

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

Memoria para optar al título de Ingeniero Civil en Computación

Manuel Olgún

Agosto 2017

Departamento de Ciencias de la Computación

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

Memoria para optar al título de Ingeniero Civil en Computación

Manuel Olgún

Agosto 2017

Departamento de Ciencias de la Computación
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

Integrantes

Profesora Guía:
Sandra Céspedes, DIE

Comisión:
Javier Bustos, DCC
Nancy Hitschfeld, DCC

Mención Adicional:
Cristián Cortés, DIC



2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

Integrantes



1. Objetivos

2. Motivación y Background

3. Solución, Diseño e Implementación

4. Validación y Resultados

5. Conclusiones

1. Objetivos

2. Motivación y Background

3. Solución, Diseño e Implementación

4. Validación y Resultados

5. Conclusiones

1. Objetivos

2. Motivación y Background

3. Solución, Diseño e Implementación

4. Validación y Resultados

5. Conclusiones

Objetivos

Diseño e Implementación de un Framework
Integrado para la Simulación de Sistemas
Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Objetivos

2017-08-11

Objetivos

Objetivo principal: desarrollo de un framework de integración entre un simulador de redes, OMNeT++ y un microsimulador de tráfico, Quadstone Paramics, de tal manera que exista comunicación bidireccional entre ambos.

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Objetivos

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Objetivos

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Objetivos

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Objetivos

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Objetivos

Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.

Motivación y Background

¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte?

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Motivación v Backaround

¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte?

2017-09-11

Sistemas Inteligentes de Transporte



Figura 1: Aplicaciones en un ITS (fuente: ETSI [1])

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Motivación y Background



Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics – Motivación y Background

de la comunicación sobre el modelo de tránsito y la topología de la red sobre las comunicaciones.

Efectos bidireccionales de la integración:

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics – Motivación y Background

de la comunicación sobre el modelo de transporte; de la topología de la red sobre las comunicaciones.

Efectos bidireccionales de la integración:

- efectos de la comunicación sobre el modelo de transporte;
 - efectos de la topología de la red sobre las comunicaciones.

Efectos bidireccionales de la integración:

- efectos de la comunicación sobre el modelo de transporte;
- efectos de la topología de la red sobre las comunicaciones.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics └ Motivación y Background

- efectos de la comunicación sobre el modelo de transporte;
- efectos de la topología de la red sobre las comunicaciones.

Simulaciones Bidireccionales

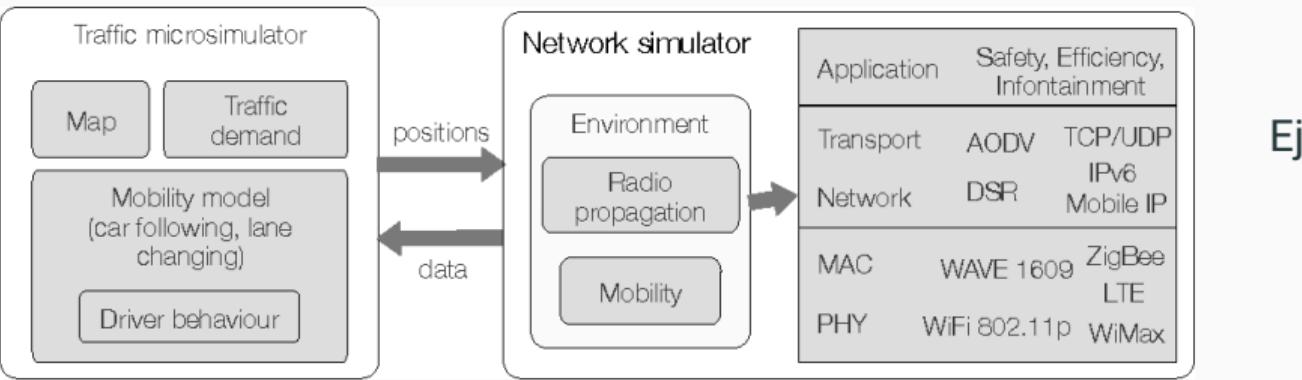
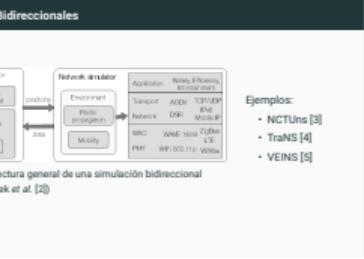


Figura 2: Arquitectura general de una simulación bidireccional
(Grzybek et al. [2])

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

└ Motivación y Background



¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

Diseño e Implementación de un Framework
Integrado para la Simulación de Sistemas
Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y
Paramics
└ Motivación v Backaround

¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

2017-09-11

¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

① Inexistencia de solución que integre Paramics:

- Quadstone Paramics es el simulador de preferencia del Área de Transportes del Depto. de Ing. Civil.
- Simulador de alto renombre.

② Necesidad de acercar los estándares en uso en Transportes y Comunicaciones.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Motivación y Background

¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

- ➊ Inexistencia de solución que integre Paramics:
 - Quadstone Paramics es el simulador de preferencia del Área de Transportes del Depto. de Ing. Civil.
 - Simulador de alto renombre.
- ➋ Necesidad de acercar los estándares en uso en Transportes y Comunicaciones.

¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

① Inexistencia de solución que integre Paramics:

- Quadstone Paramics es el simulador de preferencia del Área de Transportes del Depto. de Ing. Civil.
- Simulador de alto renombre.

② Necesidad de acercar los estándares en uso en Transportes y Comunicaciones.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Motivación y Background

¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

- ➊ Inexistencia de solución que integre Paramics:
 - Quadstone Paramics es el simulador de preferencia del Área de Transportes del Depto. de Ing. Civil.
 - Simulador de alto renombre.
- ➋ Necesidad de acercar los estándares en uso en Transportes y Comunicaciones.

¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

1

1 Inexistencia de solución que integre Paramics:

- Quadstone Paramics es el simulador de preferencia del Área de Transportes del Depto. de Ing. Civil.
- Simulador de alto renombre.

2 Necesidad de acercar los estándares en uso en Transportes y Comunicaciones.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics └ Motivación y Background

2 Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

- ① Inexistencia de solución que integre Paramics:
 - Quadstone Paramics es el simulador de preferencia del Área de Transportes del Depto. de Ing. Civil.
 - Simulador de alto renombre.
- ② Necesidad de acercar los estándares en uso en Transportes y Comunicaciones.

Solución, Diseño e Implementación

Diseño e Implementación de un Framework
Integrado para la Simulación de Sistemas
Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Solución, Diseño e Implementación

2017-08-11

Solución, Diseño e Implementación

¿Cómo integrar Paramics con un simulador de redes?

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Solución. Diseño e Implementación

¿Cómo integrar Paramics con un simulador de redes?

- OMNeT++ + SUMO
- Comunicación por socket TCP
- Mayoritariamente FOSS

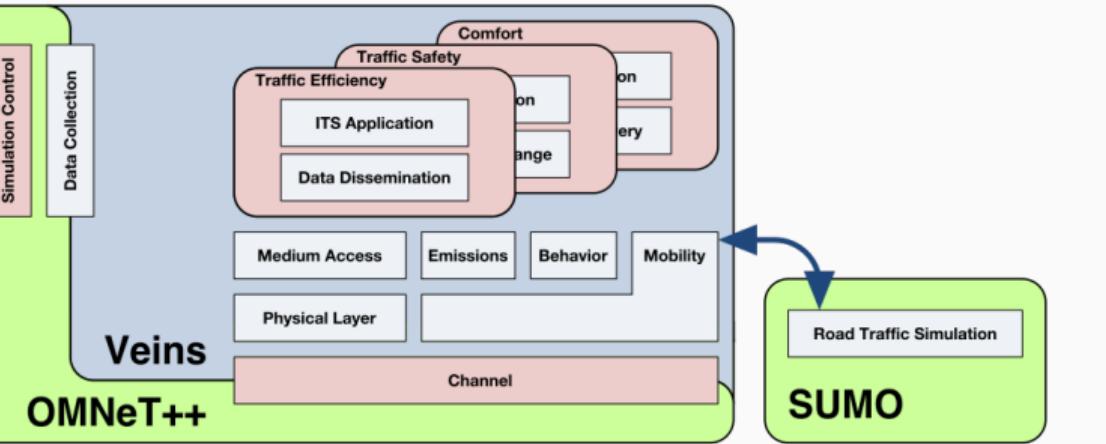
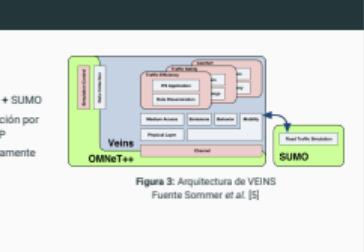


Figura 3: Arquitectura de VEINS
Fuente Sommer et al. [5]

2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics └ Solución, Diseño e Implementación



Idea: Reemplazar
SUMO...

