

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

Memorista: **Manuel Olguín**
Prof. Guía: **Sandra Céspedes**



Ciencias de la Computación
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

16 de agosto 2017

2017-08-14

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

Memorista: Manuel Olguín
Prof. Guía: Sandra Céspedes



16 de agosto 2017

Organización de la defensa

1. Objetivos

2. Motivación y Background

3. Solución, Diseño e Implementación

4. Validación y Resultados

5. Conclusiones

2017-08-14

└ Organización de la defensa

1. Objetivos

2. Motivación y Background

3. Solución, Diseño e Implementación

4. Validación y Resultados

5. Conclusiones

Organización de la defensa

1. Objetivos

2. Motivación y Background

3. Solución, Diseño e Implementación

4. Validación y Resultados

5. Conclusiones

Objetivos

└ Objetivos

2017-08-14

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.

2017-08-14

└ Objetivos

└ 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.

2017-08-14

└ Objetivos

└ 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.

2017-08-14

└ Objetivos

└ 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.

2017-08-14

└ Objetivos

└ 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.

2017-08-14

└ Objetivos

└ Objetivos

| Objetivos |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">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

└ Motivación y Background

2017-08-14

Motivación y Background

¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte?

Motivación y Background

¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte?

2017-08-14

Sistemas Inteligentes de Transporte



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

2017-08-14

└ Motivación y Background

└ Sistemas Inteligentes de Transporte



Efectos bidireccionales de la integración:

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

2017-08-14

Motivación y Background

Sistemas Inteligentes de Transporte

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.

2017-08-14

Motivación y Background

Sistemas Inteligentes de Transporte

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:

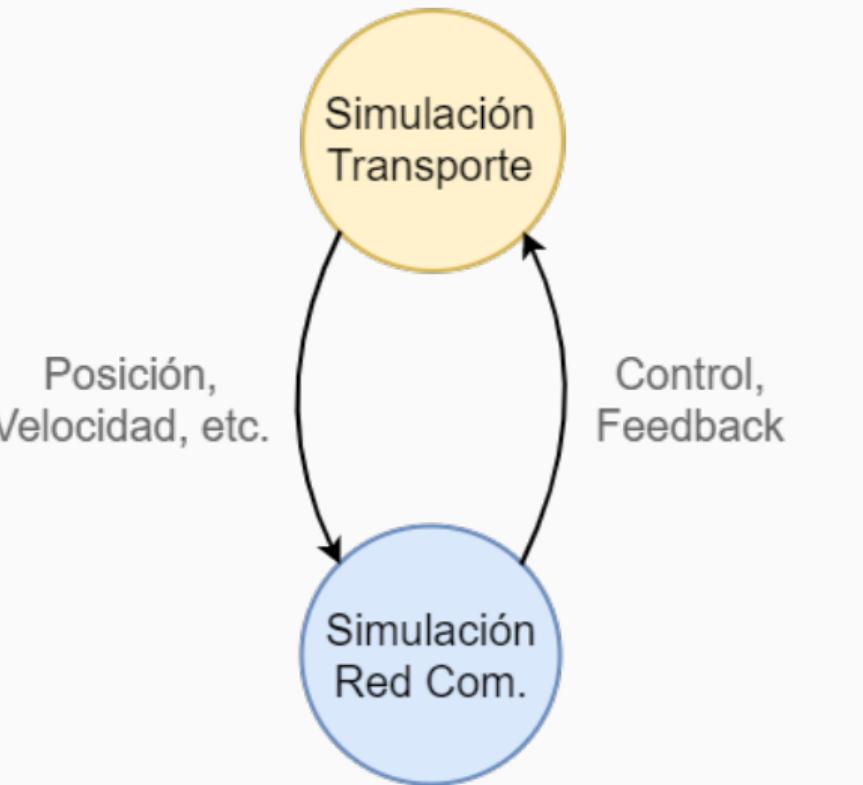
- efectos de la comunicación sobre el modelo de transporte;
- efectos de la topología de la red sobre las comunicaciones.

2017-08-14

Motivación y Background

Sistemas Inteligentes de Transporte

Simulaciones Bidireccionales



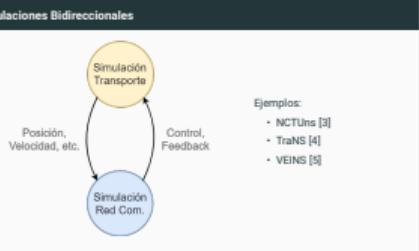
Ejemplos:

- NCTUns [3]
- TraNS [4]
- VEINS [5]

Motivación y Background

Simulaciones Bidireccionales

2017-08-14



¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

Motivación y Background

¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

2017-08-14

¿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.

2017-08-14

Motivación y Background

↳ ¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?



¿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.

2017-08-14

Motivación y Background

↳ ¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

¿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.

2017-08-14

Motivación y Background

↳ ¿Por qué crear algo nuevo si ya existen soluciones?

¿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.

Solución, Diseño e Implementación

└ Solución, Diseño e Implementación

2017-08-14

Solución, Diseño e Implementación

¿Cómo integrar Paramics con un simulador de redes?

Solución, Diseño e Implementación

2017-08-

¿Cómo integrar Paramics con un simulador de redes?

