



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

SISTEMA *CONTEXT-AWARE* PARA LA DECISIÓN DE MECANISMO DE  
DISEMINACIÓN EN REDES VEHICULARES AD-HOC

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA MENCIÓN ELÉCTRICA

ALEXIS DANILO YÁÑEZ INOSTROZA

PROFESOR GUÍA:  
DRA. SANDRA CÉSPEDES UMAÑA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
NOMBRE1 APELLIDO1  
NOMBRE2 APELLIDO2

SANTIAGO DE CHILE  
JUNIO 2017



RESUMEN DE LA TESIS  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGÍSTER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
MENCIÓN ELÉCTRICA  
POR: ALEXIS DANILO YÁÑEZ INOSTROZA  
FECHA: JUNIO 2017  
PROF. GUÍA: DRA. SANDRA CÉSPEDES UMAÑA

## SISTEMA *CONTEXT-AWARE* PARA LA DECISIÓN DE MECANISMO DE DISEMINACIÓN EN REDES VEHICULARES AD-HOC

El desarrollo del transporte en las sociedades del siglo XXI y el aumento explosivo de vehículos presentes en la ciudad, ha traído consigo diversos problemas, tales como: congestión del tráfico en avenidas importantes, empeoramiento de la calidad de aire, el aumento de muertes a causa de accidentes de tráfico, aumento de los tiempos de viajes, entre otros. Estos problemas atentan directamente a la calidad de vida de la personas que conviven dentro de la ciudad.

Las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) ofrecen en este ámbito una promesa para poder paliar los problemas asociados al tráfico dentro de las ciudades, las llamadas redes vehiculares ad-hoc (*Vehicular Ad-hoc Networks VANETs*) que se han desarrollado bajo el concepto de las *Smart Cities*, produciendo diversas aplicaciones que explotan mecanismos de comunicación para poder manejar el tráfico, dar mensajes de alertas, implementar esquemas cooperativos entre otras, a partir del intercambio de información entre vehículos o utilizando redes de acceso inalámbricas. Estas redes forman parte de los Sistemas Inteligentes de Transportes (*Intelligent Transportation Systems ITS*) que instituciones privadas y públicas han comenzado a invertir en su desarrollo, investigación e implementación.

Sin embargo el desarrollo de este tipo de redes presenta nuevos desafíos, dado que se enfrentan a nuevas dificultades que las redes digitales mas convencionales no habían experimentado, como por ejemplo la topología dinámica de estas redes, escenarios variables, altas velocidades etc. Surge a partir de estas características, la implementación de sistemas conscientes del contexto o en inglés (*Context-Aware Systems*), que ya se han desarrollado en otras áreas de las telecomunicaciones, pero que dentro de los sistemas inteligente de transportes son relativamente nuevos.

Se presenta en esta tesis la construcción de un modelo que sea capaz de relacionar el desempeño de redes vehiculares, caracterizado por la tasa de perdidas de paquetes y del retardo o latencia, con la cantidad de nodos o vehículos participantes en la red. Éste modelo dará origen a un sistema *Contex-Aware* que pretende modificar los parámetros de mecanismos de disseminación, para que mejoren su desempeño bajo el contexto en el cual se desarrollan.

La clasificación del contexto se realizara a través de una red neuronal artificial, entrenada con una base de datos obtenida de una simulación implementada en el *software Omnet++* y supervisada con el modelo obtenido. La implementación completa del sistema se realizará en el *software Omnet++*, donde se espera observar el desempeño frente a diversos escenarios.