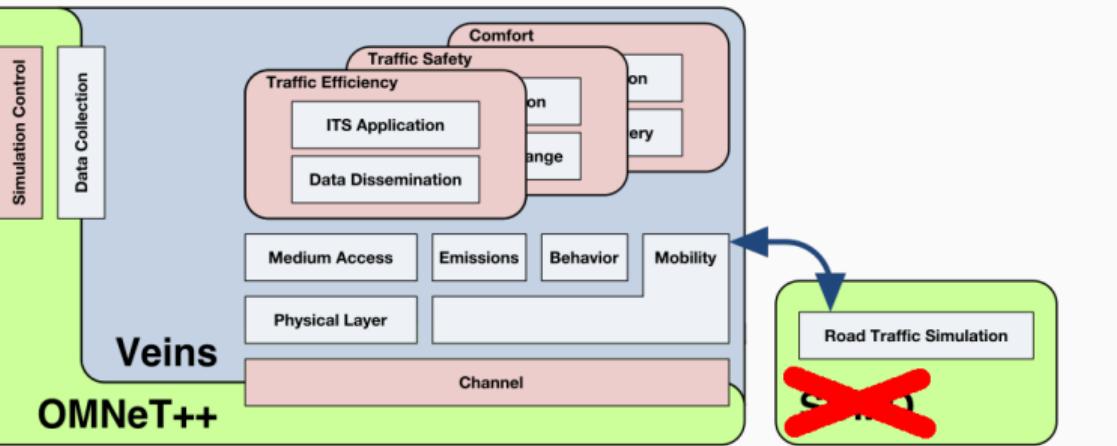
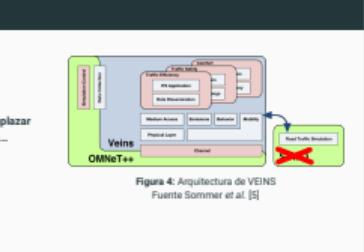


Figura 4: Arquitectura de VEINS
Fuente Sommer et al. [5]

2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Solución, Diseño e Implementación



... con Paramics!

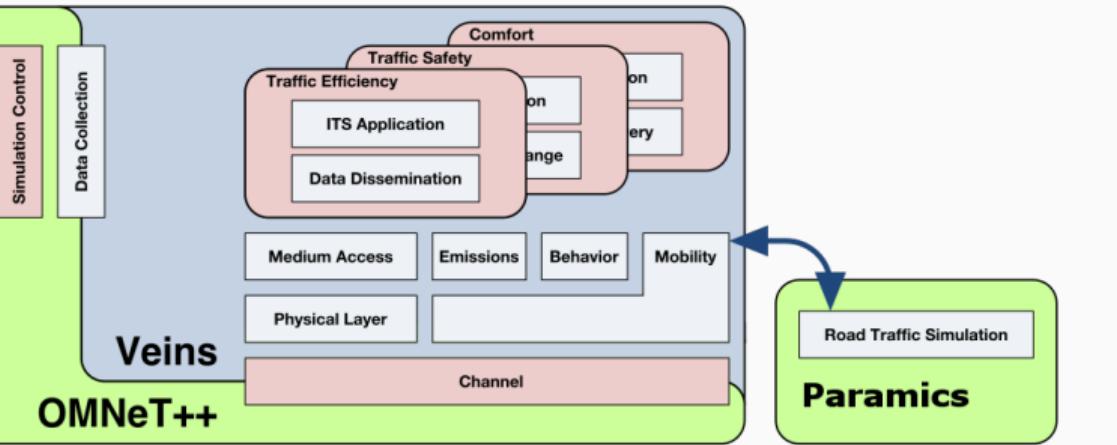


Figura 5: Arquitectura de VEINS
Fuente Sommer et al. [5]

2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics └ Solución, Diseño e Implementación

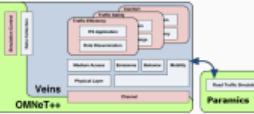
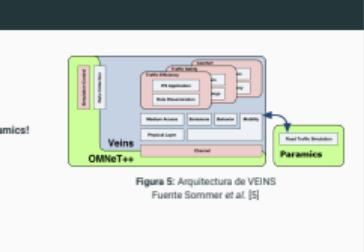
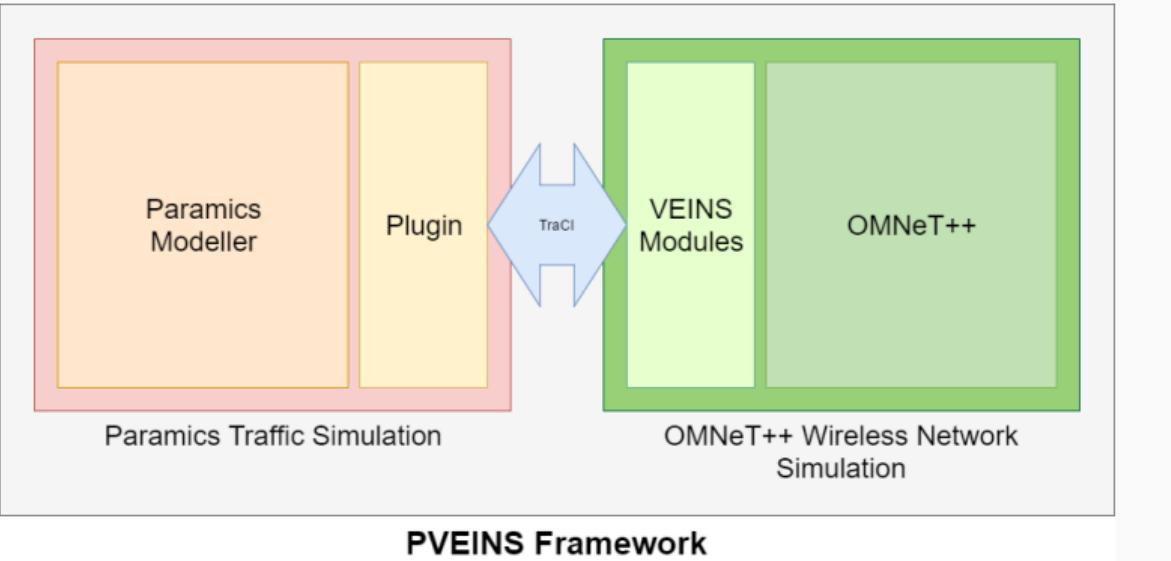


Figura 5: Arquitectura de VEINS
Fuente Sommer et al. [5]

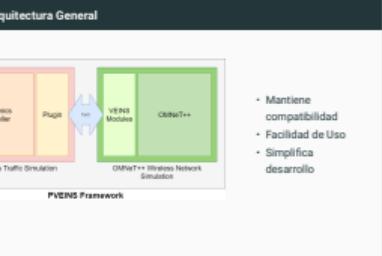
PVEINS: Arquitectura General

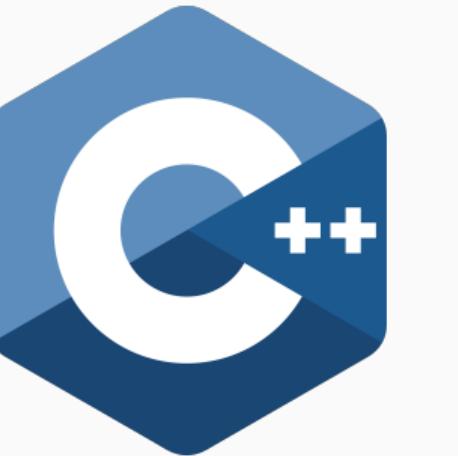


- Mantiene compatibilidad
- Facilidad de Uso
- Simplifica desarrollo

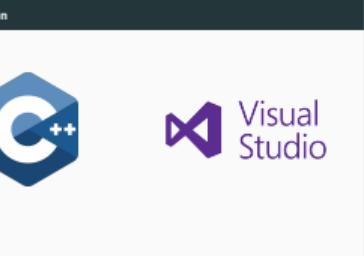
2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Solución, Diseño e Implementación

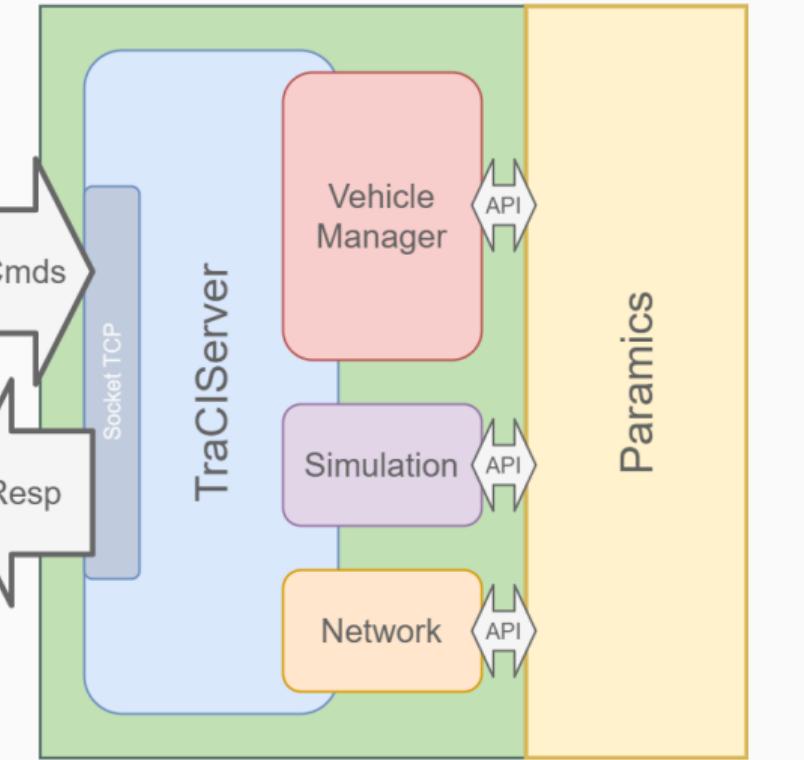




2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework
 Integrado para la Simulación de Sistemas
 Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
 └ Solución, Diseño e Implementación

