

Planificación de Redes

# Implementación de red Ad-hoc en ruta G-68

Eduardo Barra: 2730038-3

Adan Morales: 2830042-5

Diego Riquelme: 2621044-5

28 de junio de 2013

# Índice

1. Introducción	3
2. Método de estimación de la demanda del tráfico.	4
3. Método de ubicación de los nodos.	4
4. Determinación de los enlaces a instalar	8
5. Topología final	10
6. Trabajo Futuro	12
7. Apreciación personal del trabajo realizado	13
8. Fuentes	15

# 1. Introducción

En el presente informe se realizará la planificación de una red Ad-Hoc en una carretera, en la cual los automóviles que usen la norma IEEE 802.11p, podrán almacenar y retransmitir paquetes de datos. La carretera seleccionada será la ruta 68, que une Valparaíso y Santiago, la cual fue seleccionada por el importante flujo vehicular en ambos sentidos.

La importancia de este trabajo radica en lo difícil que es proporcionar redes de banda ancha a los vehículos en las carreteras, ya que a la velocidad por la cual transitan y sumado a los tamaños de las celdas, por consiguiente los vehículos cruzan constantemente estos límites causando una gran cantidad de handoff. Por otro lado, el estándar IEEE 802.11p utiliza la banda de 5,9 GHz, con lo que además la capacidad de servicio no puede ser simplemente aumentando el número de dispositivos de red, ya que esto podría causar excesiva interferencia.

Por tanto y en base a lo anterior se busca un diseño óptimo, en el cual las antenas estarán distribuidas de la mejor manera y luego al establecer la red Ad-Hoc, serán los vehículos los que se utilizarán para el reenvío de paquetes y poder establecer la comunicación desde un nodo (vehículo) a la red interna o externa.

Luego la red traerá beneficios a los usuarios, como, conexión a Internet, revisar correo, navegar por páginas web, acceso a mapas on-line, localización y aplicaciones, etc.

A continuación en la figura 1 se muestra un bosquejo de la red.

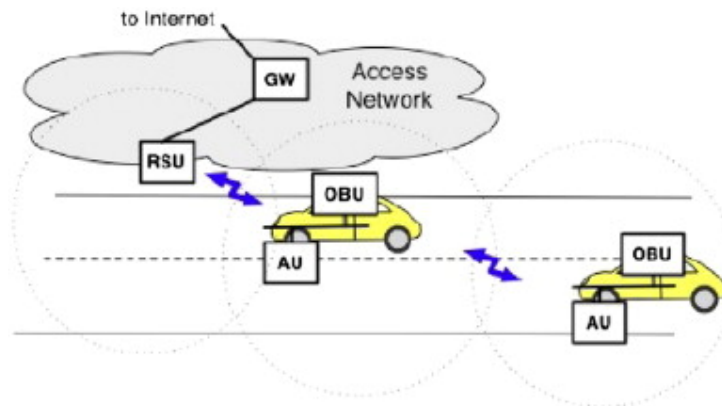


Figura 1: Elementos principales de la red.

GW - Puerta de enlace, dará la conexión a internet.

OBU (On-Board unit) - Es la unidad o dispositivo que estará a bordo de los vehículos para poder realizar la red ad-hoc.

RSU (Road-Side Unit) - Son las antenas que proporcionarán la señal para que los vehículos puedan comunicarse con el exterior.

## 2. Método de estimación de la demanda del tráfico.

La estimación de tráfico se realiza en base a la calidad del servicio que se quiere brindar a cada usuario. El objetivo de la red es otorgar acceso a servicios básicos de comunicación de internet, tales como revisar correo, navegar por internet, acceso a mapas online. Además se quiere dejar la puerta abierta al desarrollo de aplicaciones relacionadas con la localización de los vehículos, ubicación de restaurantes, gasolineras, alarma en caso de accidentes, entre otras.

