender y aterrizar los problemas y restricciones a tomar en cuenta para desarrollar un algoritmo genético.

VI. IMPLEMENTACIÓN

En esta sección se describe la implementación de los algoritmos en un escenario realista con los detalles de la implementación.

Estimación de la demanda de tráfico

La demanda de tráfico se logra visualizar en primera instancia con una matriz de predicción de tráfico.

De acuerdo al censo realizado en 2017 indica que la comuna de Litueche posee 6.294 habitantes [3] de los cuales un 55,14 % corresponde a población rural y el otro a 44,86 % población urbana. A partir de esto se utiliza como rango considerar 500 habitantes por cada pueblo que se busca conectar de Litueche dando cobertura a alrededor de 3000 usuarios en áreas rurales de la comuna.

De acuerdo al mapa la matriz de distancias es la siguiente.

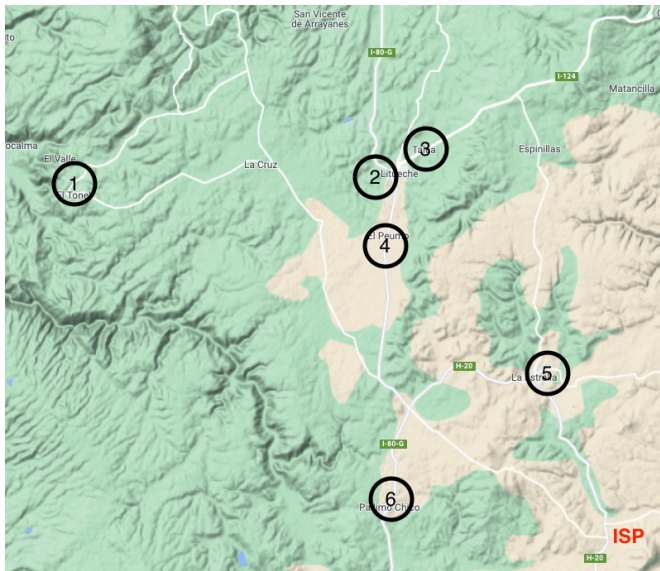


Figura 2. Pueblos de Litueche numerados.

MDD	Pueblo 1	Pueblo 2	Pueblo 3	Pueblo 4	Pueblo 5	Pueblo 6	ISP
Pueblo 1	0	15	17	16	22	19	30
Pueblo 2		0	2	3	12	17	18
Pueblo 3			0	5	14	17	18
Pueblo 4				0	8	13	17
Pueblo 5					0	12	7
Pueblo 6						0	10
ISP							0

Tabla 2. Matriz de distancia.

Luego se aplica el modelo gravitacional para balancear los nodos con mayor relevancia, obteniendo los siguientes resultados.

MG	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
G1	0	1111	865	977	517	693	1
G2		0	62500	27778	1736	865	2
G3			0	10000	1276	865	2
G4				0	3906	1479	2
G5					0	1736	10
G6						0	1
G7							0

Tabla 3. Matriz de predicción de tráfico .

Como salida del algoritmo en 50 iteraciones se obtienen los siguientes nodos/FSOs y sus ubicaciones, siendo estos los nodos azules y los amarillos los presentes en los pueblos (vease la figura 3).

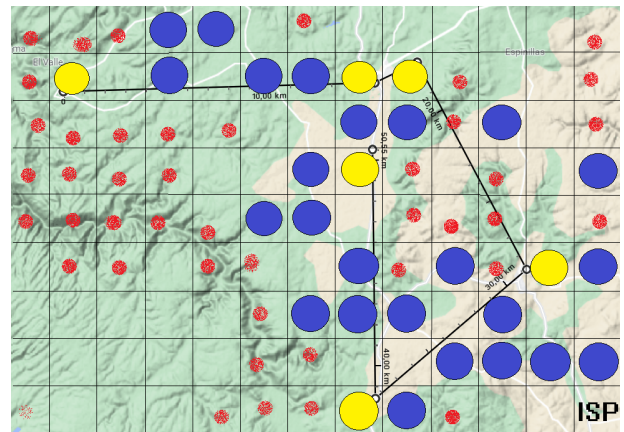


Figura 3. Nodos/FSOs y sus ubicaciones.

Junto con los nodos y las ubicaciones de estos se obtiene la ruta de cada pueblo hacia el ISP (distintos colores, no se añaden los enlaces que se comparten) (figura 4).