# Tabla de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación Y Antecedentes . . . . .	1
1.2. Definición del Problema . . . . .	2
1.3. Hipótesis . . . . .	3
1.4. Objetivos . . . . .	3
1.4.1. Objetivo General . . . . .	3
1.4.2. Objetivos Específicos . . . . .	3
1.5. Metodología y Herramientas . . . . .	4
<b>2. Marco Teórico y Estado del Arte</b>	<b>6</b>
2.1. Conceptos Técnicos . . . . .	6
2.1.1. Redes Vehiculares . . . . .	6
2.1.2. DSRC (Dedicated Short-Range Communication) . . . . .	7
2.1.3. Beaconing . . . . .	7
2.1.4. Nodos . . . . .	7
2.2. Revision y Evaluación Crítica del Estado del Arte . . . . .	8
2.2.1. Diseminación en VANETs . . . . .	8
2.2.2. Mecanismos de Diseminación Escogidos . . . . .	8
2.2.3. Detección de Congestión de Tráfico . . . . .	8
2.3. Sistemas Context-Aware . . . . .	8
<b>3. Cronograma</b>	<b>10</b>

# Índice de Tablas

2.1. Resumen de las propuestas estudiadas . . . . .	9
3.1. Cronograma para próximo semestre . . . . .	11

# Índice de Ilustraciones

1.1. Sistema <i>Context-Aware</i> Propuesto. . . . .	5
--	---

# Capítulo 1

## Introducción

En este capítulo se presenta a modo de introducción al trabajo realizado, la motivación, antecedentes, descripción del problema, objetivos, metodología y las herramientas que se utilizan para dar forma al trabajo. Estas secciones pretenden bosquejar un marco donde se concibe y desarrolla el problema principal, con el objetivo de facilitar la comprensión del trabajo expuesto posteriormente.

### 1.1. Motivación Y Antecedentes

Los nuevos avances en tecnologías de información y comunicaciones se han expandido a diversas áreas, gracias a un crecimiento explosivo de dispositivos que pueden ser introducidos en diversos rubros de la producción y actividad humana. Sin duda alguna que estos avances han presentado grandes ventajas que antes eran impensadas, siendo las redes inalámbricas uno de los descubrimientos más importantes que aportan un sinnúmero de beneficios, gracias a que prescinden de cableado y permiten movilidad de los terminales o nodos, reduciendo los costos de producción y permitiendo una comunicación versátil.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) los accidentes de tránsito son la causa principal de muerte en el grupo de 15 a 29 años de edad. Más del 90 % de las muertes relacionadas con accidentes de tránsito se producen en países de ingresos medios o bajos, a pesar de que estos cuentan aproximadamente con el 50 % del parque automotriz mundial. La mitad de las personas que mueren por esta causa en todo el mundo son “usuarios vulnerables de la vía pública”, es decir: peatones, ciclistas y motociclistas [?].

Las redes vehiculares VANETs (*Vehicular Ad-Hoc Networks*) han surgido como una de las soluciones más prometedoras para reducir los accidentes de tránsito y mejorar la eficiencia en sistemas de transporte inteligentes (*Intelligent Transportation Systems (ITS)*). Éstos sistemas pueden soportar una gran variedad de aplicaciones, que buscan dar solución a problemas que surgen en el contexto del transporte vehicular [?], que además, son producto de las sociedades modernas. En resumen los grandes problemas asociados al transporte son:

- Alta tasa de mortandad a causa de accidentes vehiculares [?].
- Congestión de tráfico en ciudades altamente pobladas.
- Altas emisiones de  $CO_2$ .
- Peligro frente a condiciones climáticas adversas.

Estos problemas pueden ser abordados desde muchos enfoques. Las redes vehiculares pueden ayudar a sopesar estos problemas, sin embargo, su implementación posee aún grandes desafíos. Por lo cual, para que este tipo de tecnologías sea verdaderamente un aporte para solucionar problemáticas transversales, se necesita que su desempeño sea robusto y eficiente, en concordancia a los requerimientos de cada aplicación.

Unas de las aplicaciones mas prometedoras tiene relación al envío de mensajes de alerta, para poder notificar de manera rápida y eficiente, eventos de importancia sobre el contexto vehicular (por ejemplo: colisiones, condiciones climáticas adversas, mal comportamiento de conductores, etc.) para de esta manera, los conductores puedan tomar una decisión para evitar posibles accidentes. Sin embargo estas aplicaciones tienen un mal comportamiento en escenarios en donde existen muchos vehículos o nodos, debido a la saturación del canal de comunicación.

Frente a lo expuesto, se hace imperante dar solución a las falencias que puedan tener las aplicaciones basadas en redes vehiculares, para que sean capaces de dar una respuesta contundente y robusta frente a los problemas ya mencionados.