TraCI

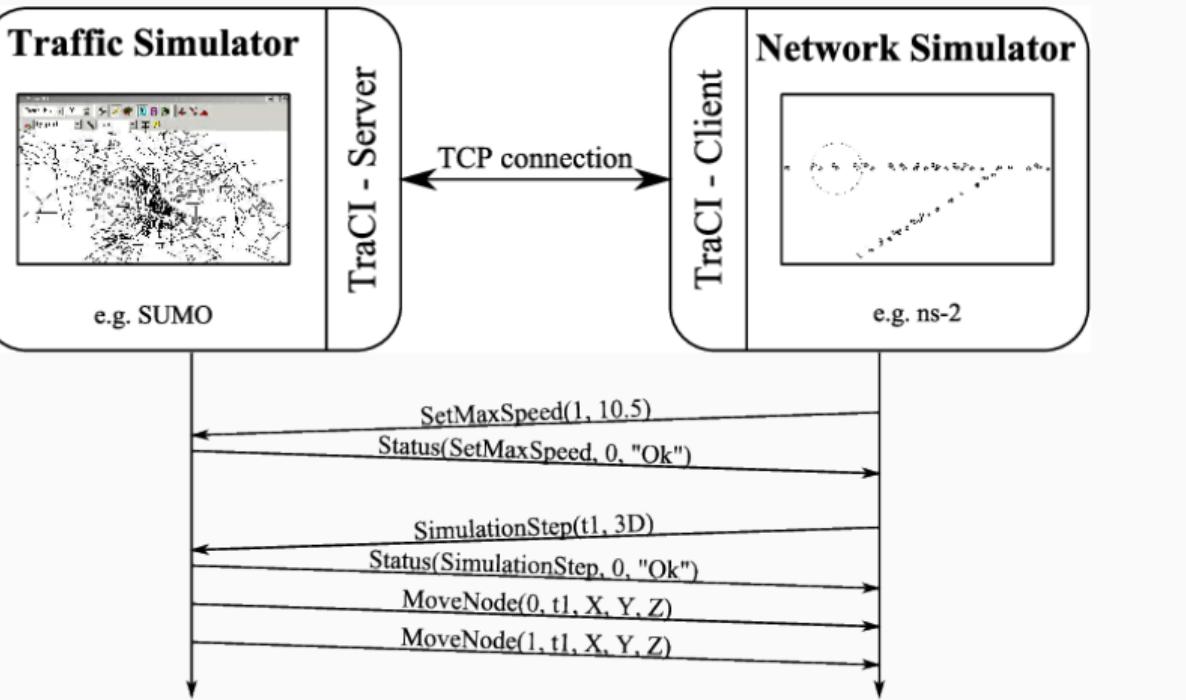


Figura 2: Arquitectura general de TraCI - Traffic Control Interface (Wegener et al. [9])

2017-08-14

└ Solución, Diseño e Implementación

└ TraCI

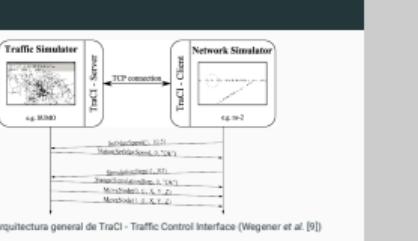


Figura 2: Arquitectura general de TraCI - Traffic Control Interface (Wegener et al. [9])

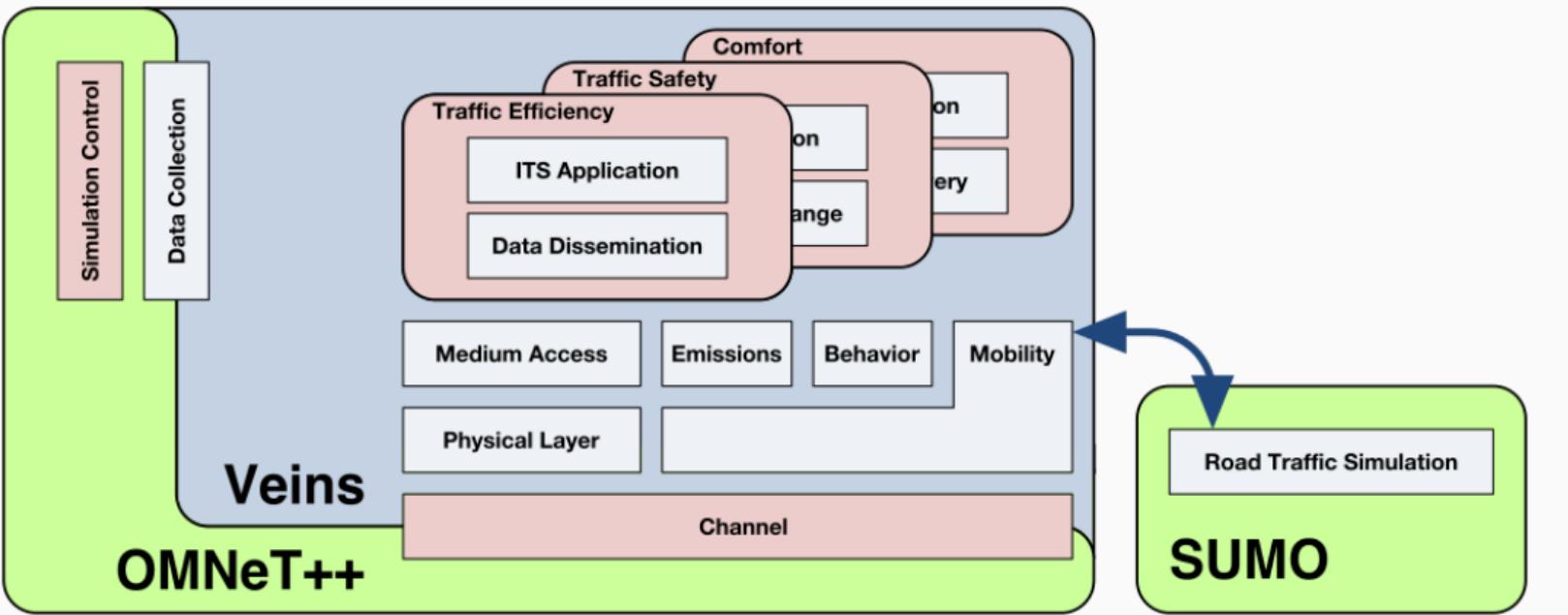


Figura 3: Arquitectura de VEINS (Sommer et al [5])

