

Computación distribuida e inteligencia computacional aplicadas a ciudades inteligentes

Sergio Nesmachnow,

Renzo Massobrio, Sebastián Baña

Universidad de la República, Uruguay



**UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY**

AGENDA

- 
- Ciudades inteligentes
 - Problemas de interés
 - Visión general
 - Ejemplos
 - Herramientas y modelos
 - Computación distribuida
 - Computación cloud
 - Inteligencia computacional
 - Casos de estudio



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

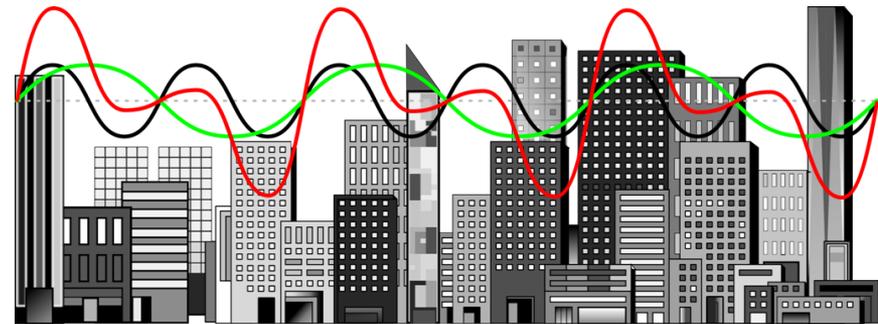
Ciudades inteligentes (smart cities)





SMART CITIES

- Una visión holística: **la ciudad como sistema complejo.**
- Uso de información y técnicas computacionales para mejorar la calidad de vida, la resiliencia y la sostenibilidad.
- Áreas específicas:
 - Movilidad y transporte
 - Energía y sustentabilidad
 - Seguridad
 - Urbanismo
 - (y muchas otras)





UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Problemas de interés



● VISIÓN GENERAL

- Utilización de técnicas de análisis de grandes volúmenes de datos para la resolución de problemas complejos en contextos urbanos:
 - Optimización del transporte público
 - Eficiencia energética
 - Participación ciudadana y acceso igualitario a servicios
 - Creación de nuevas herramientas para la toma de decisiones

OPTIMIZACIÓN del TRANSPORTE PÚBLICO

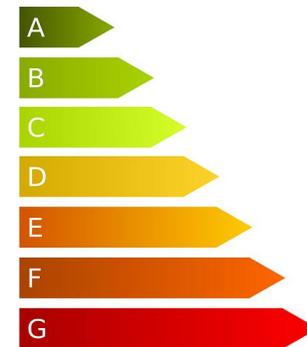
- Autobuses
 - Aprovechar datos disponibles para mejorar la movilidad de los ciudadanos y ayudar a las autoridades en la toma de decisiones.
- Análisis de patrones espacio temporales en viajes de taxis:
 - Utilización de los datos de ocupación y posición de los servicios de taxi
 - Creación de modelos predictivos y optimización del despacho

EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Optimización energética en hogares
 - Análisis de datos y patrones de comportamiento y consumo
 - Predicción de demanda y definición de agendas de acciones (a nivel de casa, edificio y barrio)

www.fing.edu.uy/inco/
[/grupos/cecal/hpc/EFEHO](http://grupos/cecal/hpc/EFEHO)

Cloud computing for smart
city energy management



PARTICIPACIÓN CIUDADANA y ACCESO a SERVICIOS

- Estudio de los registros de servicios públicos (911, 0800)
 - Derivación de patrones espacio temporales y clasificación
 - Predicción y contextualización de las demandas: identificación de clusters de demandas particulares en zonas específicas

NUEVAS HERRAMIENTAS para TOMA de DECISIONES

- Mejora de la accesibilidad a los bancos de datos urbanos
 - Extracción, organización, corrección y publicación
 - Desarrollo de herramientas de visualización y exploración **abiertas** a los ciudadanos





UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Herramientas y modelos computacionales

COMPUTACIÓN DISTRIBUIDA y COMPUTACIÓN CLOUD

Computación distribuida

- utiliza múltiples elementos de cómputo conectados a través de una red, para resolver problemas complejos.

