

Diseño Estratégico de Transporte Público usando Vehículos Autónomos y otras nuevas Tecnologías

Andrés Fielbaum

Universidad de Chile, Universidad de O'Higgins

07/10/2019

CCIT19
SANTIAGO

- 1 Introducción: nuevas tecnologías en transporte
- 2 El modelo general
- 3 El modelo alimentador
- 4 El sistema troncal
- 5 Conclusiones

Introducción: nuevas tecnologías en transporte

Vehículos Autónomos

- Los vehículos autónomos (VA) podrían cambiar de manera radical las formas de movilidad en las ciudades.



- La partición modal puede verse particularmente afectada. Mejorar el transporte público es necesario para que no pierda demanda y baje su calidad para quienes se mantengan utilizándolo.
- Cómo adaptar el diseño de transporte público para aprovechar las nuevas tecnologías?

El potencial

Hay al menos dos direcciones potenciales para mejorar:

- La coordinación a gran escala y simultánea entre pasajeros y vehículos puede habilitar el uso de sistemas masivos *on demand* en lugar de con líneas tradicionales.
- El impacto de los VA en las funciones de costos puede mejorar la operación del sistema (frecuencias, rutas, etc).

Los estudios sobre VA y transporte público son aún incipientes.

El modelo general

El modelo de transporte público

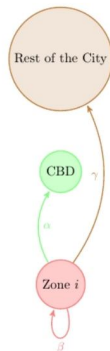
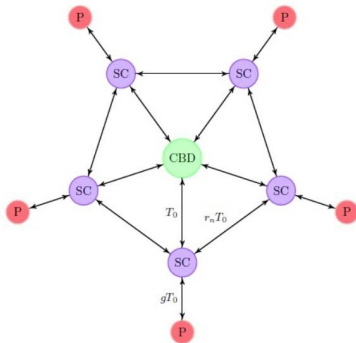
Asumimos un modelo de transporte público optimizado, que minimiza el Valor de los Recursos Consumidos (VRC):

$$VRC = C_O + C_U = \sum_{v \text{ vehicle}} (c_0 + c_1 K_v) + (p_{tr} t_{tr} + p_a t_a + p_w t_w + p_T T)$$

- Todo se puede expresar en función de los tamaños de flota (y tiempos de acceso para el modelo alimentador).
- La capacidad K de cada vehículo se asuma continua.
- $p_{tr}, p_a, p_w, p_T, c_0, c_1$ son parámetros exógenos. c_0 decrece desde aprox US\$10 a US\$4 con VA.

Nos interesa la pregunta por el diseño **estratégico** (no detallado).

El modelo urbano



Orígenes=Periferias y subcentros; Destinos=Subcentros y CBD.

Cada viaje consiste en dos pasos independientes: i) *alimentadores* al interior de cada nodo, que trasladan cada pasajero al centro del nodo, y ii) *troncales* que conectan los nodos entre sí.

El modelo alimentador

Supuestos generales

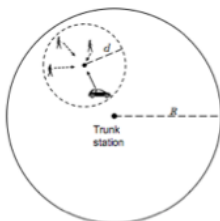
- Es un sistema *on-demand*. Los pasajeros solicitan un viaje, y son asignados junto a otros pasajeros si pueden reunirse caminando menos que d .
- No hay desvíos para ir a recoger pasajeros.
- Los orígenes se distribuyen de manera homogénea en cada nodo.
- Estas simetrías permiten operar con una regla simple para los vehículos: después de dejar a los pasajeros en el centro del nodo, retornan al mismo punto.

Descripción gráfica



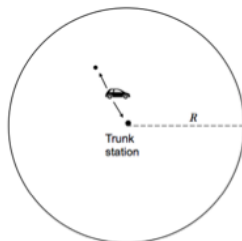
Step 1

Different people that live nearby request a trip at similar times.



Step 2

Passengers gather together walking no more than " d ", and a vehicle travels to pick them up.



The vehicle comes and goes from the center to the same point to pick up passengers

Resultados analíticos

Al optimizar se obtiene la flota B , la distancia máxima a caminar d y la capacidad de los vehículos K , en función de los pasajeros por hora y :