2017-08-14

└ Solución, Diseño e Implementación

└ VEINS

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

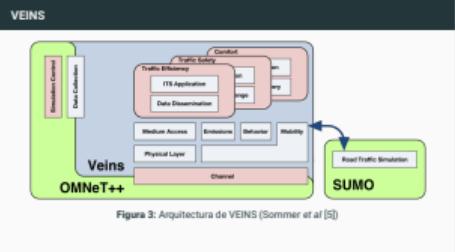
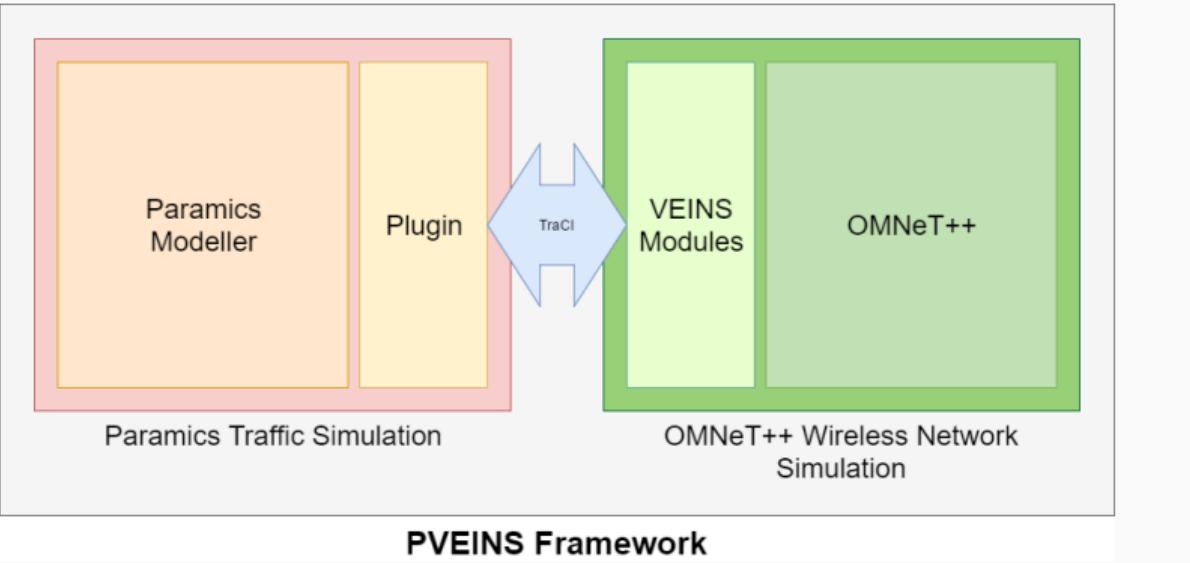


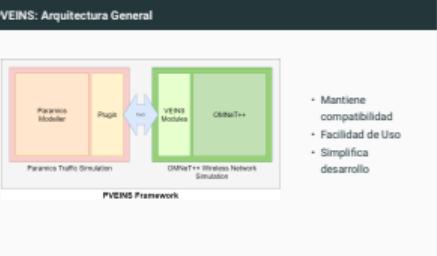
Figura 3: Arquitectura de VEINS (Sommer et al [5])

PVEINS: Arquitectura General

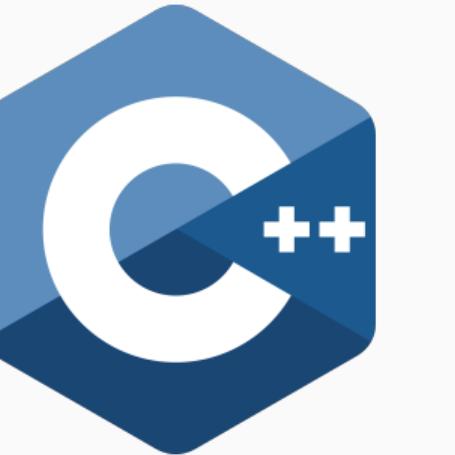


- Mantiene compatibilidad
- Facilidad de Uso
- Simplifica desarrollo

2017-08-14
└ Solución, Diseño e Implementación
 └ PVEINS: Arquitectura General



Implementación



2017-08-14

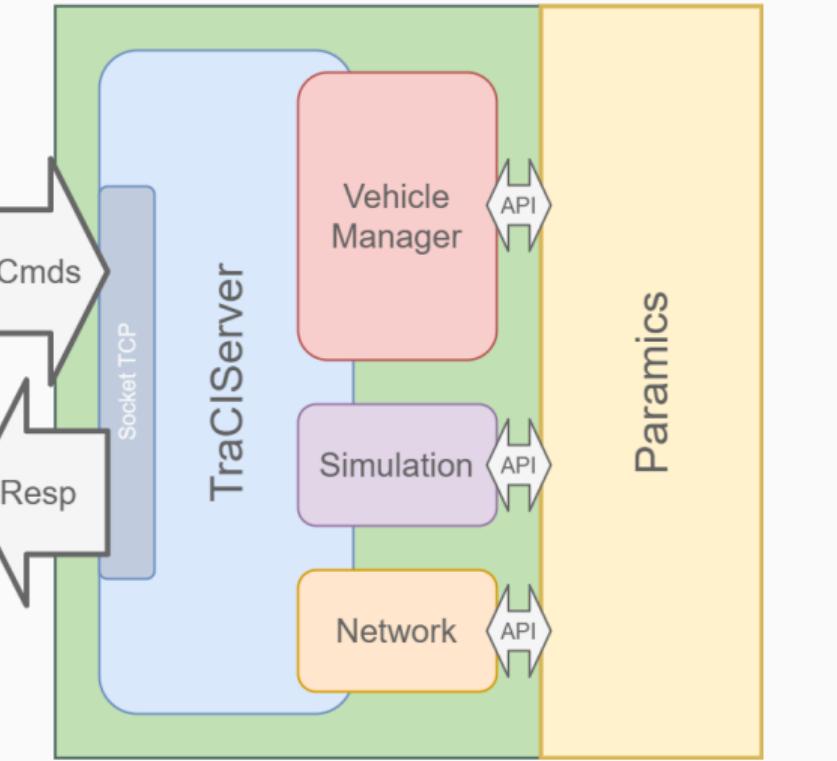
└ Solución, Diseño e Implementación
 └ Implementación