Computación cloud

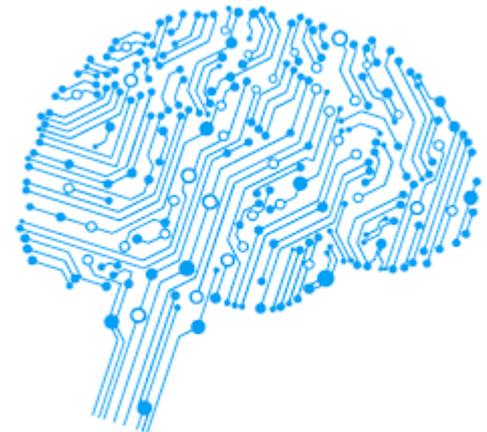
- utiliza recursos computacionales **distribuidos geográficamente** y comunicaciones basadas en Internet para **proveer servicios**





● INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

- Métodos que aplican aprendizaje, evolución, adaptación y lógica difusa para modelar y estudiar el comportamiento de sistemas complejos y dinámicos.
- **Aprendizaje Automático**
 - Técnicas de clasificación, regresión, clustering y filtrado para problemas de reconocimiento, predicción y optimización.
- **Métodos robustos y efectivos**
 - Redes neuronales, computación evolutiva, swarm intelligence, sistemas difusos, autómatas celulares y otros.



● PARADIGMAS y HERRAMIENTAS

- **MapReduce**: modelo de programación para el procesamiento de grandes volúmenes de datos utilizando algoritmos paralelos/distribuidos
- **Streaming analytics**: procesamiento y análisis de flujos de datos en tiempo real
- **Lenguajes y frameworks**:
 - Scala y Python
 - Apache Hadoop y Apache Spark
 - GraphX, MLib
 - Spark Streaming





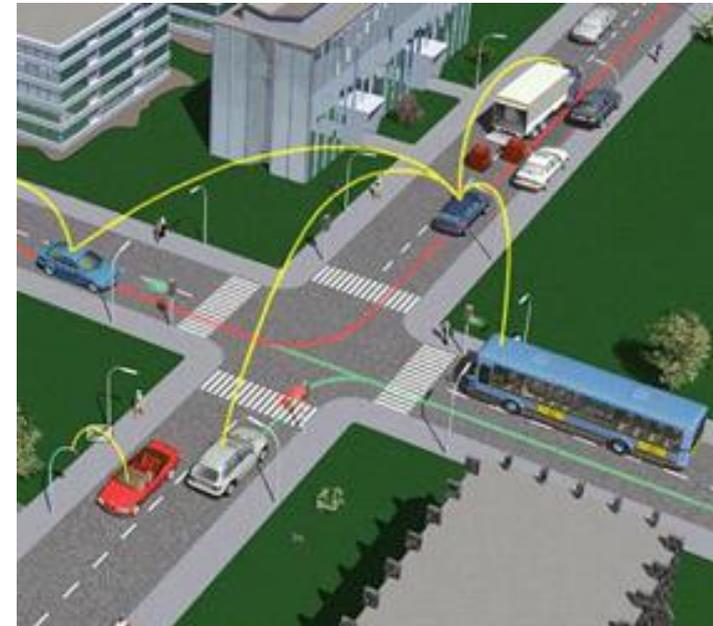
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

COMPUTACIÓN DISTRIBUIDA, INTELIGENCIA COMPUTACIONAL y CIUDADES INTELIGENTES



● CLOUD ITS: motivación

- Los sistemas de transporte público juegan un rol muy importante en las ciudades modernas.
- Se necesita **información actualizada** sobre la movilidad de los ciudadanos.
- Los **sistemas de transporte inteligente** (Intelligent Transportation Systems, ITS) permiten recolectar grandes volúmenes de información de movilidad.