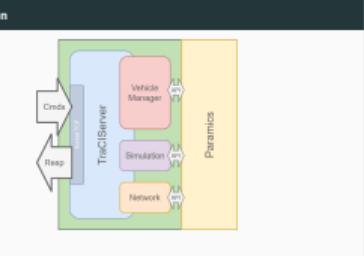


Implementación



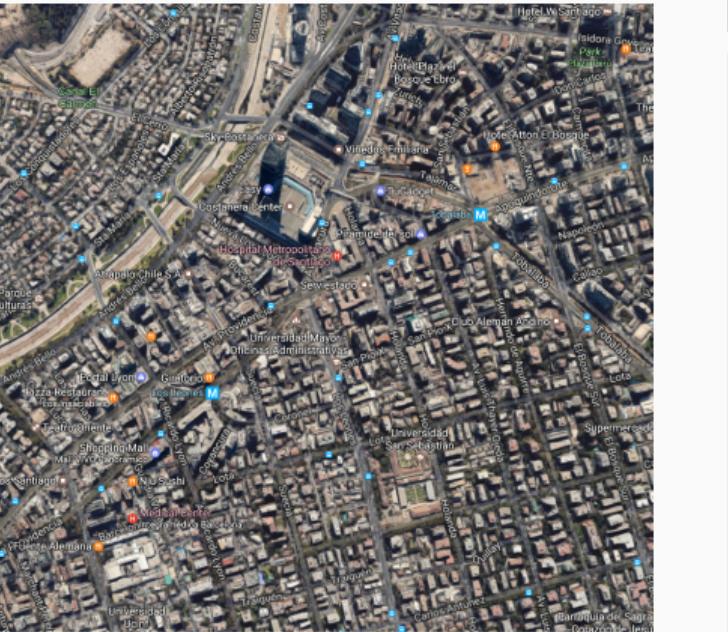
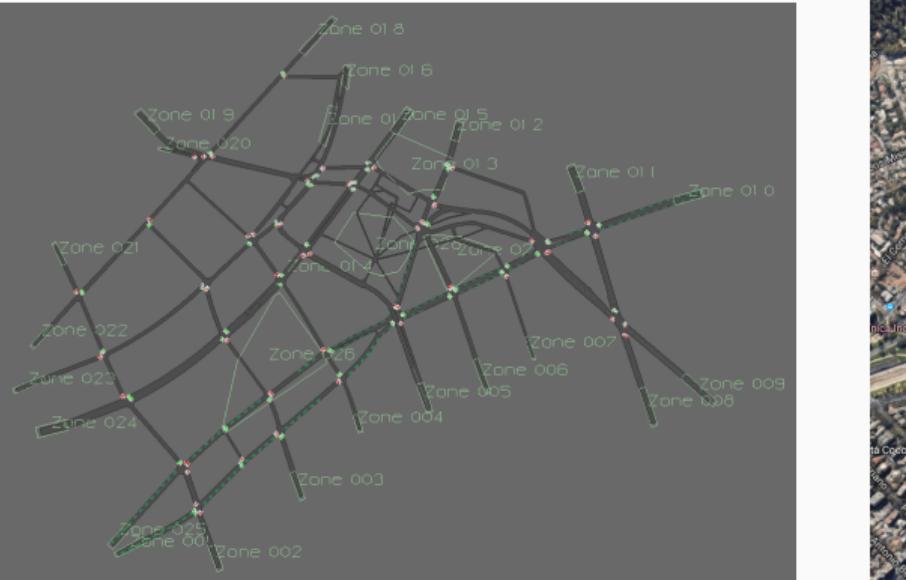
Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Solución, Diseño e Implementación

2017-08-11



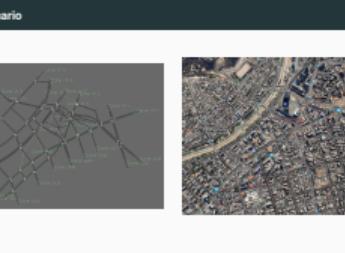
Validación y Resultados

El Escenario



Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Validación y Resultados

2017-08-11



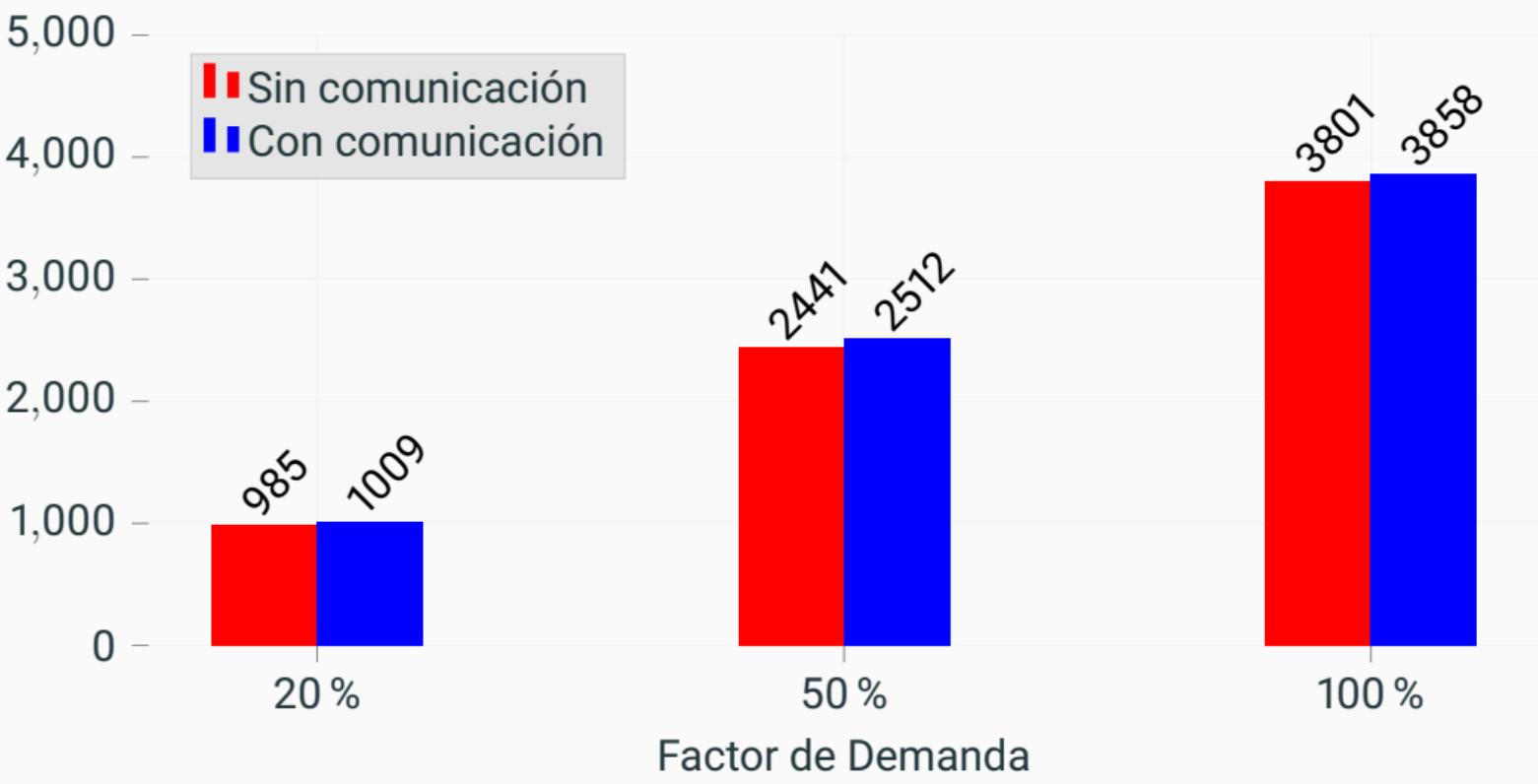
Demo

Diseño e Implementación de un Framework
Integrado para la Simulación de Sistemas
Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y
Paramics
└ Validación y Resultados