Para lo anteriormente descrito, el valor práctico máximo es de aproximadamente 1 Mbps, y como valor mínimo para establecer la comunicación se utiliza un ancho de banda de 512 kbps, por tanto bajo este parámetro no será posible establecer comunicación con otro dispositivo.

## 3. Método de ubicación de los nodos.

Al ser una red ad-hoc implementada en una carretera, el tráfico y la disponibilidad de la red, dependerá parcialmente de la congestión vehicular que exista en la carretera.

En un trabajo similar de los autores Zong Da Chen HT Kung Dario Vlah (2001) realizan una determinación del tráfico vehicular en base a estadísticas y un software de simulación.

En base al supuesto anterior se calcula la densidad de tráfico existente en la ruta 68, para ello con datos del sitio <http://servicios.vialidad.cl/censo/index.htm> se extrae la cantidad promedio de vehículos en un tiempo de 24 horas para los periodos de verano, invierno y primavera en 2010, en donde se obtiene que en promedio circulan 4518 vehículos en un día, y haciendo la relación con la velocidad con que se realizarán los cálculos, se tiene que:

$$\text{Distancia tramo ruta G-68: } 110,21[km]. \quad (1)$$

$$\text{Velocidad promedio en la ruta: } 80[\frac{km}{hr}]. \quad (2)$$

$$\text{Tiempo en ir desde Santiago a Valparaiso: } T_{Stgo-Valpo} = \frac{110,21[km]}{80[\frac{km}{hr}]} = 1,38[hr] \quad (3)$$

$$X_{\frac{vehic}{dia}} = \frac{3615_{verano} + 4980_{invierno} + 4959_{primavera}}{3} = 4518[\frac{vehic}{dia}] \quad (4)$$

$$\text{Vehículos en una hora: } \frac{4518[\frac{vehic}{dia}]}{24[hr]} = 188,25[\frac{Vehic}{hr}] \quad (5)$$

$$\text{Vehículos por kilómetro: } \frac{188,25[\frac{vehic}{hr}]}{80[\frac{Km}{hr}]} = 2,35[\frac{Vehic}{Km}] \quad (6)$$

Para este supuesto se hace que son 2,35 vehículos en una sola dirección de la ruta, por lo tanto si se extrapola a que la carretera es en ambos sentidos, serían 4.7 vehículos en la

carretera en un kilómetro.

Por otro lado utilizando la herramienta Google Maps, se realizan unas 20 muestras en el tramo de la ruta G-68, en donde se tienen que el mínimo de autos en un kilómetro de la carretera es de 2 vehículos, y el máximo de vehículos es de 13, sin considerar los puntos en donde se producen atochamientos como son los puntos de peaje.

Cabe señalar que ambas muestras no son 100 % fiables, ya que en el primer caso se consideran sólo 4518 vehículos por día, por lo que este valor no toma en cuenta que por ejemplo durante la noche hay menor tráfico que al medio día. Por otro lado, al usar Google Maps, no se puede precisar en qué momento del día fueron tomadas las fotografías. Por estas dos razones, ambos factores entregan datos que sólo sirven como referencias para ciertos escenarios, en los cuales eventualmente sería propuesta la red.

Una de las principales problemáticas que se tienen que solucionar es encontrar la distancia entre las antenas, para este problema, se consideran tres casos:

**Primer caso:** Solamente antenas.

En primera instancia, una de las principales problemáticas que se tienen que solucionar es encontrar la distancia entre las antenas.

Según se aprecia la figura 2, la distancia máxima de cobertura por antena, es de 2 [km], para este caso no se considera que los automóviles actúen como nodos repetidores. Por tanto solo se consideran las antenas como medio de transmisión.

Finalmente, si se considera que la distancia Valparaíso-Santiago de 110,21 km, se necesitaría entonces:

$$\frac{110,21[km]}{2[\frac{km}{antena}]} = 55,156[antenas] \quad (7)$$

Luego, con 56 antenas se cubre la totalidad del tramo sin la necesidad de vehículos, entregando así un 100 % de disponibilidad del sistema.