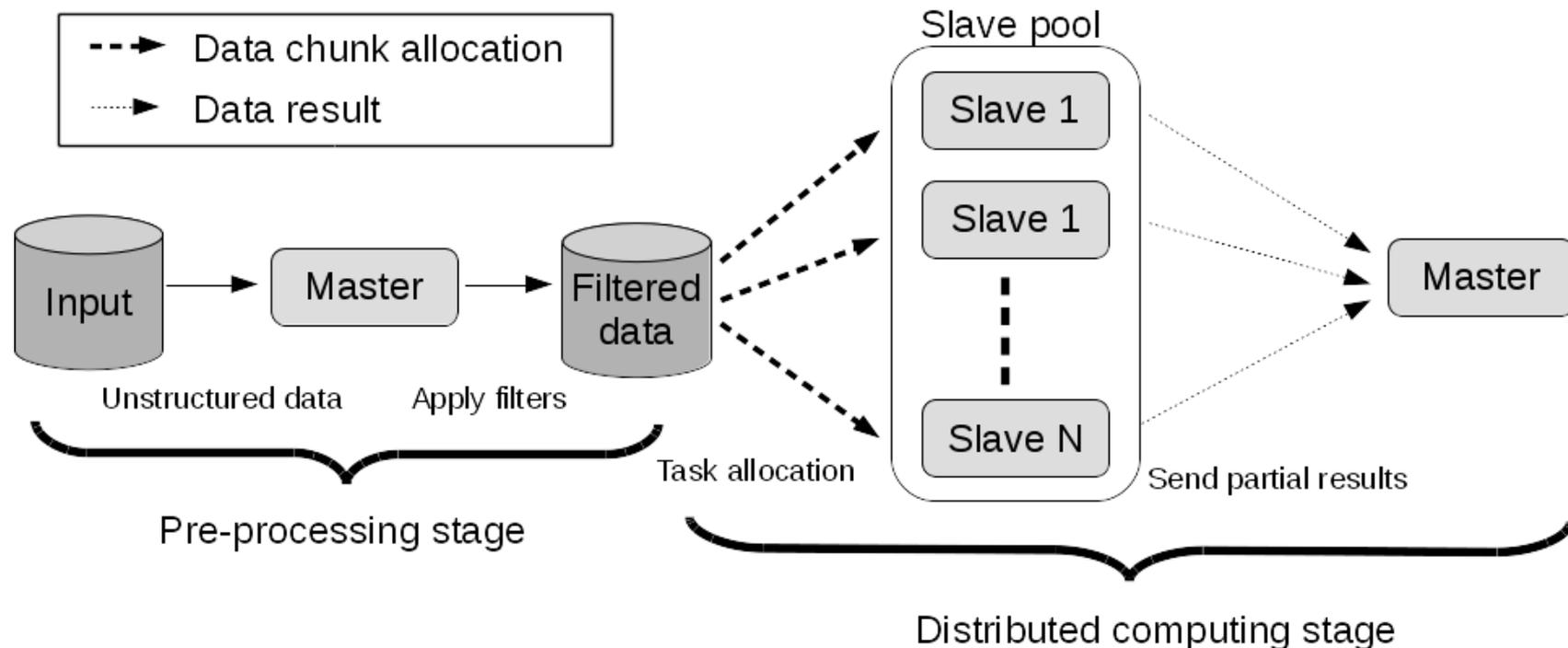
CLOUD ITS: objetivo y contribuciones

- Entorno de trabajo para procesar grandes volúmenes de datos de ITS utilizando computación cloud.
- Dos casos de estudio (Montevideo):
 - Análisis de **calidad de servicio del transporte público** usando datos históricos de ubicación.
 - Estimación de movilidad de los ciudadanos utilizando datos históricos de venta de boletos.



MODELO PROPUESTO: arquitectura

- Dos etapas
 - Preprocesamiento: preparar datos de entrada
 - Procesamiento paralelo/distribuido



● IMPLEMENTACIÓN

- El sistema propuesto para procesar datos de ITS con computación paralela/distribuida se implementa aplicando **MapReduce** y utilizando **Hadoop/Spark**.
- No se necesitan comunicaciones entre esclavos y las comunicaciones maestro-esclavos se limitan a la distribución de datos y la recolección de resultados.



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



CASO DE ESTUDIO 1

MÉTRICAS de QoS del TRANSPORTE PÚBLICO

Calcular métricas de QoS usando datos de dispositivos GPS en autobuses.