Demo

2017-09-11

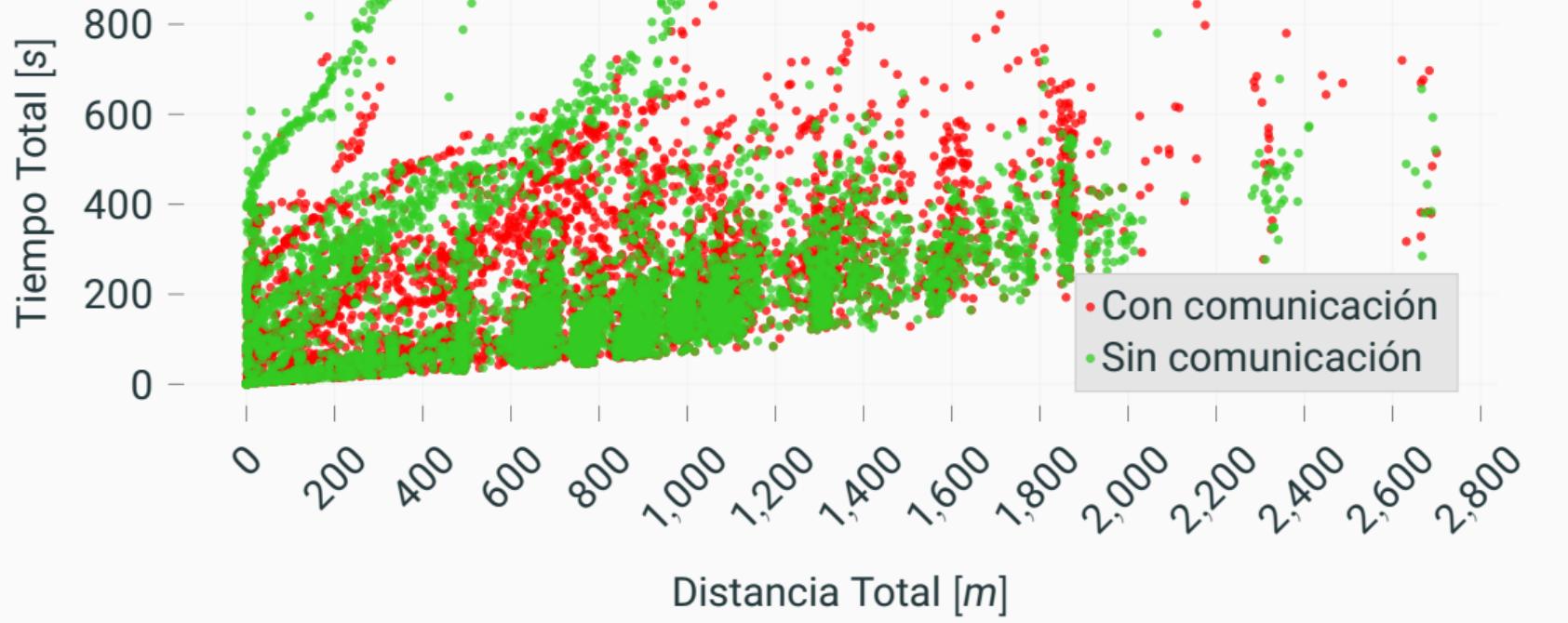
Resultados: Nro. Vehículos que alcanzaron destino



2017-08-11
Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Validación y Resultados



Resultados: Distancia vs Tiempo

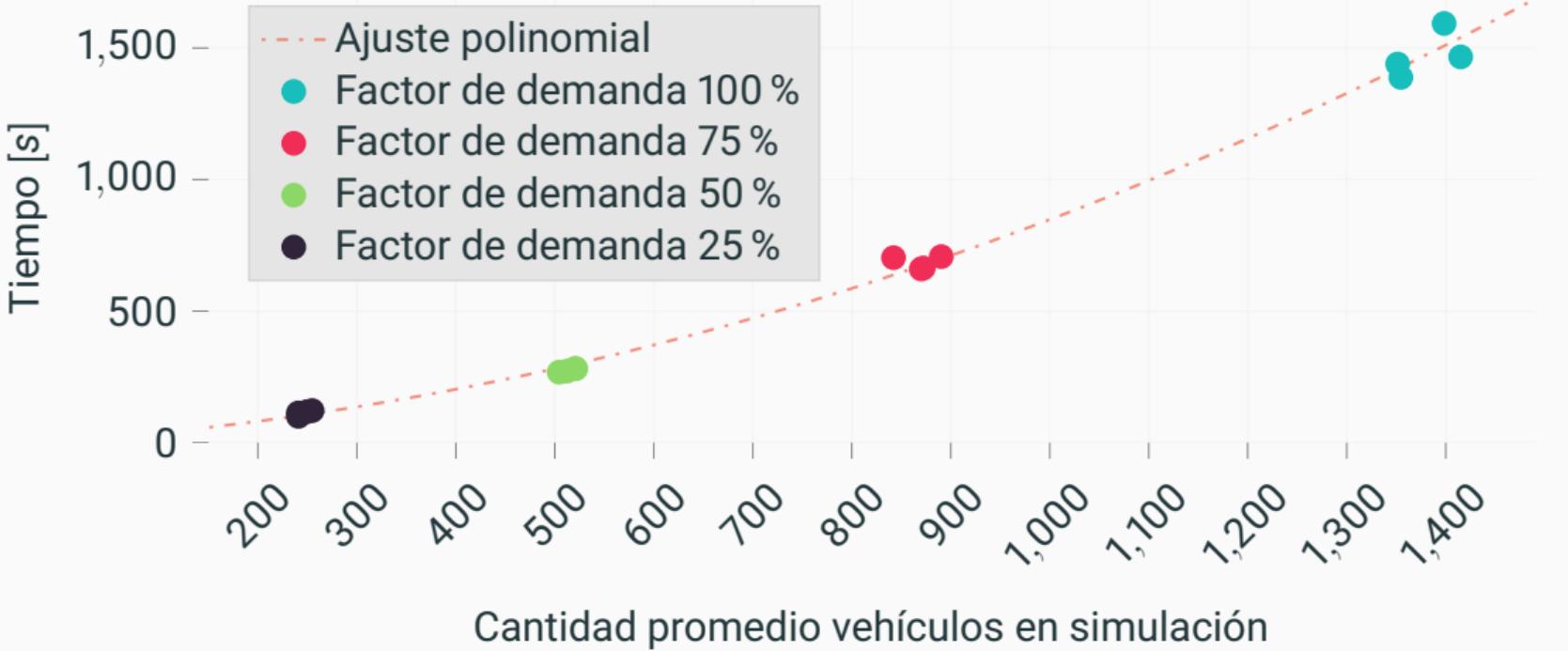


2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Validación y Resultados



Resultados: Duración de la Simulación



2017-08-11
Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Validación y Resultados



Conclusiones

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

2017-08-11

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte;
- ② Identificar una solución viable;
- ③ Diseñar la solución;
- ④ Implementar el mecanismo;
- ⑤ Validar su funcionamiento.



Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

2017-08-11

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

2017-08-11

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

2017-08-11

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

2017-08-11

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

2017-08-11

Cumplimiento de Objetivos

- ① Establecer el estado del arte; ✓
- ② Identificar una solución viable; ✓
- ③ Diseñar la solución; ✓
- ④ Implementar el mecanismo; ✓
- ⑤ Validar su funcionamiento. ✓

Gracias!

Diseño e Implementación de un Framework
Integrado para la Simulación de Sistemas
Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y
Paramics
└ Conclusiones

2017-09-11

Gracias!

Referencias i

-  (Jun. de 2017). European Telecommunication Standards Institute, dirección:
<http://www.etsi.org/>.
-  A. Grzybek, M. Seredyński, G. Danoy y P. Bouvry, «Aspects and trends in realistic VANET simulations», en *2012 IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)*, jun. de 2012, págs. 1-6. doi: 10.1109/WoWMoM.2012.6263793.
-  S. Y. Wang y C. C. Lin, «NCTUns 6.0: A Simulator for Advanced Wireless Vehicular Network Research», en *2010 IEEE 71st Vehicular Technology Conference*, mayo de 2010, págs. 1-2. doi: 10.1109/VETECS.2010.5494212.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

└ Conclusiones

Referencias i

-  (Jun. de 2017). European Telecommunication Standards Institute, dirección:
<http://www.etsi.org/>.
-  A. Grzybek, M. Seredyński, G. Danoy y P. Bouvry, «Aspects and trends in realistic VANET simulations», en *2012 IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)*, jun. de 2012, págs. 1-6. doi: 10.1109/WoWMoM.2012.6263793.
-  S. Y. Wang y C. C. Lin, «NCTUns 6.0: A Simulator for Advanced Wireless Vehicular Network Research», en *2010 IEEE 71st Vehicular Technology Conference*, mayo de 2010, págs. 1-2. doi: 10.1109/VETECS.2010.5494212.

Referencias ii

-  M. Piorkowski, M. Raya, A. L. Lugo, P. Papadimitratos, M. Grossglauser y J.-P. Hubaux, «TraNS: realistic joint traffic and network simulator for VANETs», *ACM SIGMOBILE mobile computing and communications review*, vol. 12, n.º 1, págs. 31-33, 2008.
-  C. Sommer, R. German y F. Dressler, «Bidirectionally Coupled Network and Road Traffic Simulation for Improved IVC Analysis», *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 10, n.º 1, págs. 3-15, ene. de 2011, ISSN: 1536-1233. doi: 10.1109/TMC.2010.133.
-  *Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport*, 2010 O.J. L 207/1, European Parliament, 2010.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics └ Conclusiones

- Referencias ii
-  M. Piorkowski, M. Raya, A. L. Lugo, P. Papadimitratos, M. Grossglauser y J.-P. Hubaux, «TraNS: realistic joint traffic and network simulator for VANETs», *ACM SIGMOBILE mobile computing and communications review*, vol. 12, n.º 1, págs. 31-33, 2008.
 -  C. Sommer, R. German y F. Dressler, «Bidirectionally Coupled Network and Road Traffic Simulation for Improved IVC Analysis», *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 10, n.º 1, págs. 3-15, ene. de 2011, ISSN: 1536-1233. doi: 10.1109/TMC.2010.133.
 -  *Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport*, 2010 O.J. L 207/1, European Parliament, 2010.

Referencias iii

 M. M. Mubasher y J. S. W. ul Qounain, «Systematic literature review of vehicular traffic flow simulators», en *2015 International Conference on Open Source Software Computing (OSSCOM)*, sep. de 2015, págs. 1-6. doi: [10.1109/OSSCOM.2015.7372687](https://doi.org/10.1109/OSSCOM.2015.7372687).