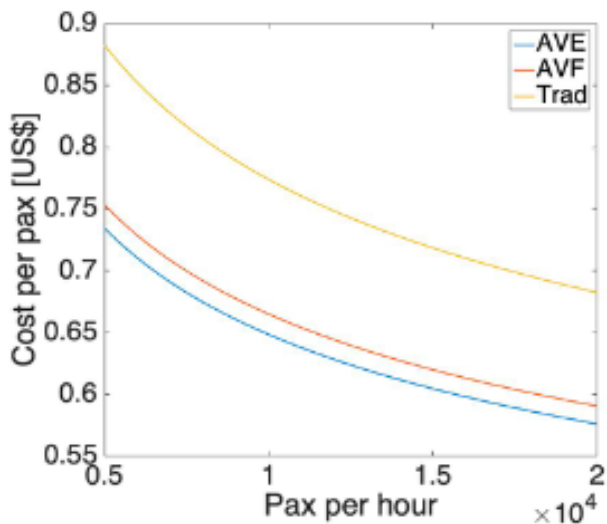
$$B^* = C_1 \frac{p_a^{\frac{1}{2}} p_w^{\frac{1}{4}}}{c_0^{\frac{3}{4}}} y^{\frac{3}{4}}, \quad d^* = C_2 \frac{p_w^{\frac{1}{4}}}{p_a^{\frac{1}{2}}} y^{-\frac{1}{4}}$$

$$K^* = C_3 \frac{1}{p_a^{\frac{1}{2}} p_w^{\frac{1}{4}}} y^{\frac{1}{4}}$$

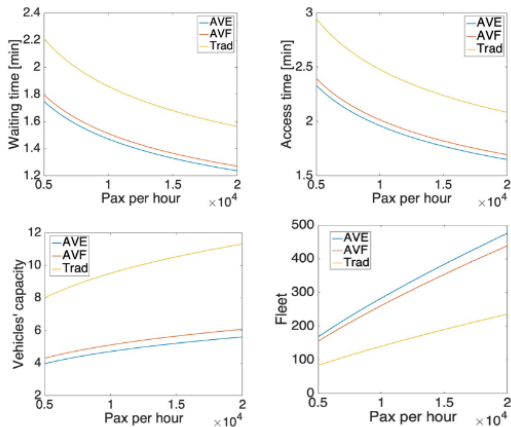
Hay economías de escala:

- Para los operadores por c_0 (la flota crece menos que lineal).
- Para los usuarios por el tiempo de acceso (d decrece) y espera (que es proporcional a K/y , que decrece).

Resultados: costos



Resultados: Características operacionales

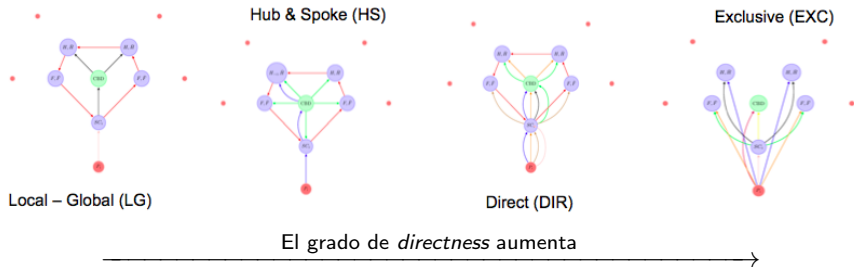


Observación: estos resultados son mucho peores (no realistas) si los destinos también se reparten homogéneamente.

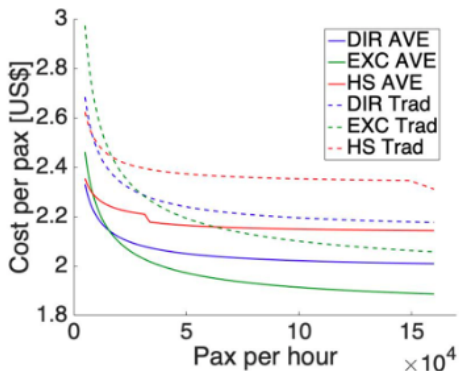
El sistema troncal

Estructuras de líneas

El trabajar sobre una red introduce una nueva variable de diseño: la **estructura de líneas**, i.e., cómo se ordenan las rutas en el espacio.



Cada estructura de línea se optimiza de manera independiente y comparamos los costos totales resultantes.



Nota: Las frecuencias aumentan al usar VA.

Nota 2: El impacto en la congestión, usando parámetros tipo Santiago, es marginal.

Conclusiones

- Las nuevas tecnologías tienen un potencial enorme para el transporte público. Los ahorros pueden llegar a ser del orden del 15 % de los costos totales.
- Un sistema on-demand de transporte público masivo es plausible para destinos compartidos (o trasbordos obligatorios), y asumiendo que todos los pasajeros tengan acceso a la tecnología necesaria..
- El uso de VA empuja al sistema a tener líneas más directas, con frecuencias más altas y vehículos más pequeños.
- Estos vehículos más pequeños tienen un impacto en la congestión, pero marginal.

Es ésta la mejor manera de organizar un sistema de transporte público con VA? Probablemente no.

Gracias por su atención. Preguntas?