## 1.2. Definición del Problema

Las aplicaciones basadas en redes vehiculares, mayoritariamente desplegadas en sistemas de comunicación inalámbricas DSRC (Dedicated Short-Range Communication) deben gran parte de su éxito, a la calidad en la comunicaciones de los nodos o vehículos participantes en la red. Este desempeño esta directamente relacionado con el escenario en el cual tiene lugar la implementación de la red, es decir, en escenarios donde existe una gran cantidad de nodos, las aplicaciones que utilizan el mecanismo de *beaconing* ven mermados sus beneficios debido a colisiones o perdidas de paquetes en la red. Esto influye en la adquisición de información relevante de manera oportuna.

Por otra parte, para poder detectar el escenario en el cual se ven inmersos los vehículos o nodos, es necesario establecer un intercambio de información adicional. Es más, muchos mecanismos diseñados para la detección de tráfico utilizan un esquema cooperativo, en donde los nodos comparten su información para mejorar la lectura que se realiza del estado del tráfico.

Es aquí donde se produce una contradicción, pues, para poder detectar de manera precisa la densidad de vehículos, se hace necesario un intercambio de información entre los nodos. Ésto sobrecarga el canal de comunicación y puede empeorar el funcionamiento de los protocolos de disseminación y recolección debido a una reducción en el desempeño de la red.



Esto ya presenta un problema en la actualidad, sin embargo, en perspectiva, es posible observar que este problema solo puede aumentar, dado el alto avance y penetración que pueden tener las redes vehiculares y si se considera que en un futuro se hará posible la integración de otros actores al contexto vehicular, tales como: peatones, ciclistas, motociclistas y hasta animales.

### 1.3. Hipótesis

En base a lo expuesto en la descripción del problema, surge una propuesta para poder encontrar una solución al problema de detectar de manera concisa, rápida y eficiente, el escenario en el cual se ven envueltos los participantes de la red. Se buscará probar en esta tesis que:

Es posible utilizar los datos del desempeño de la red vehicular ad-hoc, para descubrir el escenario o contexto, en el cual se encuentra el o los nodos. De esta forma se puede tomar una decisión de como diseminar la información para aumentar la tasa de entrega de paquetes y disminuir el tiempo de retardo.

Así se puede aprovechar la misma información del nodo y no se sobrecargaría el canal de comunicación, pues la información del desempeño se puede realizar con la comunicación ya existente.

### 1.4. Objetivos

A continuación se presenta el objetivo general, los objetivos específicos y el alcance que posee el trabajo de investigación.

#### 1.4.1. Objetivo General

Construir y validar un sistema *context-aware* introducido en redes vehiculares, para la detección del escenario en el cual se ven envueltos los nodos o vehículos, de manera que con esta información se pueda mejorar el desempeño de los mecanismos de diseminación escogidos.

#### 1.4.2. Objetivos Específicos

Para poder lograr el objetivo general, se hace necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Confeccionar el estado del arte referente a los siguientes tópicos: Diseminación de información en VANETs, Detección de congestión de tráfico y Sistemas *Context-Aware*.
- Implementar simulación en *Omnet++* que permita extraer la información de interés, comenzando por el escenario que tiene lugar en una intersección.
- Construir un modelo el cual sea capaz de relacionar el comportamiento de la red vehicular con el escenario en el que se ven inmersos los nodos.
- Producir una base de datos con la simulación desplegada en *Omnet++*, basado en los mecanismos de diseminación escogidos.
- Estudiar la implementación de *machine learning* en una simulación discreta implementada en *Omnet++*.
- A partir del modelo propuesto, entrenar el mecanismo de *machine learning* escogido para la posterior implementación en la simulación de *Omnet++*.
- Diseñar un sistema *context-aware* que contenga el trabajo anteriormente expuesto para analizar y evaluar su desempeño.