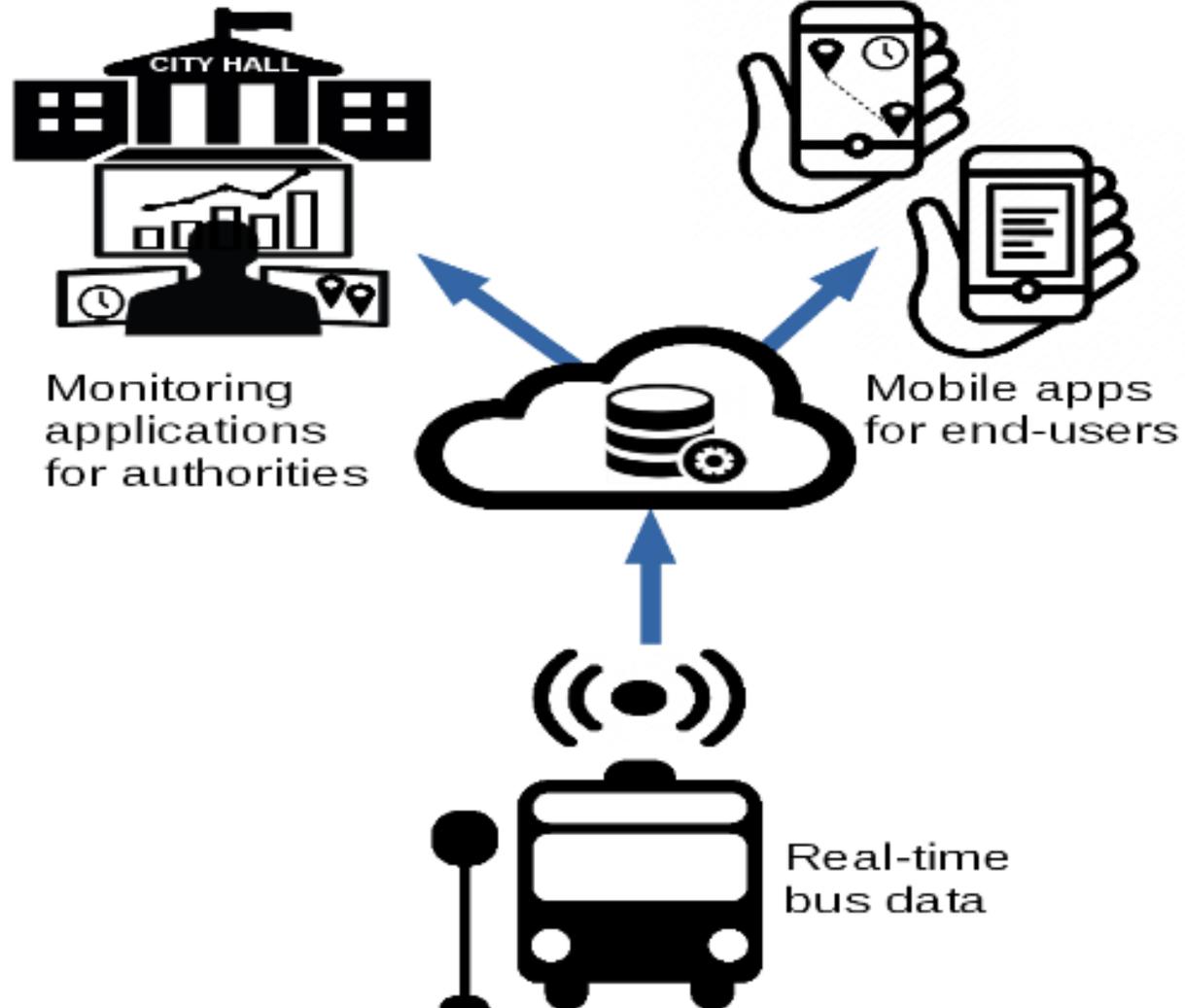
Métricas:

- Tiempo real de viaje por línea.
- Estadísticas históricas sobre demoras por línea (detectar cuellos de botella).

Público objetivo:

- **Pasajeros:** información histórica y en tiempo real para ayudar en decisiones de movilidad.
- **Autoridades:** estadísticas para planeamiento urbano.