Visual
Studio

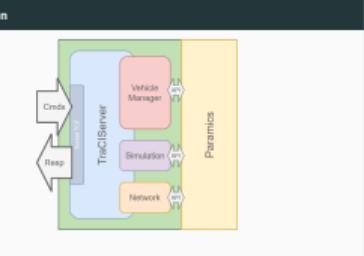
Implementación

Implementación



2017-08-14

- └ Solución, Diseño e Implementación
 - └ Implementación



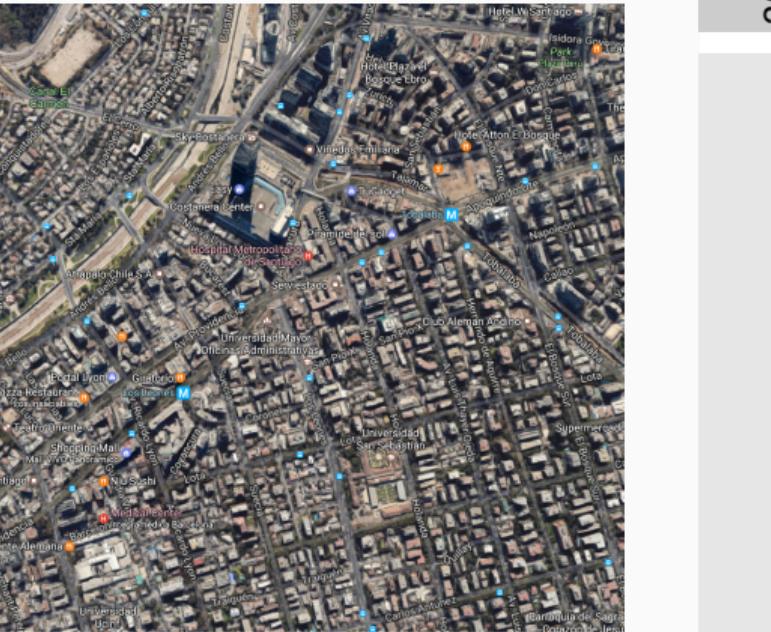
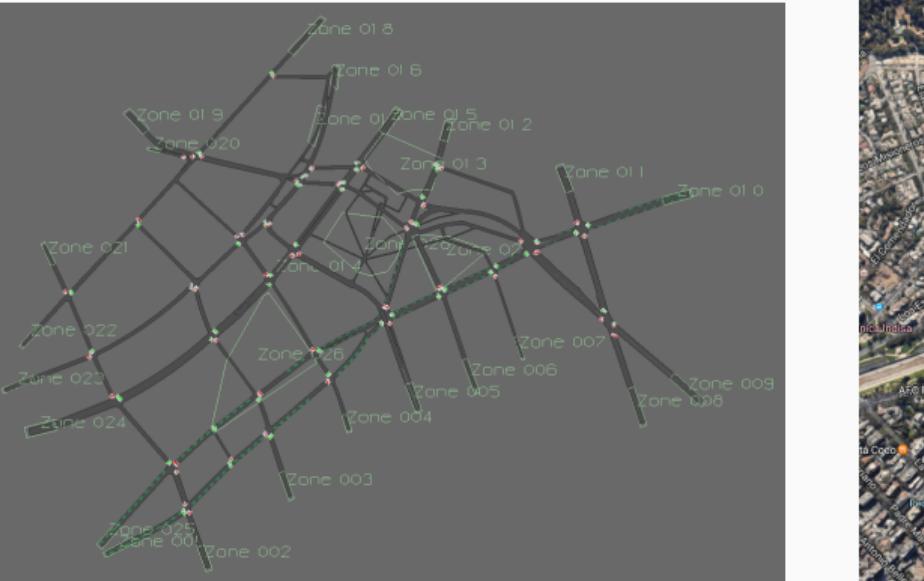
Validación y Resultados