 C. Sommer y F. Dressler, «Progressing toward realistic mobility models in VANET simulations», *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, n.º 11, págs. 132-137, nov. de 2008, issn: 0163-6804. doi: [10.1109/MCOM.2008.4689256](https://doi.org/10.1109/MCOM.2008.4689256).

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics └ Conclusiones

Referencias iii

-  M. M. Mubasher y J. S. W. ul Qounain, «Systematic literature review of vehicular traffic flow simulators», en *2015 International Conference on Open Source Software Computing (OSSCOM)*, sep. de 2015, págs. 1-6. doi: [10.1109/OSSCOM.2015.7372687](https://doi.org/10.1109/OSSCOM.2015.7372687).
-  C. Sommer y F. Dressler, «Progressing toward realistic mobility models in VANET simulations», *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, n.º 11, págs. 132-137, nov. de 2008, issn: 0163-6804. doi: [10.1109/MCOM.2008.4689256](https://doi.org/10.1109/MCOM.2008.4689256).

Referencias iv

 A. Wegener, M. Piórkowski Michałand Raya, H. Hellbrück, S. Fischer y J.-P. Hubaux, «TraCI: An Interface for Coupling Road Traffic and Network Simulators», en *Proceedings of the 11th Communications and Networking Simulation Symposium*, ép. CNS '08, Ottawa, Canada: ACM, 2008, págs. 155-163, ISBN: 1-56555-318-7. DOI: 10.1145/1400713.1400740. dirección: <http://doi.acm.org/10.1145/1400713.1400740>.

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics └ Conclusiones

Referencias iv

 A. Wegener, M. Piórkowski Michałand Raya, H. Hellbrück, S. Fischer y J.-P. Hubaux, «TraCI: An Interface for Coupling Road Traffic and Network Simulators», en *Proceedings of the 11th Communications and Networking Simulation Symposium*, ép. CNS '08, Ottawa, Canada: ACM, 2008, págs. 155-163, ISBN: 1-56555-318-7. DOI: 10.1145/1400713.1400740. dirección: <http://doi.acm.org/10.1145/1400713.1400740>.

*"Intelligent Transport Systems' or 'ITS' means systems in which information and communication technologies are applied in the field of road transport, including infrastructure, vehicles and users, and in traffic management and mobility management, as well as for interfaces with other modes of transport"*¹

***"Intelligent Transport Systems' or 'ITS' means systems in which information and communication technologies are applied in the field of road transport, including infrastructure, vehicles and users, and in traffic management and mobility management, as well as for interfaces with other modes of transport"*¹**

¹*Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport [6]*

2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

└ Conclusiones

*"Intelligent Transport Systems' or 'ITS' means systems in which information and communication technologies are applied in the field of road transport, including infrastructure, vehicles and users, and in traffic management and mobility management, as well as for interfaces with other modes of transport"*¹

¹*Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport [6]*

Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte

<i>Simulator Name</i>	<i>Number of Occurrences in Literature</i>	<i>License Type</i>
VISSIM	15	Commercial Software
PARAMICS	12	Commercial Software
CORSIM	10	FOSS
AIMSUN	9	Commercial Software
SUMO	5	FOSS

Figura 6: Simuladores de transporte utilizados en el área de transportes
(Mubasher et al. [7])

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

2017-08-11

Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte		
Simulator Name	Number of Occurrences in Literature	License Type
VISSIM	15	Commercial Software
PARAMICS	12	Commercial Software
CORSIM	10	FOSS
AIMSUN	9	Commercial Software
SUMO	5	FOSS

Figura 6: Simuladores de transporte utilizados en el área de transportes
(Mubasher et al. [7])

Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte

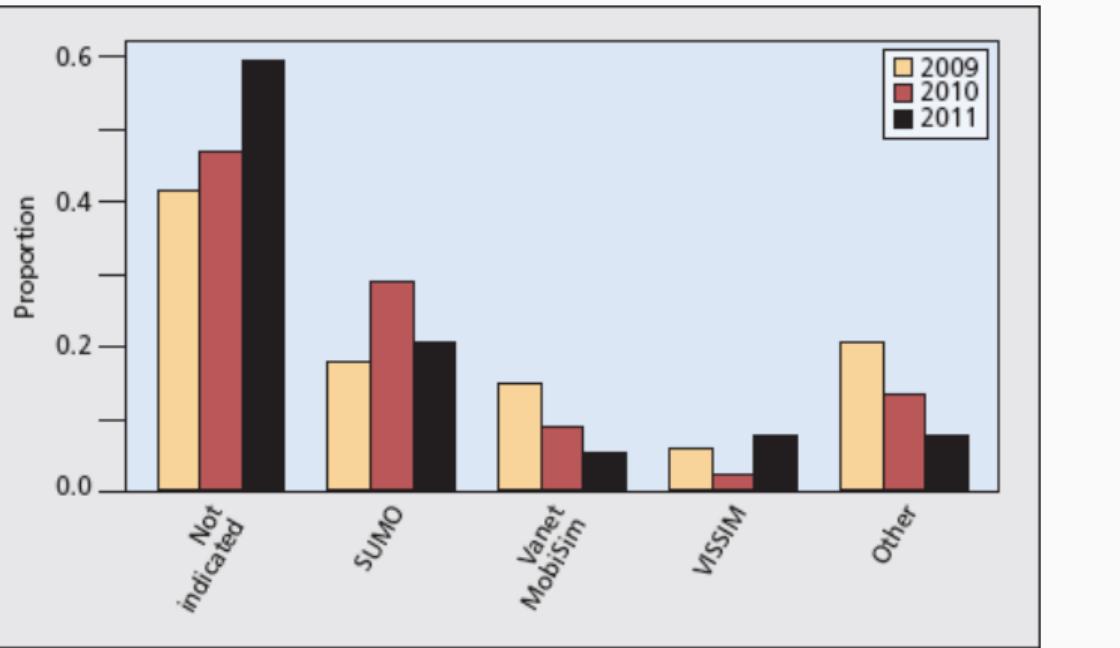
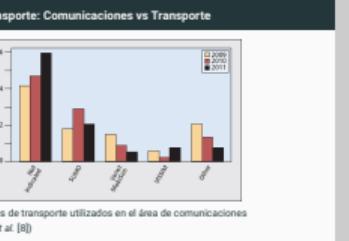


Figura 7: Simuladores de transporte utilizados en el área de comunicaciones
(Sommer et al. [8])

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte
Figura 7: Simuladores de transporte utilizados en el área de comunicaciones
(Sommer et al. [8])

TraCI

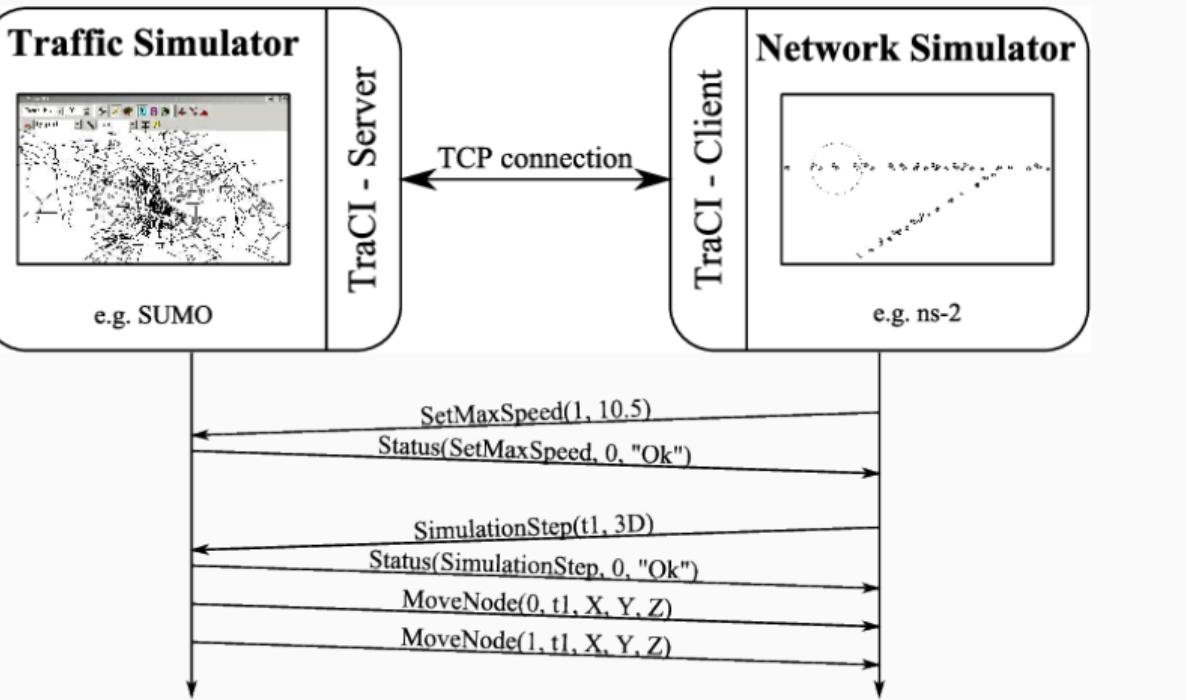
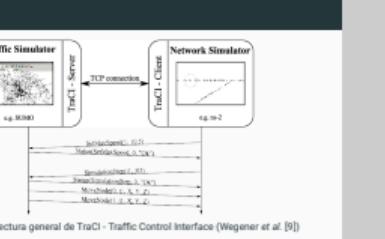