Sin embargo, a medida que se va considerando la red Ad-hoc entre los vehículos, se puede ir ampliando la separación entre las antenas.

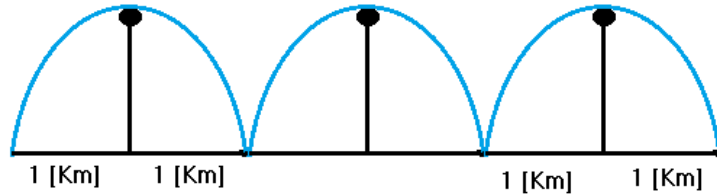


Figura 2: Caso solo con antenas, sin utilizar red Ad-hoc.

**Segundo caso:** Distancia entre repetidores.

Para el cálculo de la separación de las antenas, se realizarán algunas observaciones.

Por la ecuación (6), el valor promedio de vehículos por km es 2.35, el cual se puede considerar como la distancia entre vehículos. Además, el valor sigue una distribución exponencial con parámetro  $\lambda = 2,35[\frac{veh}{km}]$ . Por tanto la expresión para modelar la distribución de probabilidad queda de la forma:

$$F[x] = 1 - e^{-\lambda \cdot x} \quad (8)$$

Otro parámetro a considerar es el radio de transmisión de los dispositivos en los vehículos, cuyo valor es 300[m] para una antena de tipo omnidireccional.

Luego, es necesario considerar un espacio mínimo de espacio sin visión entre las antenas de los vehículos, como se muestra en la figura 3

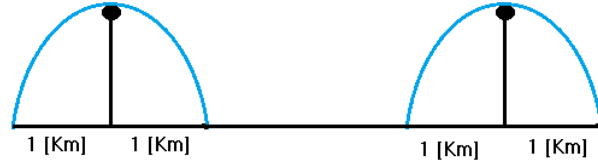


Figura 3: Consideración de aumentar la separación entre RSU's.

Este espacio es de 300[m], que es la distancia para que el repetidor del vehículo pueda captar la señal. Se puede realizar el cálculo medio para obtener la probabilidad de que en los próximos 300 [m] haya un vehículo:

$$P(\text{en } 2.35 \text{ km haya al menos } 1 \text{ vehículo}) = 1 \quad (9)$$

$$P(\text{en } X \text{ km haya al menos } 1 \text{ vehículo}) = 0,3 \quad (10)$$

$$\frac{2,35}{1} = \frac{X}{0,3} \quad \Rightarrow \quad X = 0,70 \quad (11)$$

Por consiguiente, la probabilidad media de que en los próximos 300 [m] haya un automóvil es de 0.7, lo que se traduce en que existe un 70 % de disponibilidad de red en el tramo sin visión (caso NLOS).

**Tercer caso:** Separación mayor entre automóviles.

En este caso, es necesario considerar 600 [m] de separación entre los vehículos, pero para que exista disponibilidad tiene que haber a lo menos un auto en un radio de 300 metros, por consiguiente, en 600 metros por lo menos 2 vehículos. Entonces este cálculo contempla no sólo la regla de 3 anterior, si no que además la probabilidad de encontrar un auto separado 300 metros del otro.

Luego, los cálculos para el tercer caso se presentan a continuación:

$$P(\text{Exista un vehículo a } 300[\text{m}]) = 1 - e^{-2,35 \cdot 0,3} = 0,51 \quad (12)$$

$$\text{Prob final} = P(\text{Exista un veh\acute{iculo a } 300 \text{ [m]}}) \cdot 0,7 = 0.35 \quad (13)$$

Luego se obtiene que la probabilidad de encontrar un veh\acute{iculo cada 300[m], es de 0,51.

Por consiguiente, la probabilidad media de que en los pr\oximos 600[m] hayan 2 autom\oveiles y cada uno de ellos est\e separado a 300 metros del otro, es de 0.35, lo que se traduce en que existe un 35 % de disponibilidad en el tramo en una situaci\on NLOS de 600[m].