## 1.5. Metodología y Herramientas

### Estado del Arte

El estudio de los artículos relacionados con el tema de investigación se realiza de manera crítica, describiendo las principales debilidades y fortalezas, utilizando además el software *Mendeley* en el cual se pueden alojar los artículos y con el cual se puede extraer de manera fácil el formato para indexarlos en la bibliografía de este documento.

### Modelo

Se implementa una simulación en el software *Omnet++ 5.1.1*, correspondiente a una representación de una intersección, utilizando redes vehiculares basadas en DSRC y con los mecanismos de diseminación escogidos. Se espera observar empíricamente el desempeño de la red, analizando las métricas de pérdidas de paquetes y el retardo en la entrega de los paquetes. A partir de este análisis se espera construir un modelo que pueda relacionar la cantidad de vehículos con el desempeño de la red misma.

### Mecanismo de *Machine Learning*

Con la construcción del modelo se espera poder entrenar una red neuronal que se implementará en el software *Matlab*, cuya entrada sea el desempeño de la red y como salida el número de nodos en la vecindad del vehículo de interés. La producción de la base de datos se realizará gracias a la simulación implementada en el software *Omnet++ 5.1.1*.

## Mecanismos de diseminación

Los valores de la salida de la red neuronal, se utilizarán para variar los parámetros de los mecanismo de diseminación escogidos: [?] *Slotted-1-persistan* y [?] *The traffic adaptive data dissemination (TrAD) protocol*, ya que éstos mecanismos utilizan el numero de nodos para su funcionamiento. Posteriormente se analizará su desempeño para compararlo con el desempeño de los mecanismos sin el sistema *Context-Aware*. Esto gracias a que el software *Omnet++* permite hacer cambios sobre una simulación establecida, en otras palabras, es posible retro-alimentar la simulación con los valores obtenidos de la red neuronal.

En la figura 1.1 se puede ver un esquema del sistema a implementar.

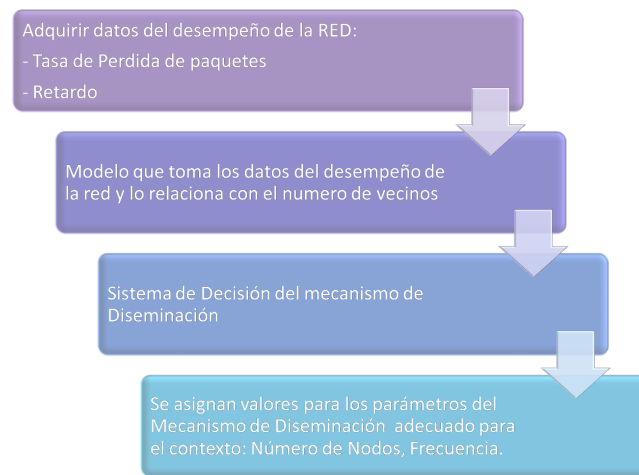


Figura 1.1: Sistema *Context-Aware* Propuesto.

# Capítulo 2

## Marco Teórico y Estado del Arte

### 2.1. Conceptos Técnicos

En esta sección se presenta y definen los conceptos básicos que permiten el entendimiento de la materia investigada y del posterior trabajo realizado.

#### 2.1.1. Redes Vehiculares

Las redes vehiculares o *Vehicular Networks* en inglés son una nueva clase de redes inalámbricas que han surgido gracias a los avances de las tecnologías inalámbricas y la industria automotriz. Éstas redes son formadas espontáneamente entre vehículos en movimiento equipados con una interfaz inalámbrica (*On Board Units*) que puede ser de tecnología homogénea o heterogéneas. También son conocidas como VANETs (*Vehicular Ad-Hoc Networks*), consideradas la primera aplicación de redes ad-hoc en la vida real, en las cuales se establece comunicación entre vehículos cercanos o con equipamiento fijo en la ruta.