Validación y Resultados

2017-08-14

Validación y Resultados

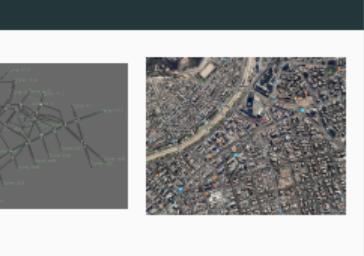
El Escenario



-Val

Introducción y Resultados

El Escenario



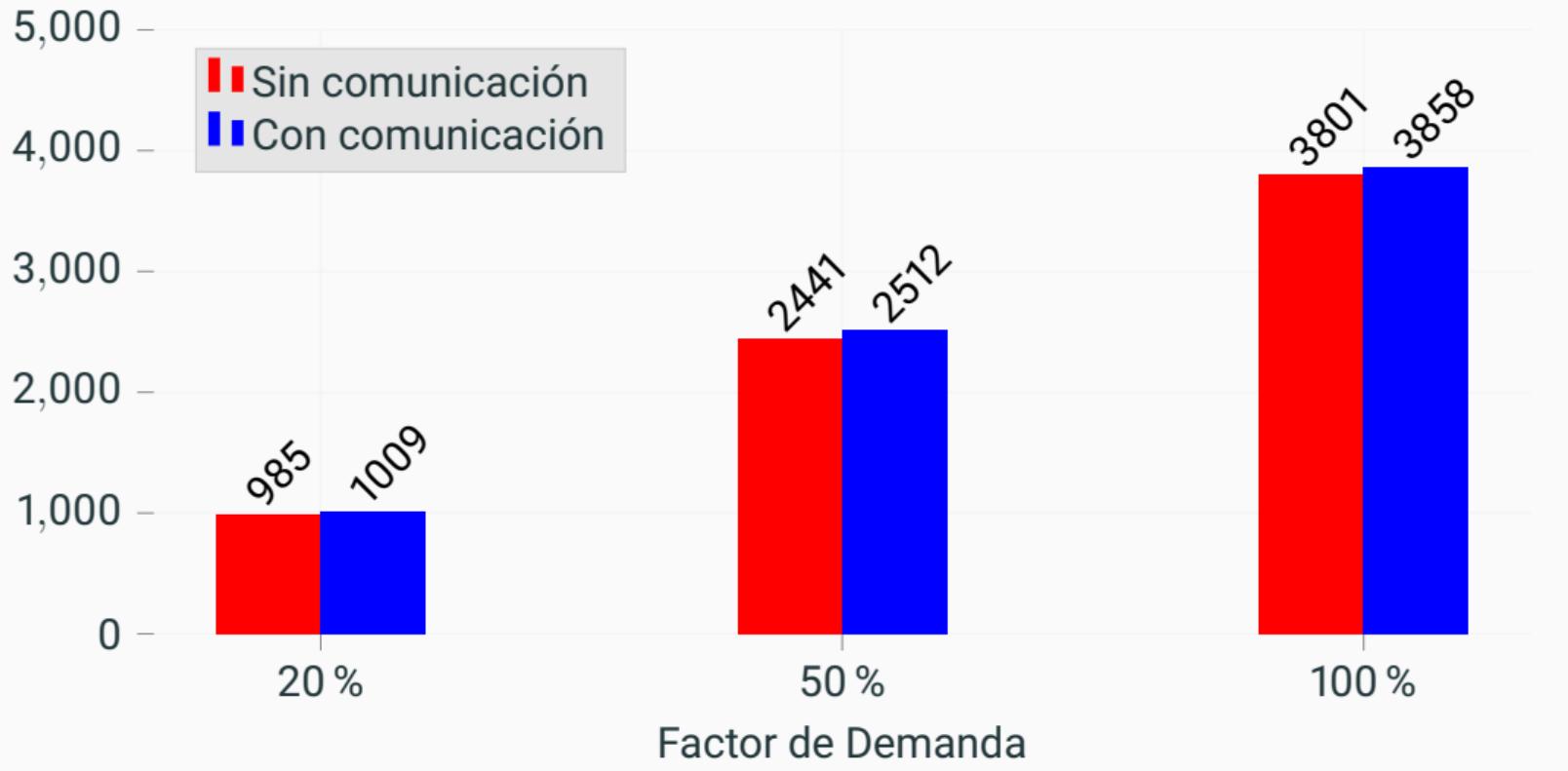
Demo

└ Validación y Resultados

2017-08-14

Demo

Resultados: Nro. Vehículos que alcanzaron destino



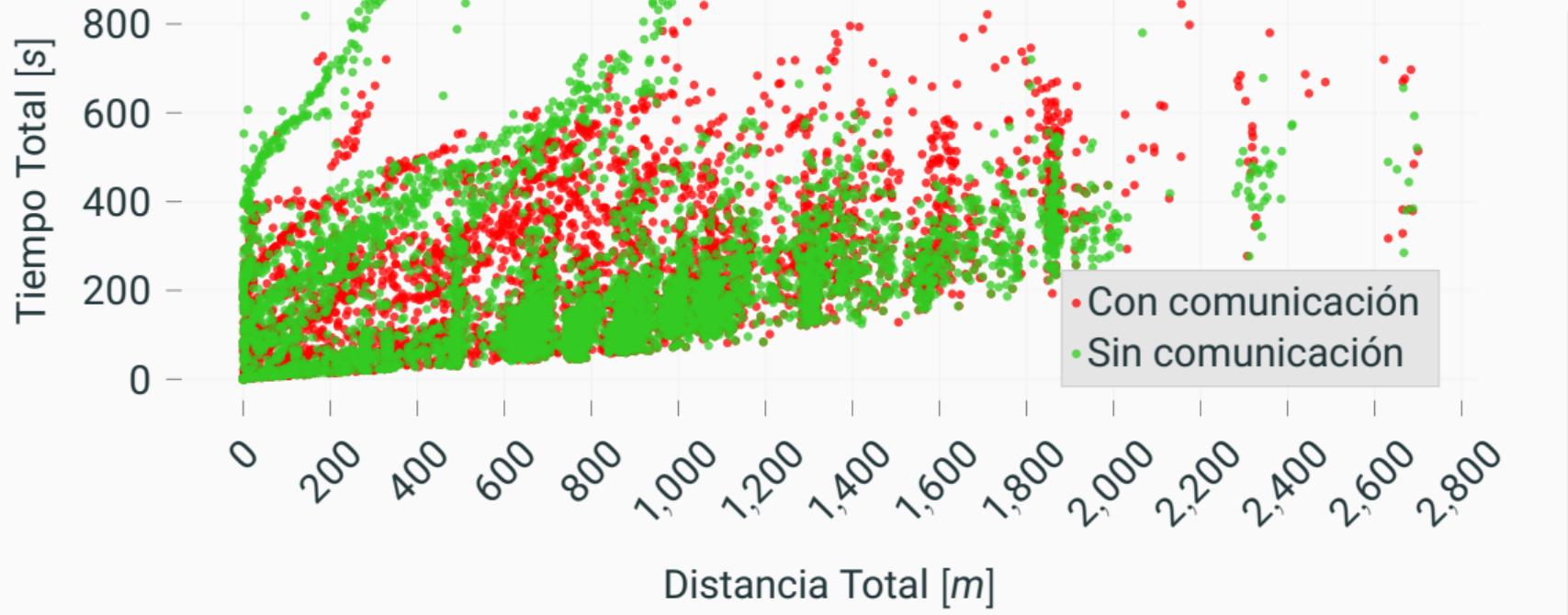
2017-08-14

Validación y Resultados

Resultados: Nro. Vehículos que alcanzaron destino



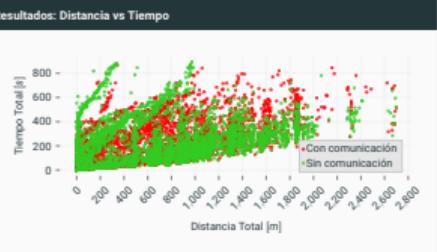
Resultados: Distancia vs Tiempo



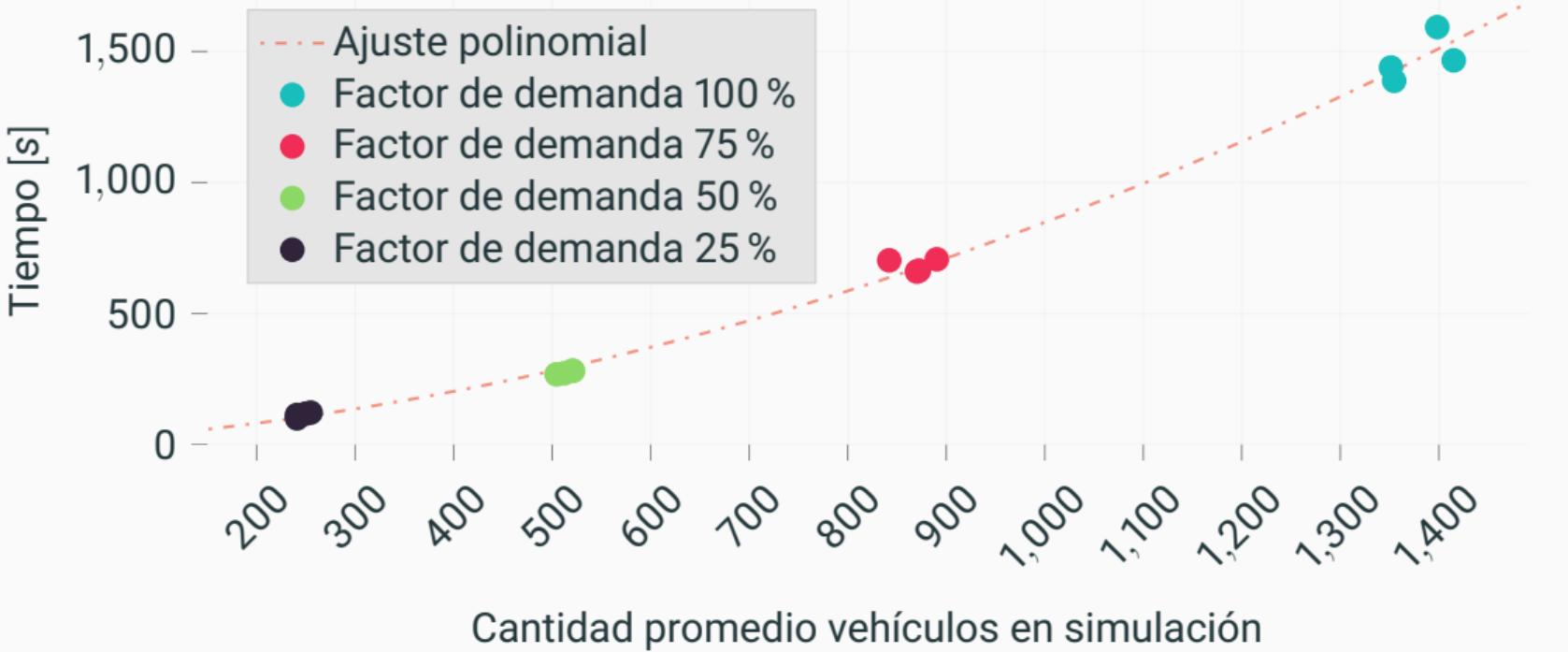
2017-08-14

Validación y Resultados

Resultados: Distancia vs Tiempo



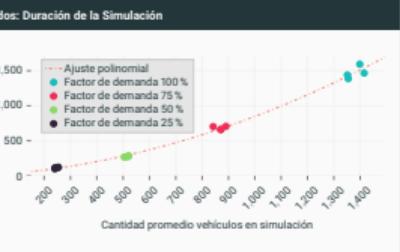
Resultados: Duración de la Simulación



2017-08-14

Validación y Resultados

Resultados: Duración de la Simulación



Conclusiones

└ Conclusiones

2017-08-14

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. ✓

Conclusions

Cumplimiento de Objetivos

2017-08-14

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. ✓

2017-08-14

Conclusions

Cumplimiento de Objetivos

| 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. ✓

2017-08-14

Conclusiones

Cumplimiento de Objetivos

| 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. ✓

Conclusiones

Cumplimiento de Objetivos

2017-08-14

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. ✓

Conclusiones

Cumplimiento de Objetivos

2017-08-14

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. ✓

Conclusiones

Cumplimiento de Objetivos

2017-08-14

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!

└ Conclusiones

2017-08-14

Gracias!

Integrantes

Profesora Guía:

Sandra Céspedes, DIE

Comisión:

Javier Bustos, DCC