Haciendo extrapolaci\on de los resultados, a mayor distancia de NLOS menor es la probabilidad de disponibilidad de servicio.

Finalmente, y seg\un el objetivo del proyecto que es entregar disponibilidad por un valor lo m\as cercano a 99.99 %. hay que implementar antenas sin espacio de NLOS, ya que con un espacio m\ınimo de 300[m] la disponibilidad baja a 70 % y si seguimos separando este espacio la disponibilidad sigue disminuyendo.

## 4. Determinación de los enlaces a instalar

Se puede decir que la determinación de los enlaces se divide en 3 partes:

### - Enlaces en V2V (vehicle-to-vehicle)

Los enlaces propios de una red ad-hoc, en particular una Vehicular Ad-hoc Network (VANET) son inalámbricos y dinámicos, no son establecidos a priori, sino que a medida que los vehículos van avanzando en la carretera los enlaces se van estableciendo y dependen en gran parte al (los) protocolo(s) que se implemente(n).

### - Enlaces V2I (o también V2R vehicle-to-infrastructure o vehicle-to-RoadSideUnit)

El enlace que se establece entre el OBU (dispositivo montado en un vehículo) y el RSU ubicado a un costado de la carretera también es inalámbrico, y es creado de forma dinámica a medida que el vehículo pasa cerca del punto de acceso.

### - Enlaces RSU a GW

Los enlaces a establecer entre los Road-Side Unit y el gateway que dará el acceso a internet será por fibra óptica debido a que ya existirá un retardo propio en la comunicación ad-hoc, por lo tanto haciendo los enlaces por cable UTP sería agregar aún más retardo, además por si eventualmente se decide agregar más servicios a la red que necesiten un mayor ancho de banda, se necesitará una comunicación más expedita.

En base a la geografía de la zona y según la distribución de las antenas se escoge una topología tipo bus. Además se busca establecer tolerancia a fallos, por lo cual se escoge una topología tipo anillo, en donde el enlace de fibra comenzará y terminará en un nodo central el cual será el que procesará las conexiones y comunicación hacia internet y dentro de la misma red.

### Costos monetarios de los enlaces:

Para la comunicación V2V, no existen costos en los enlaces ya que son inalámbricos, aunque si existe un costo asociado al dispositivo a instalar en los vehículos para realizar la comunicación, el costo de estos dispositivos bordea desde los \$12.000 a los \$60.000.

En la comunicación V2I o V2R, tampoco existe un costo asociado a los enlaces ya que serán inalámbricos, pero si al igual que el punto anterior, si existe un costo de adquisición de los dispositivos, instalación de estos y luego su posterior configuración, el precio de estos dispositivos es de unos \$130.000 a \$200.000 aproximadamente.

En la comunicación de los RSU al GW el precio de los enlaces sería el propio de establecer una red de fibra óptica, esto es, el costo de adquisición de la fibra, instalación de esta ya sea como tendido eléctrico por postes o subterráneo, conectores, amplificadores, multiplexores, entre otros.



**Costos en ruteo** La topología al ser de tipo anillo, hace que el ruteo de los paquetes sea en una dirección, por lo que el costo se basa en la distancia al nodo central, entonces la comunicación se realizará por el lado más cercano a este nodo, y el “otro lado del anillo” se utilizará en caso de falla a modo de redundancia.

## 5. Topología final

La descripción de la topología se divide en 2 partes, la primera de ellas corresponde a la red de fibra óptica, la segunda como red inalámbrica.