### Arquitectura de las redes vehiculares

#### Aplicaciones en VANETs

las cuales se pueden dividir en tres grandes grupos [?]:

- **Seguridad en la Ruta** – Este tipo de aplicaciones tienen como objetivo reducir los accidentes de tránsito y mejorar la seguridad vial. Por un lado, mediante intercambios de información en tiempo real, los vehículos son capaces de identificar posibles colisiones, e informar a los conductores o iniciar automáticamente los sistemas de control del vehículo para responder a los eventos inminentes. Por otro lado, después de una colisión de vehículos, se produce los intercambios de información en tiempo real, que notifican a

otros vehículos para evitar entrar en el lugar peligroso. Por lo tanto, estas aplicaciones de seguridad juegan un papel vital en la reducción de los accidentes de tráfico [24, 25]. Tales aplicaciones tienen requisitos estrictos de retraso de transmisión de mensajes y fiabilidad. En las redes de vehículos, los mensajes de seguridad deben ser entregados a los vehículos cercanos de la manera más rápida y confiable posible.

- **Gestión del tráfico** – En la actualidad, la gestión del tráfico en algunas intersecciones importantes en un entorno urbano sigue dependiendo de las intervenciones manuales. Debido a las consideraciones de costos, es difícil lograr una gestión eficiente del tráfico en las carreteras o caminos rurales. Sin embargo, es probable que las direcciones de tráfico soportadas por las comunicaciones vehiculares abarquen más segmentos de carretera, lo que puede mejorar la eficiencia de la gestión del tráfico, reducir la congestión del tráfico y ahorrar tiempo de viaje a los usuarios[26]. Comparado con las aplicaciones de seguridad, este tipo de aplicaciones no tiene requisitos de retraso y fiabilidad, lo que significa que se puede tolerar un pequeño retardo de transmisión o pérdida de paquetes.
- **Entretenimiento** – El objetivo de este tipo de aplicaciones es hacer que la vida de los usuarios móviles sea cómoda a través de las comunicaciones vehiculares. Por ejemplo, Los usuarios que viajan pueden disfrutar de servicios multimedia continuos y ubicuos de Internet, por ejemplo, streaming de vídeo, navegación web y descarga de archivos, etc., a través de V2V o V2I en redes vehiculares [27]. Este tipo de aplicaciones tiene requisitos de QoS como la continuidad y alto rendimiento [28].

### 2.1.2. DSRC (Dedicated Short-Range Communication)

### 2.1.3. Beaconing

### 2.1.4. Nodos

2.2. Redes Móviles Estas redes son de tipo inalámbrico, es decir el canal físico corresponde al espectro radioeléctrico y requiere de antenas transmisoras y receptoras. El objetivo de estas redes es que se pueda establecer comunicación con hosts que están constantemente cambiando su posición.

2.2.1. Redes Móviles Ad-hoc (MANET) Estas redes se caracterizan por utilizar una arquitectura P2P, por lo tanto, la información no viaja hacia un servidor , estableciéndose solo inter-conectividad entre los dispositivos. Las Redes Vehiculares Ad-hoc (VANET) corresponden a un tipo de estas redes [19].

## 2.2. Revision y Evaluación Crítica del Estado del Arte

### 2.2.1. Diseminación en VANETs

### 2.2.2. Mecanismos de Diseminación Escogidos

### 2.2.3. Detección de Congestión de Tráfico

Actualmente existen diversas aplicaciones que buscan resolver el problema de la congestión de tráfico a través de sistemas basados en VANETs. Éste se puede dividir en 3 grandes etapas:

1. Monitoreo de las principales variables que facilitan la detección de tráfico
2. Detección o predicción de congestión
3. Diseminación eficiente de la información [13].

Algunos autores (ver tabla 1) abordan las dos primeras etapas, mientras que otros desarrollan las 3 en plenitud, las cuales pueden retro-alimentarse, pues, para detectar los nodos vecinos, utilizan una tabla en la cual se indexan la identificación, posición, velocidad, etc. y en base a esto se puede diseminar la información de manera eficiente, utilizando solo ciertos nodos para retransmitir la información y no sobrecargar el canal de comunicación. Además las diferentes propuestas se pueden diferenciar en el tipo de variable que utilizan para detectar la congestión de tráfico, algunos utilizan el tiempo de viaje en un segmento de la ruta, mientras que otros utilizan la posición y/o velocidad de vehículos en la vecindad. Estas diferencias se relacionan con el tipo de arquitectura que utilizan los mecanismos, esta puede ser  $V2V$ ,  $V2I$ - $I2V$ . Los sistemas  $V2V$  se pueden subdividir en aquellos que utilizan un sistema cooperativo distribuido a aquellos que utilizan uno centralizado o aquellos que utilizan un sistema de solicitudes. Las soluciones mas recientes introducen un sistema de diseminación multi-salto, es decir los nodos adquieren la información y la repiten a los nodos vecinos que están mas alejados de la fuente de información. Un resumen compacto del estudio de las propuestas se muestra en la Tabla 1.