Nancy Hitschfeld, DCC

Mención Adicional:

Cristián Cortés, DIC



└ Conclusiones

└ Integrantes

2017-08-14

Presentar miembros comisión.

Integrantes



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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1109/VETECS.2010.5494212).

Conclusiones

Referencias

2017-08-14

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](https://doi.org/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](https://doi.org/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.

2017-08-14

Conclusiones

Referencias

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.

 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.

- 2017-08-14
- └ Conclusiones
 - └ Referencias

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.
-  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.



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>.

2017-08-14

Conclusions

Referencias

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

¹Directive 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]

Conclusions

2017-08-14

*"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

¹Directive 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 4: Simuladores de transporte utilizados en el área de transportes
(Mubasher et al. [7])

2017-08-14

Conclusiones

Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte

| 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 4: Simuladores de transporte utilizados en el área de transportes
(Mubasher et al. [7])

Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte

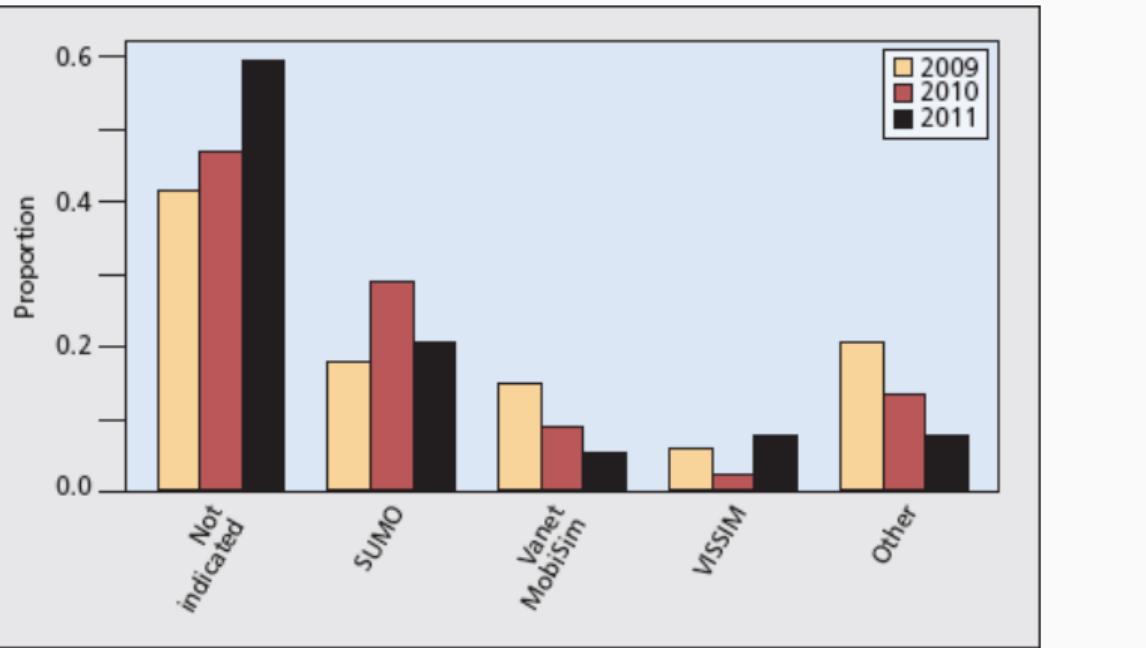
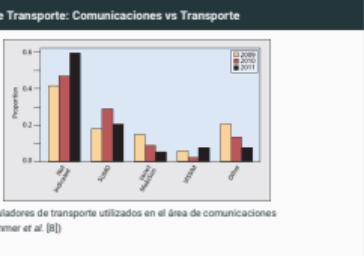