**Topología de Fibra Óptica:** La topología de la red de fibra, es la que se muestra a continuación en la figura 4.

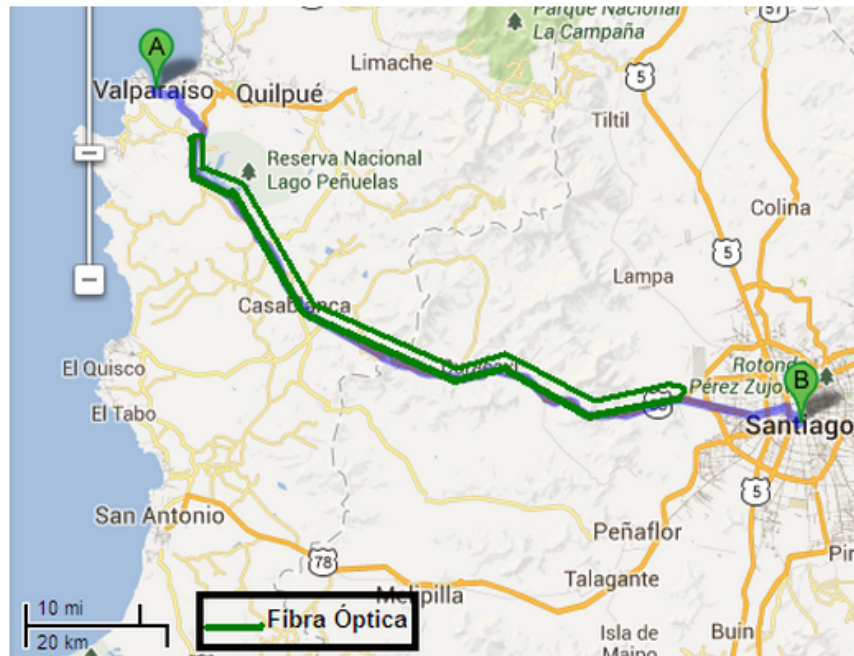


Figura 4: Anillo de fibra que interconecta la red.

### Topología de Red Inalámbrica

**Red Wifi:** Se presenta como el modelo clásico de una Vehicular Ad-hoc Network (VANET), con ciertos puntos de acceso (RoadSide Unit), en donde ésta será la infraestructura por los cuales los vehículos equipados con un dispositivo wireless podrán tener acceso a la red de la carretera y permitirles acceder a internet.

**Red Ad-Hoc:** En esta sección de la red todos los nodos (vehículos equipados con un dispositivo wireless) presentan funciones iguales en cuanto al enrutamiento, esto quiere decir, que en los tramos en los cuales la señal de los RSU no sea alcanzada por los nodos, estos comenzarán a transmitir los paquetes unos con otros de manera de hacerlos llegar a destino (ya sea otro nodo en particular o la siguiente RSU). Por lo tanto se considera una topología de tipo plana en donde no existe la necesidad de establecer jerarquía ya que cada vehículo es igual de importante en la red.

Cabe señalar que el enrutamiento de la red ad-hoc va a ser de tipo Flooding el cual es un proceso distribuido en que un nodo transmite un paquete de información a todos sus vecinos y estos a su vez transmiten el paquete a sus vecinos respectivos, permitiendo que el paquete se propague por toda la red. Este tipo de enrutamiento no requiere conocimiento sobre la topología de la red. Los paquetes se transmiten por broadcast a todos los destinos con la expectativa de que alcancen el nodo destino o un RSU.

Figura 5: Topología final superpuesta en área geográfica.

## 6. Trabajo Futuro

Los aspectos que quedan por considerar son:

- Casos en que la línea de vista esté obstruida por elementos geográficos, ya que se consideró solamente el caso ideal en que nada se interponga entre la señal y las antenas.
- El funcionamiento acertado de las antenas. Debido a elementos naturales de la antena, como también a la geografía, el alcance estimado por antena no será el mismo para todas, por tanto, hay que considerar que ciertos tramos serán de menor alcance.
- En el trabajo, no se consideraron los túneles y peajes, ya que el primero de ellos es un caso especial de transmisión, mientras que en los peajes al detenerse los vehículos, se rompe el supuesto de velocidad promedio de  $80 \frac{km}{hr}$  y el de la densidad vehicular promedio.
- Análisis probabilístico más acabado, en donde se considere en el análisis la distancia entre vehículos como una distribución exponencial, y junto con esto establecer una carga de la red más acabada considerandolo como una distribución de Poisson con media  $\lambda \cdot [\text{área de la región}]$  (Leutzbach, 1987).
- Análisis en un caso bidireccional, ya que este primer desarrollo se ha centrado en la situación en que se tiene la vía en un solo sentido, ahora, si se considera la carretera en ambos sentidos, la densidad media en la carretera aumentaría modificandose el problema nuevamente.
- Como trabajo futuro, se propone realizar un real análisis de mercado, considerando costos de adquisición, desarrollo, mano de obra, nuevas restricciones y requerimientos prácticos, entre otros.