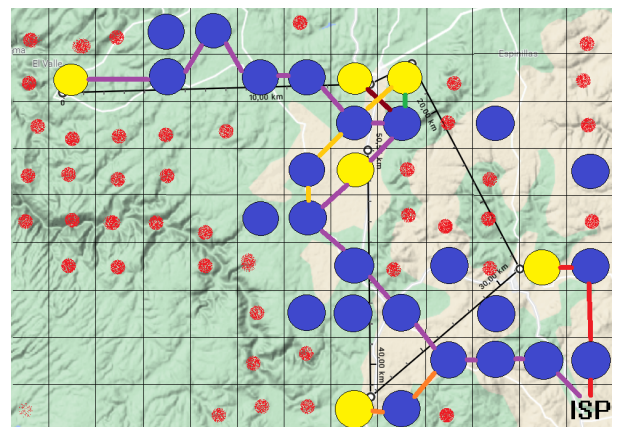


Figura 4. Determinación de los enlaces a instalar

Finalmente se filtran los nodos que no están siendo utilizados y se obtiene la topología final de la red óptica inalámbrica.

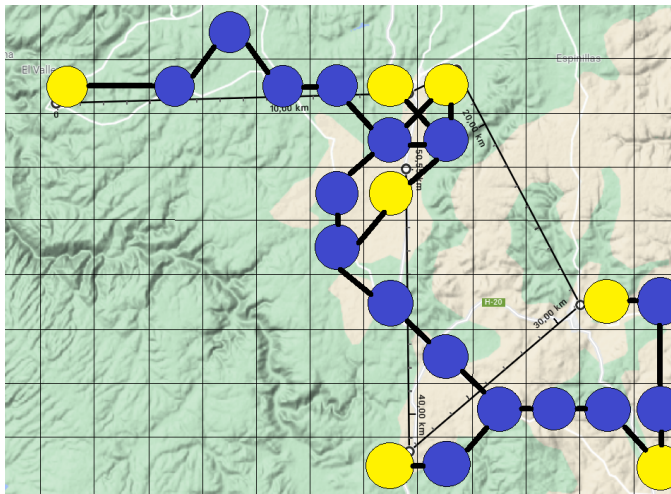


Figura 5. Topología final

VII. TRABAJO FUTURO

Como trabajo futuro queda definir una función objetivo más precisa para discriminar mejor entre topologías. También puede ser necesario incluir una heurística para introducir la tolerancia a fallas a la ecuación. Finalmente, el algoritmo está funcionando correctamente por lo que con el procesamiento adecuado y el tiempo necesario podrían obtenerse resultados bastante mejores a los mostrados en este informe, por esta razón se considera aumentar el número de iteraciones del algoritmo para poder mostrar estos mejores resultados.

VIII. DIFICULTADES Y BONDADES

IX. CONCLUSIONES

Dada la limitación propuesta por una geografía y densidad poblacional de una zona rural, sobre la cual se está trabajando, existe un desafío que plantea el cómo transmitir señales para dar acceso a clientes de la zona. Como los métodos tradicionales de cableado pueden ser una alternativa costosa, la solución propuesta hace un acercamiento más económico. No obstante, es necesario una planificación de red para obtener una solución que satisfaga las necesidades y restricciones estipuladas en este informe. Para este caso, la solución obtenida se consiguió utilizando un algoritmo genético desarrollado por el equipo, solución que puede mejorar aumentando las iteraciones del algoritmo. Finalmente, se puede concluir que los algoritmos metaheurísticos, la programación lineal y la simulación son métodos que se complementan bastante bien sobre todo para la solución de problemas de optimización como en el caso actual.

X. REFERENCIAS

- [1] N. Islam and C. Phillips, "Cost-effective Network Planning for Rural Communities," 2019 International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering (iCCECE), 2019, pp. 247-252, doi: 10.1109/iCCECE46942.2019.8942013.
- [2] H. Samimi and M. Uysal, "End-to-end performance of mixed RF/FSO transmission systems," in Journal of Optical Communications and Networking, vol. 5, no. 11, pp. 1139-1144, Nov. 2013, doi: 10.1364/JOCN.5.001139.
- [3] Zitzler, E., Laumanns, M., & Thiele, L. (2001). SPEA2: Improving the strength pareto evolutionary algorithm.
- [4] Biblioteca del congreso nacional de Chile. (2017). Litueche Reporte Comunal. https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?ano=2017&idcom=6203
- [5] Repositorio GitHub. [Asignación topológica en comunidades rurales](#)