Figura 5: Simuladores de transporte utilizados en el área de comunicaciones
(Sommer et al. [8])

2017-08-14

Conclusions

Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte



Simuladores de Transporte: Comunicaciones vs Transporte

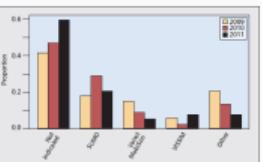
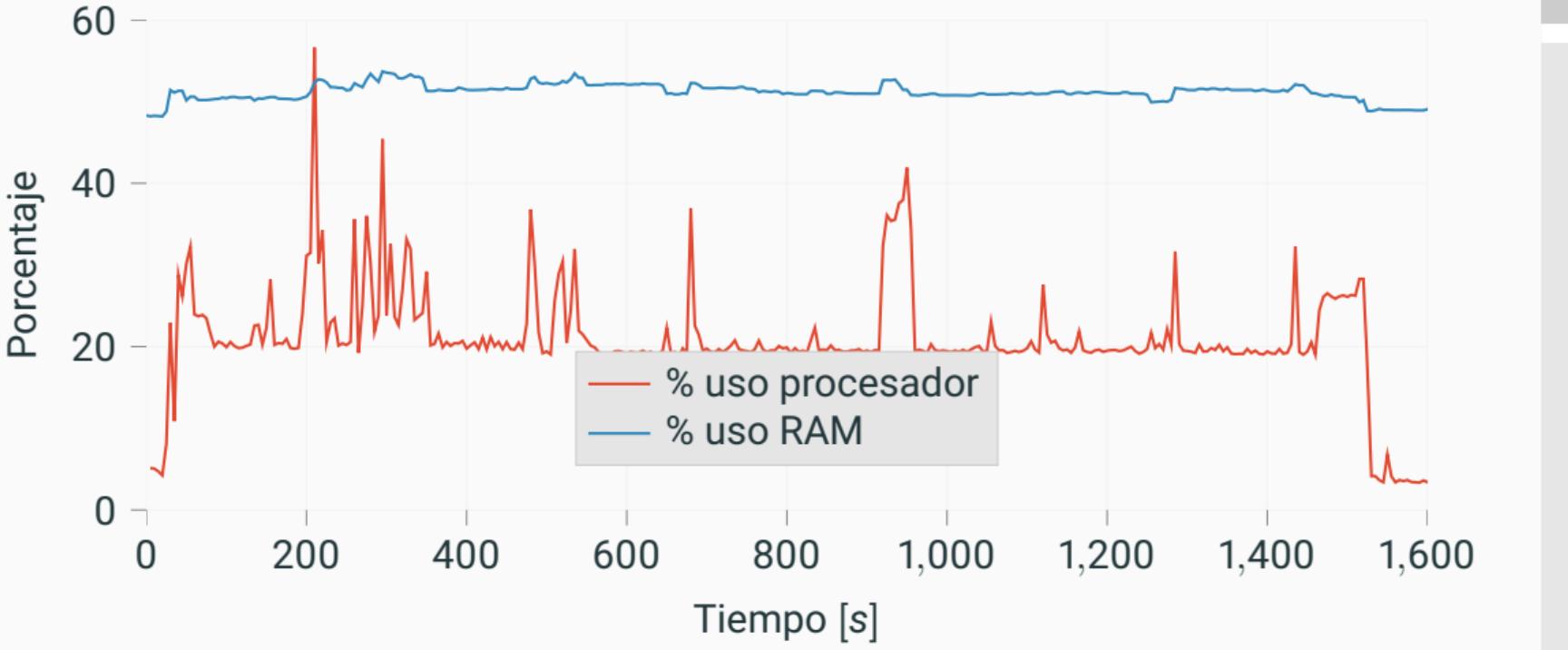


Figura 5: Simuladores de transporte utilizados en el área de comunicaciones
(Sommer et al. [8])