MÉTRICAS de QoS del TRANSPORTE PÚBLICO



● RESULTADOS

- Instancia del problema:
 - Datos completos de venta de boletos y GPS de buses para julio de 2015 en Montevideo, Uruguay (>200 GB).
- Datos GPS: ubicación de cada bus de la ciudad, muestras cada 10-30s.
- Speedup de **22.16** usando 24 cores (eficiencia computacional = 0.92).
Se reduce el tiempo de procesamiento de **más de 6 horas a 14 minutos.**



RESULTADOS

promedio : 17 min
programado : 10 min
diferencia : +7 min

promedio : 8 min
programado : 19 min
diferencia : -11 min

promedio : 8 min
programado : 6 min
diferencia : +2 min

promedio : 9 min
programado : 13 min
diferencia : -4 min

promedio : 4 min
programado : 8 min
diferencia : -4 min

promedio : 10 min
programado : 6 min
diferencia : +4 min



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



CASO DE ESTUDIO 2

ESTIMACIÓN de MATRICES ORIGEN-DESTINO (OD)

Estimación de matrices OD usando datos de GPS de buses y venta de boletos con (y sin) tarjetas inteligentes.

Idea principal:

- Las tarjetas son validadas al abordar **pero no al descender.**
- El origen es conocido pero **el destino debe ser estimado.**

Consideraciones:

- Los nuevos viajes comienzan en una parada cercana al destino de viajes anteriores.
- El último viaje del día termina cerca del primer origen de ese día.

ESTRATEGIA para ESTIMAR DESTINOS

Trasbordos

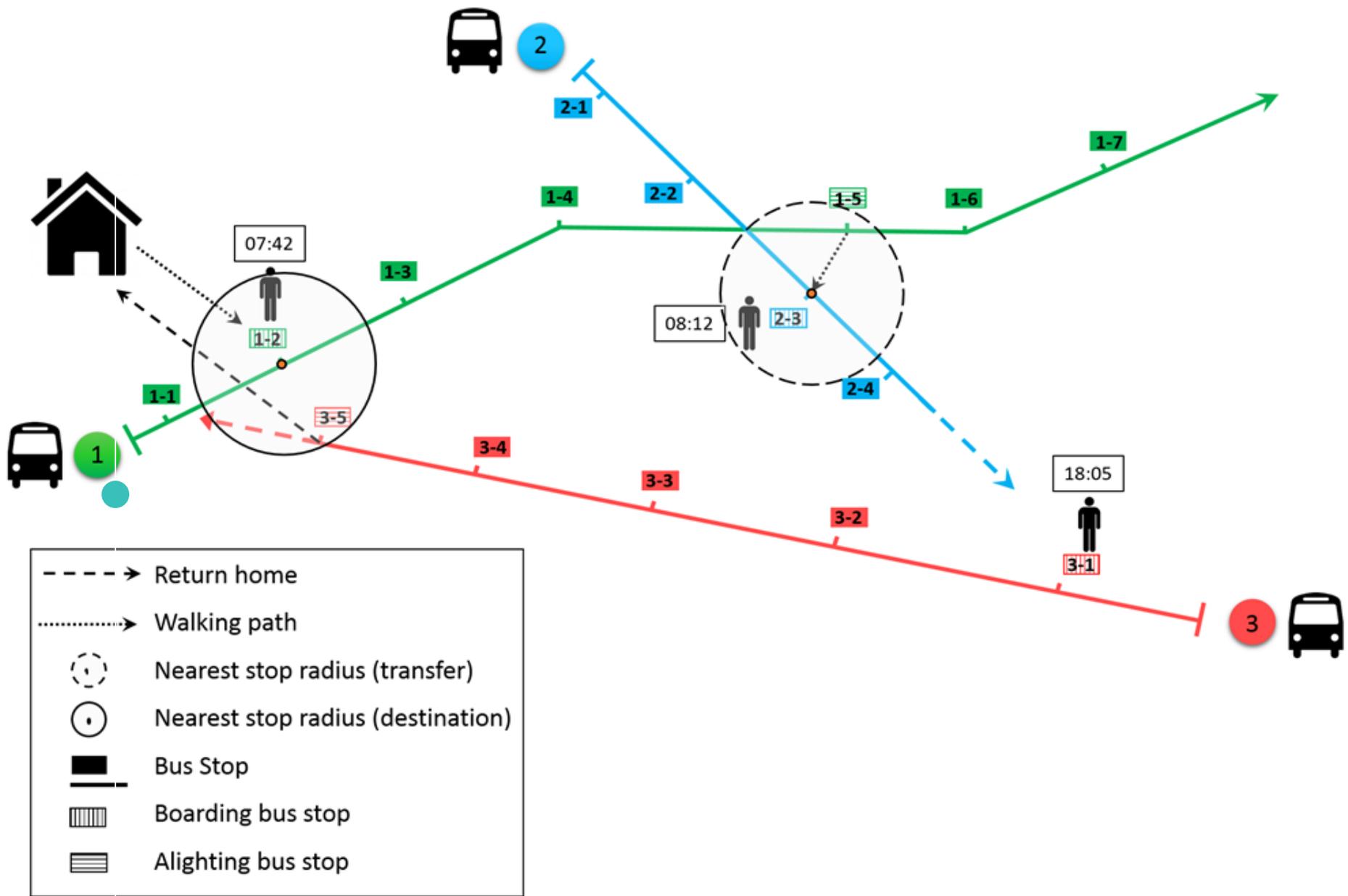
Asumiendo que los pasajeros evitan caminar en exceso, el destino del primer tramo es la parada más cercana al origen del segundo tramo del trasbordo.