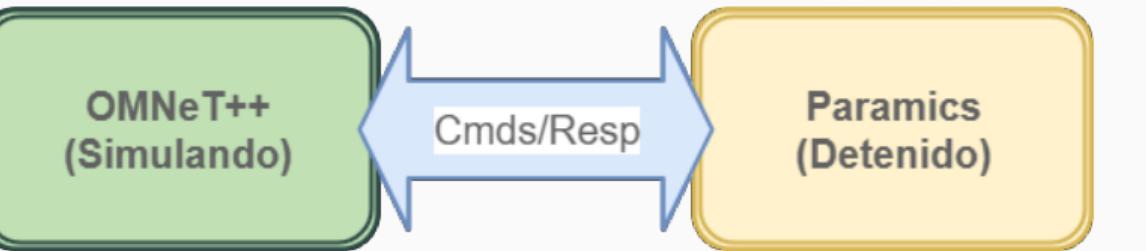
Figura 8: Arquitectura general de TraCI - Traffic Control Interface (Wegener et al. [9])

2017-08-11

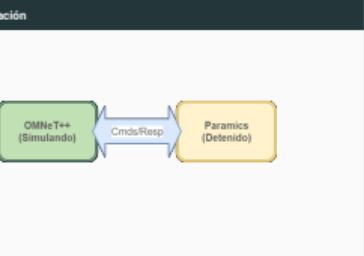
Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



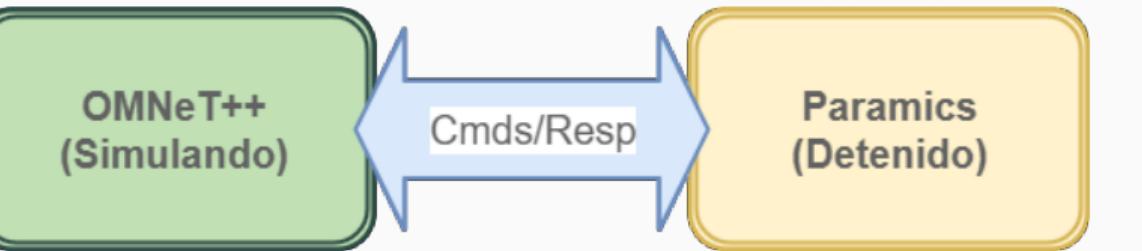
Paso de Simulación



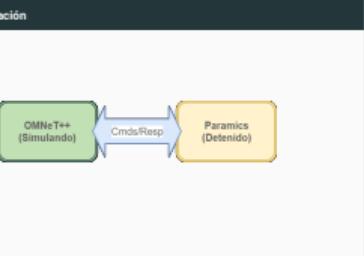
2017-08-11 | Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



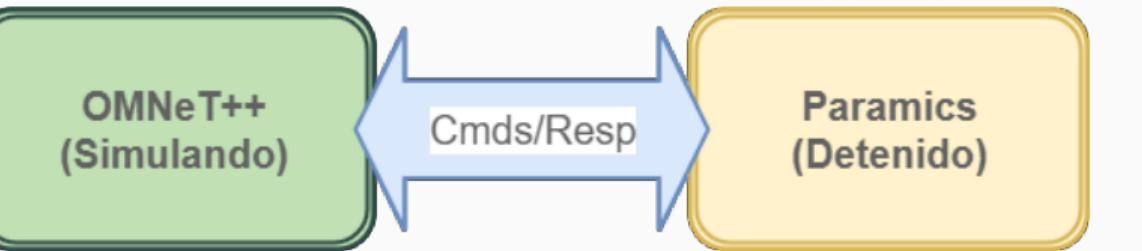
Paso de Simulación



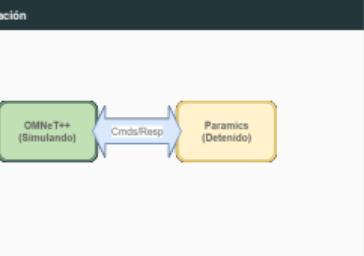
2017-08-11 | Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



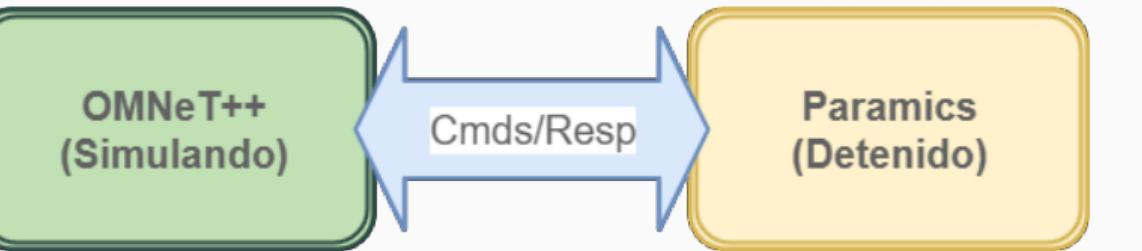
Paso de Simulación



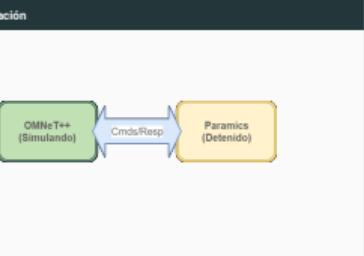
2017-08-11 | Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



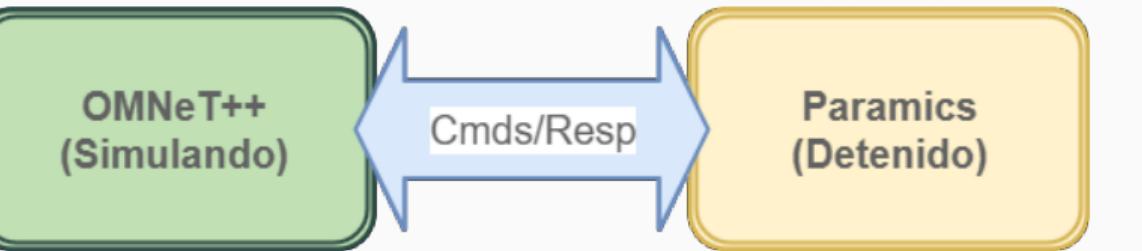
Paso de Simulación



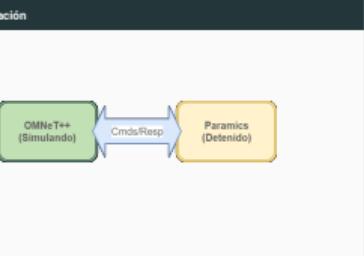
2017-08-11 | Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



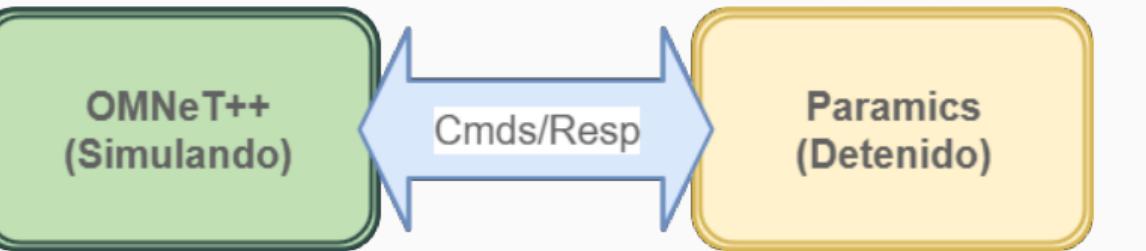
Paso de Simulación



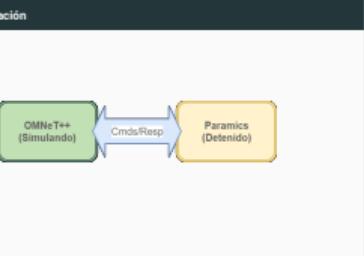
2017-08-11 | Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