## 7. Apreciación personal del trabajo realizado

- Luego de llevar a cabo el proyecto, se puede decir que es interesante realizar el rol de ingeniero en donde se aplican los conocimientos adquiridos a un problema real, considerando muchos factores al momento de ir desarrollando y proponiendo soluciones.
- Se observa que el problema en sí es complejo, debido a la gran cantidad de aristas que involucra el problema. Debido a esto el proyecto hace varias simplificaciones. Por ejemplo, el valor de la densidad vehicular fue calculado sólo en base a promedios.
- La implementación de una red ad-hoc más específico aún, una VANET es una área nueva en donde hay mucho por investigar, donde su principal objetivo es el desarrollo de aplicaciones de seguridad vial.
- En cuanto a la viabilidad del proyecto, observando los resultados, se determinaron 2 puntos importantes. El primero de ellos es que para dar disponibilidad de servicios en una carretera hay que implementar el protocolo IEEE 802.11p y no los 802.11b/g/n como se tenía pensado ya que el primero de estos, es un protocolo que permite agregar acceso inalámbrico en entornos vehiculares, lo que permite la conectividad con nodos a gran velocidad, en otras palabras, vehículos. Lamentablemente, este protocolo es utilizado como la base para comunicaciones dedicadas de corto alcance, por ello la línea de visión de una antena con otra es muy corta (aproximadamente 1[km]).
- De lo anterior se desprende el segundo punto, bajo las circunstancias del protocolo IEEE 802.11p y en cuanto a la calidad de servicio que se desea entregar que es de un 99,99 % existe un alto costo debido a la gran cantidad de RSU's que se deberían instalar para obtener este valor de disponibilidad, incluyendo el impacto ambiental que esto traería consigo y el costo de implementación.
- Cabe señalar que si se disminuyeran el número de antenas, habría que cargar el uso de la red Ad-hoc para transmitir los paquetes, pero el flujo vehicular en la ruta 68 no es lo suficientemente alto, lo cual no hace viable una red Ad-hoc en una espacio de mayor a 300[m], inclusive con esa separación mínima la disponibilidad de servicio es de aproximadamente 70 %.
- En síntesis, el proyecto tiene dos dificultades que hacen que no sea viable, el corto alcance de las antenas bajo el protocolo 802.11p y el bajo flujo vehicular para sobrecargar una implementación de la red Ad-Hoc. Quizás en un futuro donde el protocolo pueda tener una mayor cobertura, se podría implementar el proyecto de esta naturaleza. O bien el proyecto puede ser viable para espacios específicos y/o cortos de carreteras.

- El en cuanto al trabajo en equipo realizado ha sido útil para desenvolvernos como futuros ingenieros, enfrentando y comparando ideas, defendiéndolas o refutándolas y complementar conocimientos que se han adquirido a lo largo de la carrera.

## 8. Fuentes

[http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_ad\\_hoc\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_ad_hoc_network)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_ad\\_hoc\\_network](http://es.wikipedia.org/wiki/Mobile_ad_hoc_network)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicular\\_ad-hoc\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicular_ad-hoc_network)

[http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/11304/1/CNCIIC-2010\\_angelica.pdf](http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/11304/1/CNCIIC-2010_angelica.pdf)

<http://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/123456789/1720/590182.pdf?sequence=1>

<http://sourceforge.net/projects/nsnam/files/allinone/ns-allinone-2.34/>

<http://www.antenna.com/index.cgi>