Viajes directos

Para cada viaje en el día, se estima el destino buscando una parada ubicada a un rango predefinido de la parada de origen de los viajes siguientes en el día (“encadenar” viajes).

Información histórica

Aprendizaje computacional y reconocimiento de patrones de movilidad (casa, trabajo, etc.)



Estimación de matrices OD para trasbordos y viajes directos

Computación distribuida e inteligencia computacional aplicadas a ciudades inteligentes

INSTANCIA del PROBLEMA

- Datos completos de ventas de boletos y posiciones GPS de buses en un mes típico de 2015 en Montevideo
 - > 500.000 tarjetas (> 1.500.000 en 2016)
 - > 15 millones de viajes (300 millones/año)



RESULTADOS

		viajes directos		viajes de trasbordo	
#cores	#BoT	tiempo (m)	speedup	tiempo (m)	speedup
1	1	25972.0	-	30240.6	-
16	5000	2092.1±3.4	12.40	2648.9±3.2	11.43
16	10000	2372.4±1.8	10.92	3068.8±3.5	9.87
24	5000	1582.7±2.4	16.41	2371.1±2.5	12.76
24	10000	1858.2±2.1	13.96	2617.9±3.3	11.56

- Análisis de diferentes **bolsas de tareas** (BoT)
- Speedup de **16.41** (eficiencia computacional 0.7)
- 18 días → 26 horas (en 24 unidades de cómputo).

CONCLUSIONES

- Propuesta e implementación de un modelo para procesar grandes volúmenes de datos de ITS aplicando computación distribuida en cloud (MapReduce/Hadoop/Spark/python).
- Casos de estudio y validación con datos reales de ITS en Montevideo, Uruguay:
 - Cálculo de métricas de QoS para transporte público, utilizando datos GPS de buses.
 - Estimación de matrices de OD con datos de venta de boletos con tarjetas inteligentes.

● TRABAJO ACTUAL y FUTURO

- Incorporar más datos de ITS (centro de movilidad) y de otras fuentes.
- Desarrollar aplicaciones para presentar la información a los ciudadanos y a las autoridades.
- Usar la información calculada para resolver problemas de optimización relevantes: diseño de rutas de buses, ubicación de paradas, planificación de horarios, etc.

PROBLEMAS de INTERÉS



- Optimización del transporte público
- Eficiencia energética
- Participación ciudadana y acceso igualitario a servicios
- Creación de nuevas herramientas para la toma de decisiones



OTRAS LÍNEAS de INVESTIGACIÓN

- Posicionamiento de infraestructura para redes vehiculares
- Planificación de vuelo de flotillas de drones para vigilancia
- Detección de patrones de movimiento de personas (videovigilancia)
- Sincronización de semáforos
- Análisis y optimización de tráfico y polución
- Detección de patrones de conducción no prudente
- Optimización de viajes compartidos en taxis
- Diseño óptimo de ciclovías

COLABORACIONES



Universidad de Cádiz



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas



UBA
Universidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD de INGENIERÍA
UNIVERSIDAD de la REPÚBLICA, URUGUAY