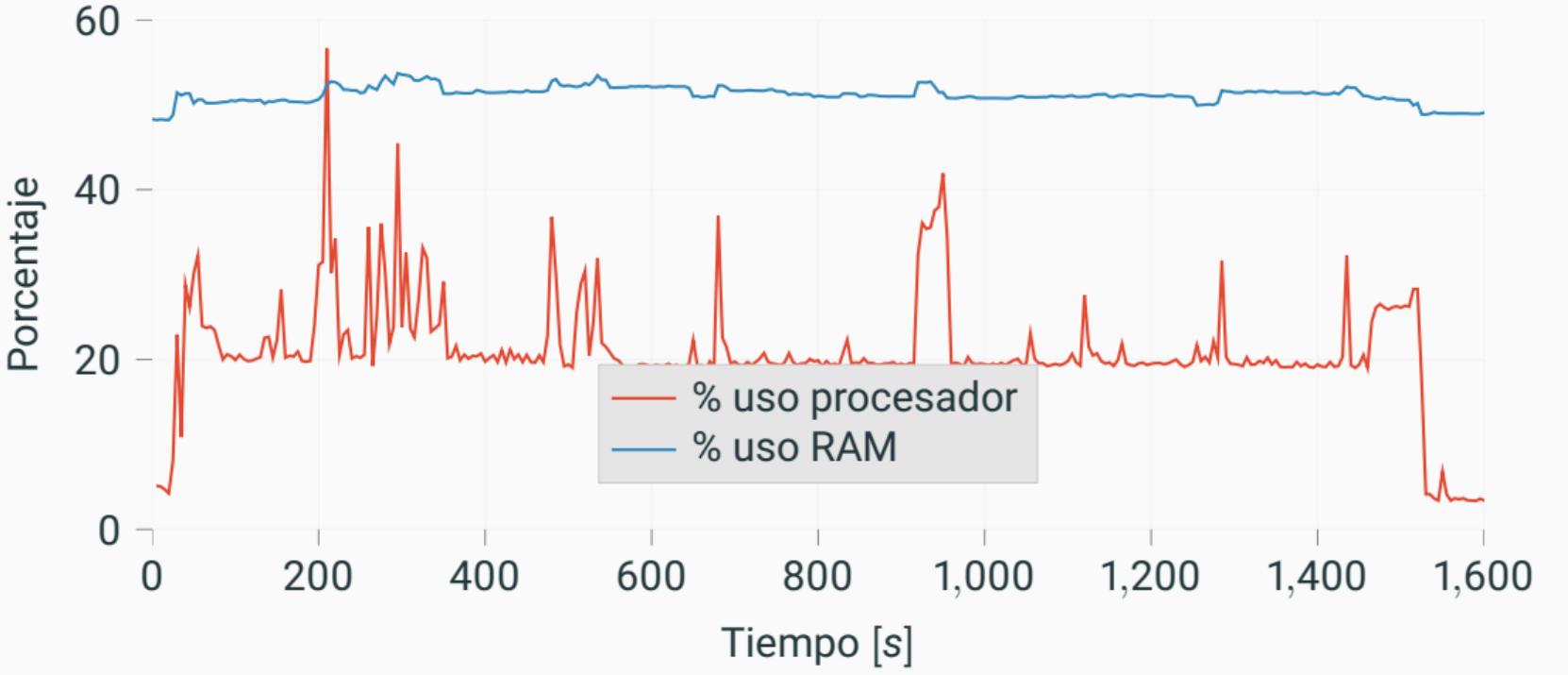
Paso de Simulación



2017-08-11 | Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



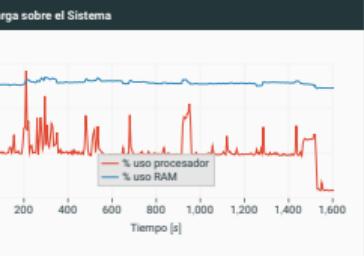
Resultados: Carga sobre el Sistema



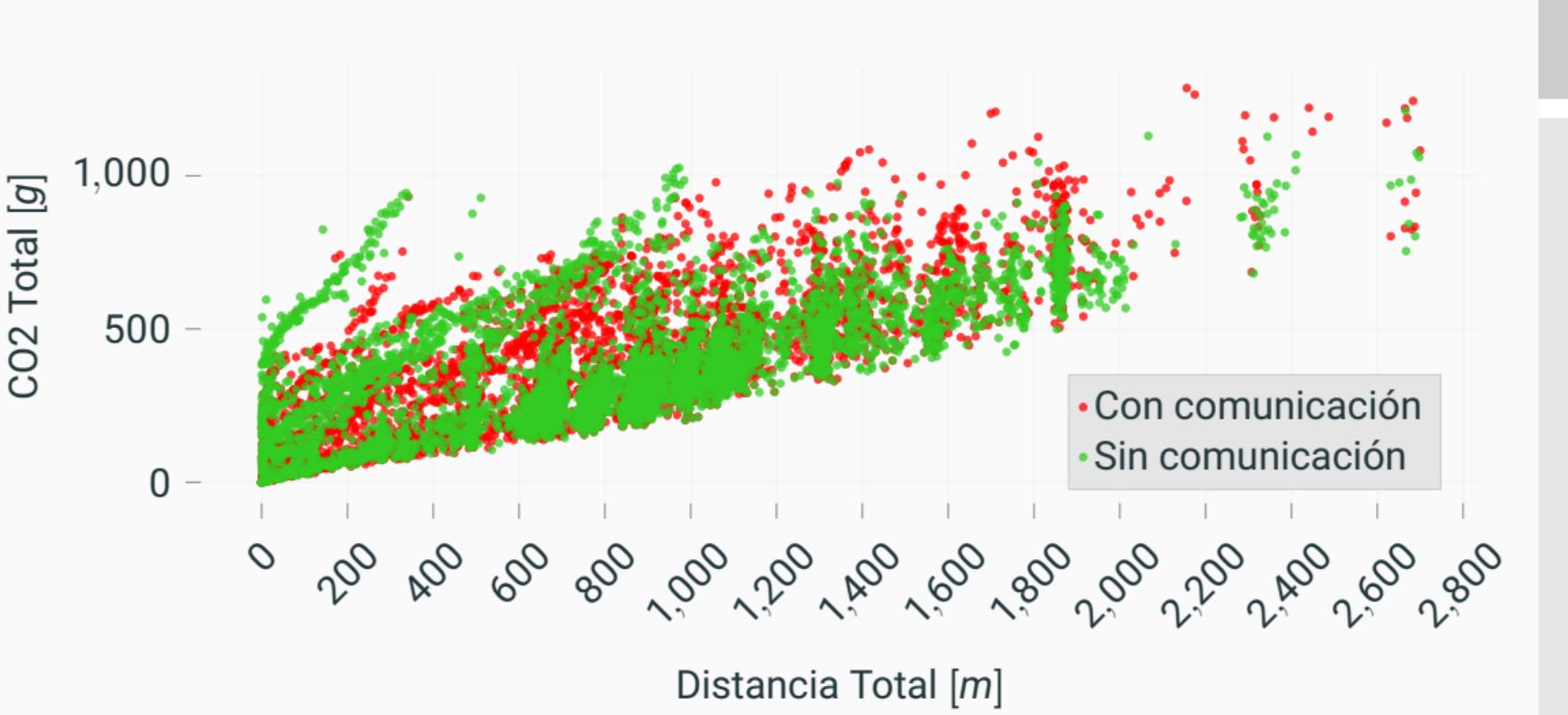
2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

└ Conclusiones



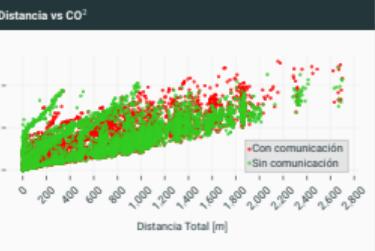
Resultados: Distancia vs CO²



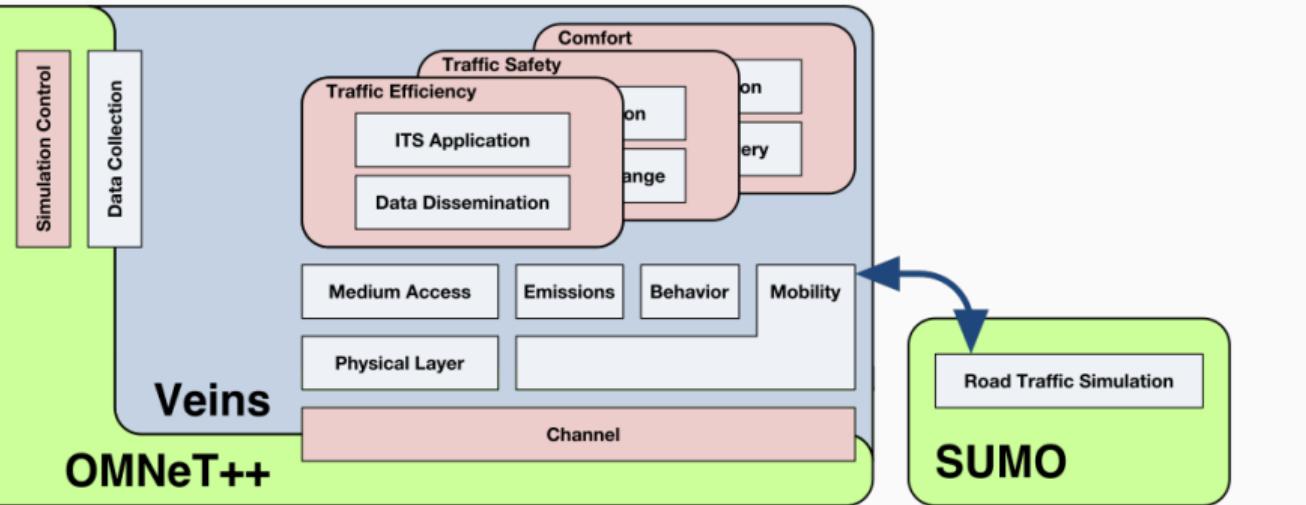
2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics

└ Conclusiones



Por qué VEINS?