Resultados: Carga sobre el Sistema



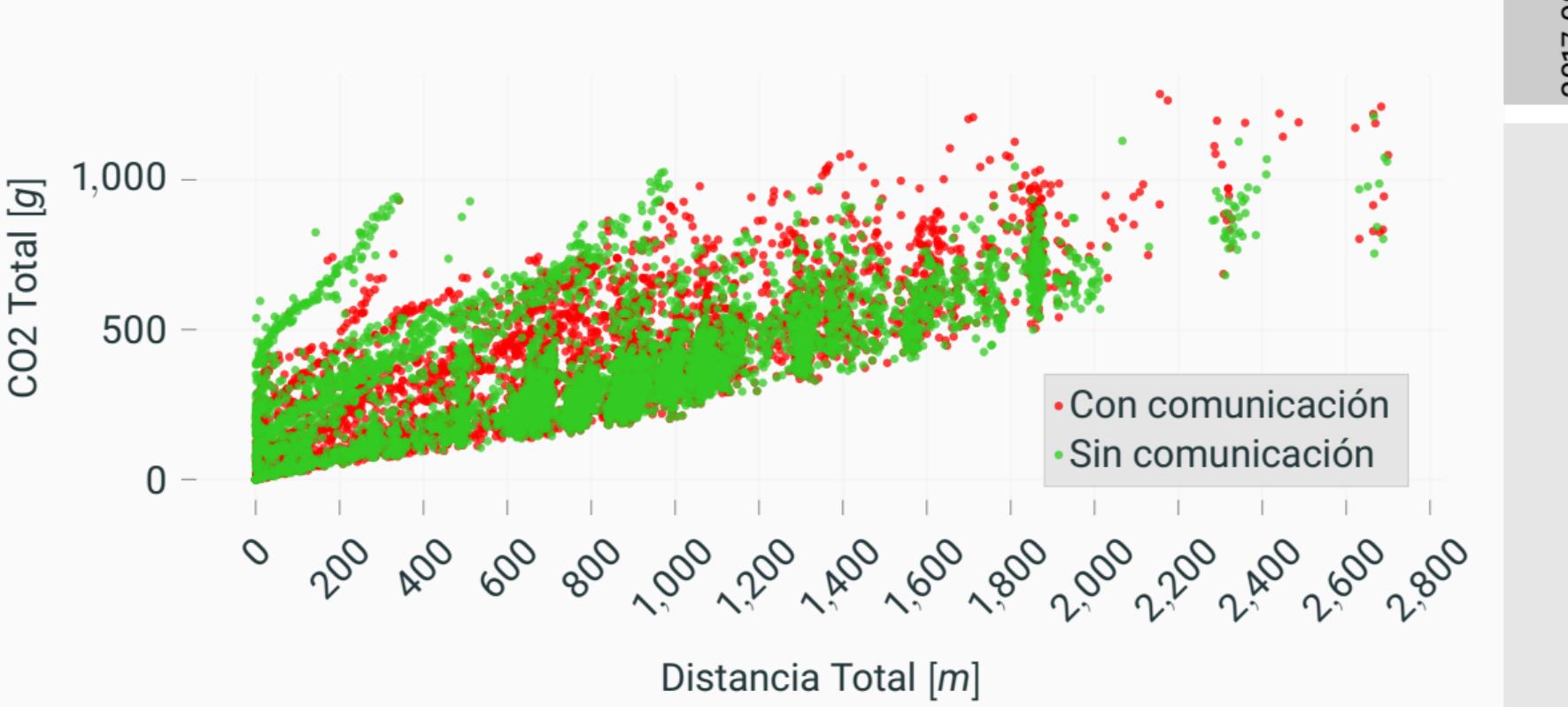
2017-08-14

Conclusiones

Resultados: Carga sobre el Sistema



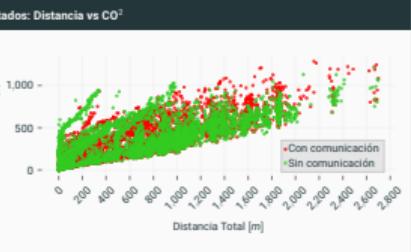
Resultados: Distancia vs CO²



2017-08-14

Conclusiones

Resultados: Distancia vs CO²



Idea: Reemplazar
SUMO...

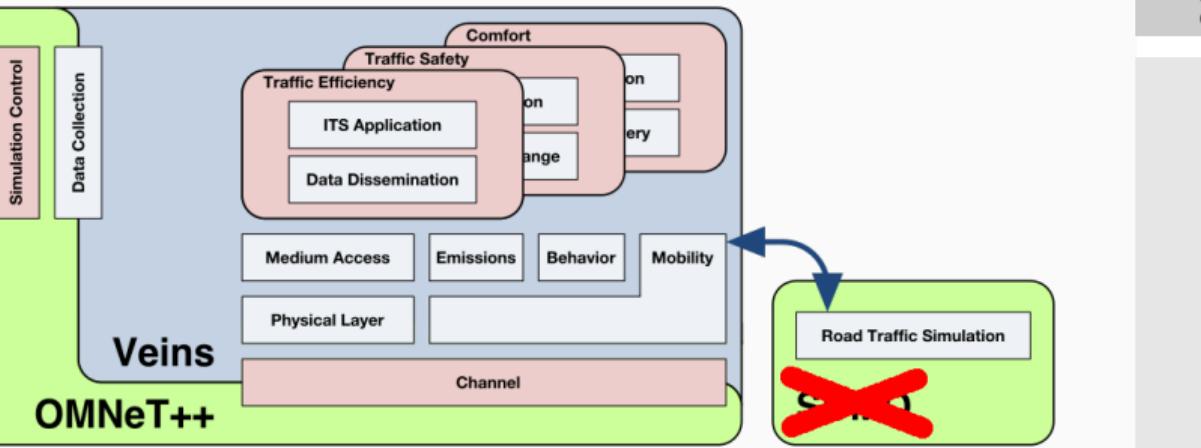


Figura 6: Arquitectura de VEINS
Fuente Sommer et al. [5]

2017-08-14

Conclusions

VEINS

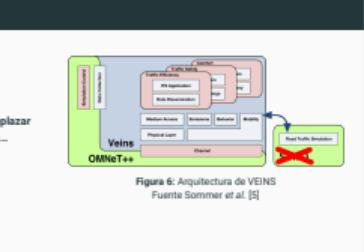


Figura 6: Arquitectura de VEINS
Fuente Sommer et al. [5]

... con Paramics!

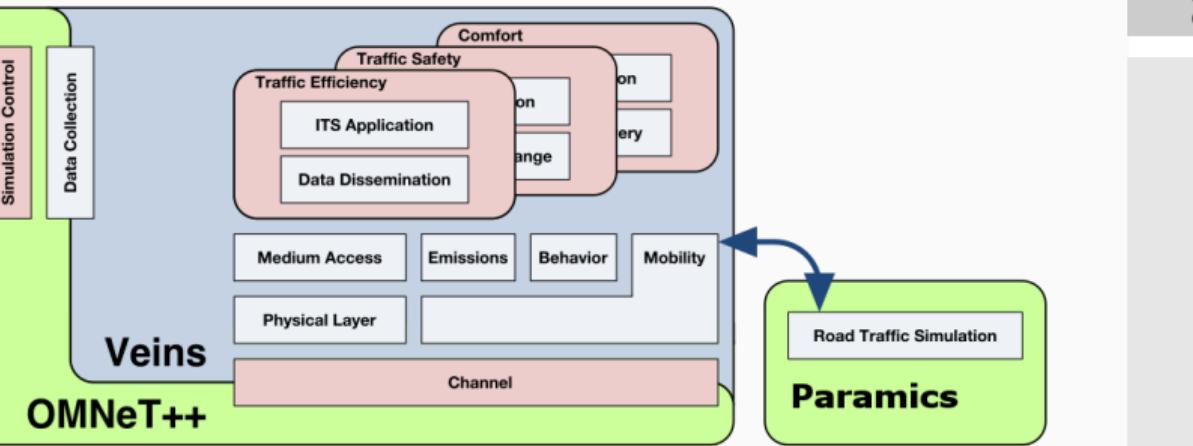


Figura 7: Arquitectura de VEINS
Fuente Sommer et al. [5]

2017-08-14

Conclusions

VEINS