Tanto para detectar como para diseminar los sistemas basados en beaconing, suelen sufrir desperfectos cuando se tiene congestión de tráfico, debido a la sobrecarga en el canal de comunicación lo que se conoce como tormenta de broadcast. por lo que saber, cuántos vecinos tiene un nodo, en tiempo real y de manera precisa, puede entregar beneficios tanto para la congestión de tráfico como para ajustar los mecanismos de recolección y diseminación de información, además de poder otorgar alternativas a los conductores que prefieren evadir el tráfico, lo puedan hacer manera eficiente. Esto presenta un gran desafío a resolver y explorar en las redes inter-vehiculares, debido a su alto impacto en los tiempos de detección.

## 2.3. Sistemas Context-Aware

Características				
	Propuestas	Etapas	Arquitectura	Variable utilizada
1	Lakas (2009).	1,2,3	V2V	Tiempo de Viaje
2	Mohandas (2009).	1,2,3	V2I-I2V	-
3	Bauza (2010).	1 y 2	V2V	Velocidad y Densidad
4	Xu, Y. (2010).	1,2,3	V2V,V2I-I2V	Velocidad y Densidad
5	Marfia (2011).	1 y 2	I2V	Tiempo de Viaje
6	Singh (2011).	1,2,3	V2V	Velocidad y Posición
7	Zhang, (2011).	1 y 2	-	Mapa de Velocidades
8	Terroso-sáenz (2012).	1,2,3	V2V,V2I-I2V	Velocidad y Posición
9	Xu, Y. (2012).	1,2,3	I2V	Tiempo de Viaje
10	Bauza (2013).	1,2,3	V2V	Velocidad y Densidad
11	Martuscelli (2013).	1,2,3	V2V	Posición
12	Younes (2013).	1,2,3	V2V	Posición
13	Gramaglia (2014).	1,2,3	V2V	Posición
14	Milojevic (2014).	1,2,3	V2V	Velocidad y Densidad
15	Shaikh (2014).	1,2,3	V2V	Velocidad
16	Yuan (2014).	1,2,3	V2V	Velocidad y Densidad
17	Younes (2015).	1,2,3	V2V	Velocidad
18	Turcanu (2016).	1,2,3	V2V,V2I-I2V	Posición

Tabla 2.1: Resumen de las propuestas estudiadas

# Capítulo 3

## Cronograma

A continuación en la tabla 3.1 se muestra cada una de las actividades necesarias correspondiente al trabajo a realizar. Se disponen 16 semanas, correspondiente a la duración del semestre de primavera.



Actividad \Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Corregir Documento de Avance de Tesis	•															
Implementación en omnet++ de escenario simplista	•	•														
Extracción parámetros desempeño de la red		•														
Construcción del Modelo		•	•	•												
Validación del Modelo				•	•											
Creación de base de datos					•											
Implementación de Red Neuronal en Matlab					•	•	•									
Estudio de Retroalimentación en la simulación de Omnet++							•									
Montar Sistema Context-Aware							•	•	•							
Analizar resultados de la simulación con el Sistema incluido									•	•						
Comparar desempeño de la simulación con y sin Sistema C.A.										•						
Montar un escenario mas complejo										•	•	•				
Analizar el desempeño del sistema frente a escenario mas complejo												•				
Concluir sobre el trabajo realizado													•			
Redacción de los capítulos del Documento de Tesis													•	•	•	
Revisión de la redacción															•	
Entrega de borrador															•	
Corregir documento																•

Tabla 3.1: Cronograma para próximo semestre