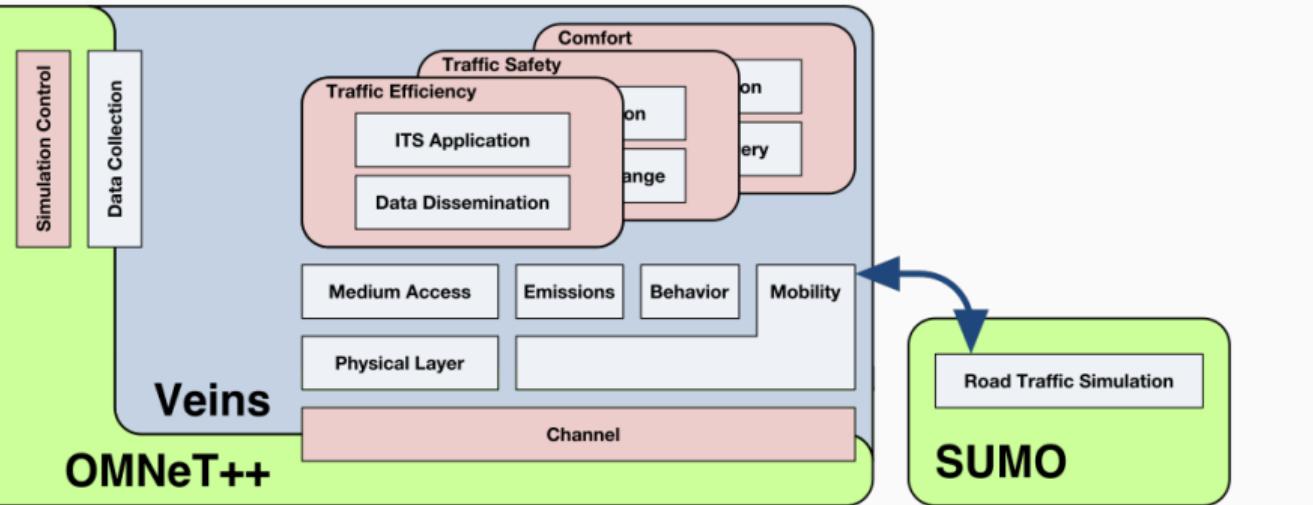
- Mayoritariamente FOSS
- Experiencia previa
- Diseño Modular
- Comunicación entre simuladores completamente abstraída (TraCI)

2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



Por qué VEINS?



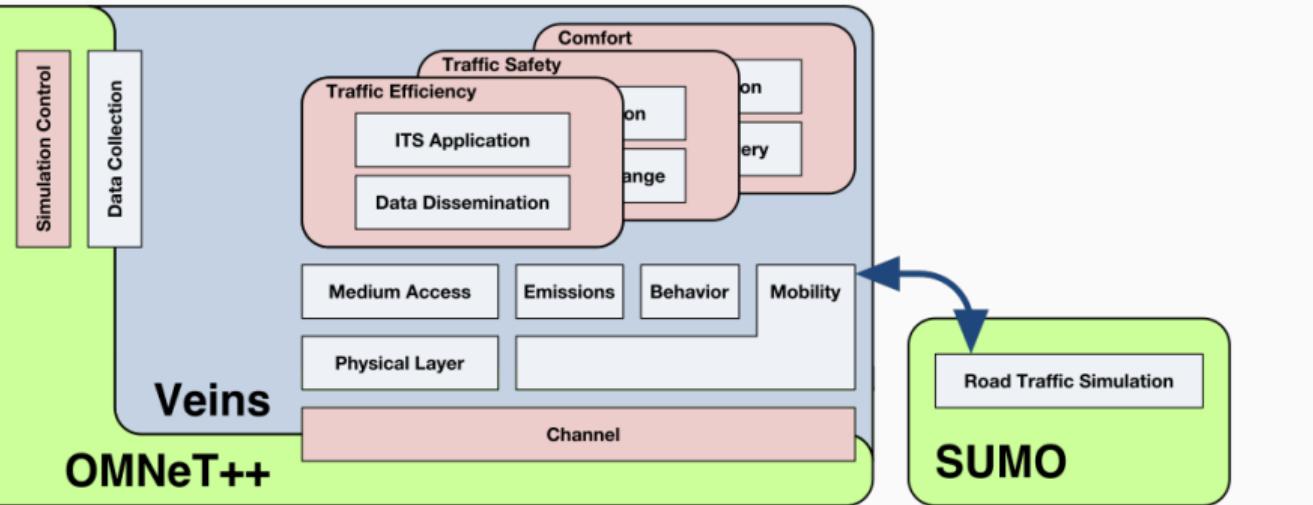
- Mayoritariamente FOSS
- Experiencia previa

- Diseño Modular
- Comunicación entre simuladores completamente abstraída (TraCI)

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



Por qué VEINS?



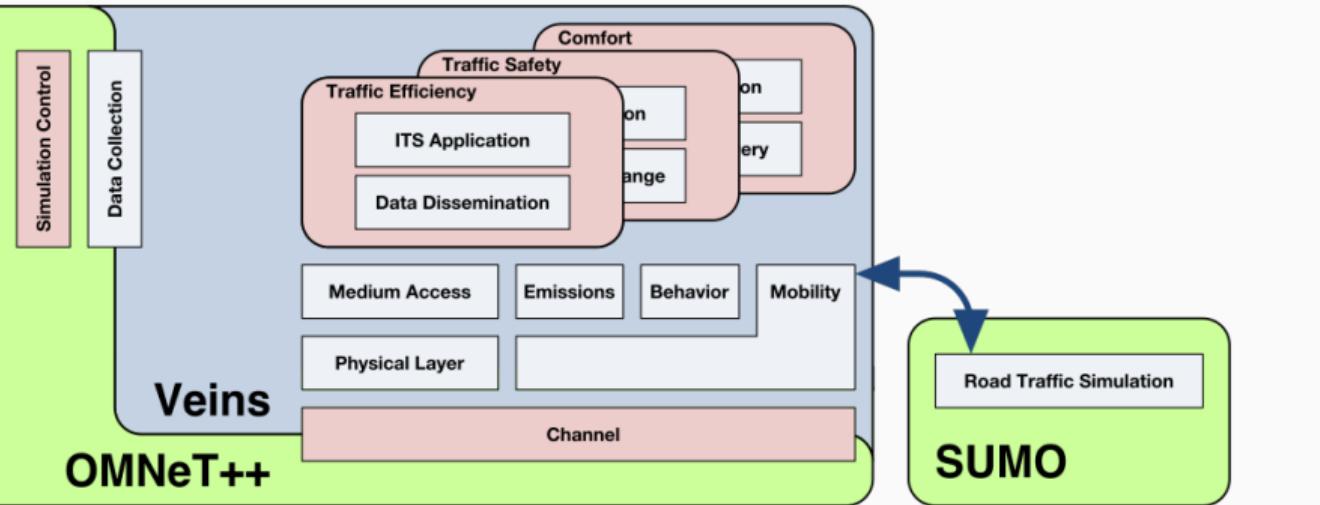
- Mayoritariamente FOSS
- Experiencia previa

- Diseño Modular
- Comunicación entre simuladores completamente abstraída (TraCI)

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



Por qué VEINS?



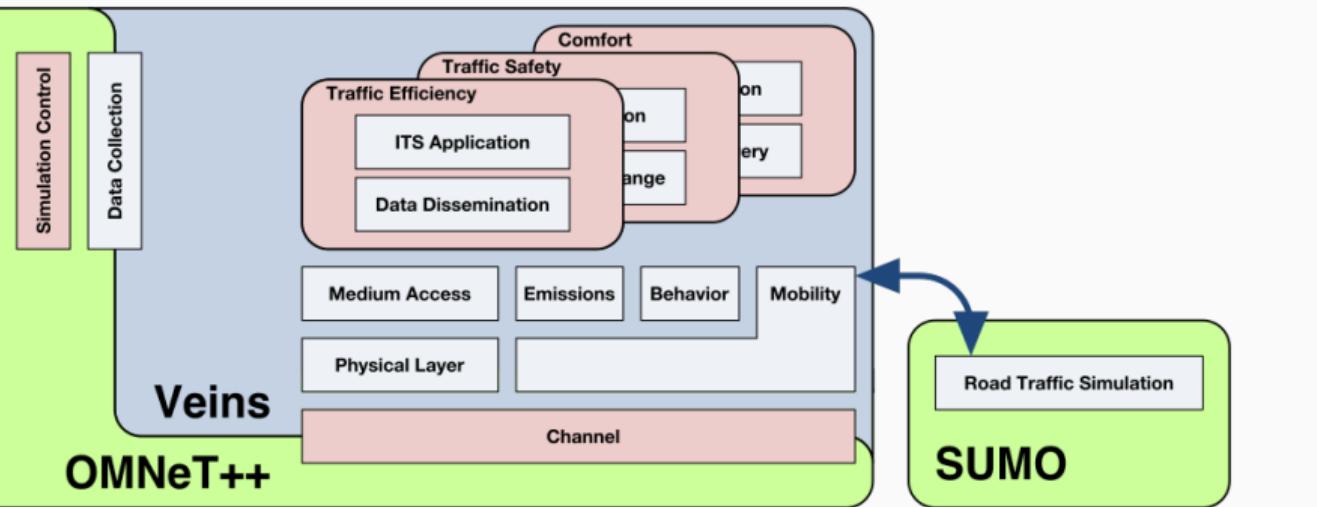
- Mayoritariamente FOSS
- Experiencia previa
- Diseño Modular
- Comunicación entre simuladores completamente abstraída (TraCI)

2017-08-11

Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones



Por qué VEINS?



- Mayoritariamente FOSS
- Experiencia previa

- Diseño Modular
- Comunicación entre simuladores completamente abstraída (TraCI)

2017-08-11 Diseño e Implementación de un Framework Integrado para la Simulación de Sistemas Inteligentes de Transporte en OMNeT++ y Paramics
└ Conclusiones

