

Diseño y Desarrollo de un Controlador de Grupo de Ascensor Inteligente Basado en Sistemas MultiAgente

¹Maestría en Ingeniería de Sistemas
Pontificia Universidad Javeriana

26 de febrero de 2013

Outline

- 1 Motivación
 - Problema Estudiado
- 2 Simulador De Edificio
- 3 Controlador de Grupo de Elevadores
- 4 Experimentación

Outline

- 1 Motivación
 - Problema Estudiado
- 2 Simulador De Edificio
- 3 Controlador de Grupo de Elevadores
- 4 Experimentación

Introducción

- Factores que impulsan el uso de edificaciones de gran tamaño en los grandes centros urbanos:
 - Escasez de terrenos disponibles.
 - Alto precio de los terrenos.
 - Densidad poblacional.
 - Nuevas tendencias.
- Esto genera la necesidad de transportar eficientemente las personas que los habitan.

Transporte Vertical

- Objetivos en el transporte vertical:
 - Reducir el tiempo de espera de los pasajeros.
 - Reducir el tiempo de viaje.
 - Reducir el consumo de energía.
- Factores:
 - Gran demanda en horas pico.
 - Las distancias a recorrer son grandes.
 - Los patrones de tráfico cambian dependiendo del tipo de edificio.
 - Comportamiento estacional.

Objetivos

Diseñar un método distribuido de control para asignar de manera eficiente el tráfico de personas presente en una edificación, haciendo uso de técnicas de inteligencia artificial (I.A.).

- Modelar matemáticamente el problema de tráfico presentado en las edificaciones de gran altura.
- Diseño del método distribuido de control para la asignación de ascensores, haciendo uso de técnicas de control inteligente.
- Evaluar la técnica de control desarrollada y comparar su eficiencia respecto a una técnica tradicional en un ambiente simulado.

Control De Grupo De Ascensores Distribuido

Ventajas

- Tolerancia a errores.
- Separación de responsabilidades.
- Control distribuido en contraposición con el control centralizado.
- Solución escalable y adaptable.

Verificación Del Controlador

Tipos de verificación	Ventaja	Desventaja
Verificación en un sistema real.	Efectividad garantizada	Costoso y difícil de implementar
Verificación por simulación matemática.	No necesita desarrollo.	Poco flexible, difícilmente repetible y compleja.
Verificación por simulación en ordenador.	Cercana a la realidad y visualmente comprensible.	Necesita desarrollo

Outline

- 1 Motivación
 - Problema Estudiado
- 2 Simulador De Edificio
- 3 Controlador de Grupo de Elevadores
- 4 Experimentación

Short Paper Title

Usos Del Simulador

- Validar el desempeño de diferentes técnicas de control para grupo de elevadores.
- Comparar la eficiencia de los controladores respecto a otras técnicas (tradicionales, IA).

Otros

- Medir el tiempo que toma una evacuación por medio de los elevadores. Esto depende de la naturaleza de la emergencia [1].
- Determinar si la configuración del sistema de ascensores es suficiente para servir la población del edificio.
- Simular situaciones de emergencia, como por ejemplo que un elevador quede fuera de servicio.

Clasificación de la Simulación

- Modelo por Eventos Continuos
- **Modelo por Eventos Discretos**
 - Avance por eventos: la simulación salta de evento en evento.
 - Basada en actividades: se debe conocer cuando una actividad empieza y otra termina.
 - **Avance por unidad de tiempo**
- Simulación Determinista: no existen componente aleatorios en la simulación.
- **Simulación Estocástica**

Procedimiento de Diseño

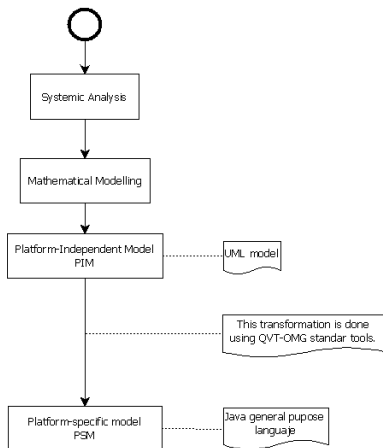


Figura: Procedimiento de Diseño

Flujo de Simulación Averril

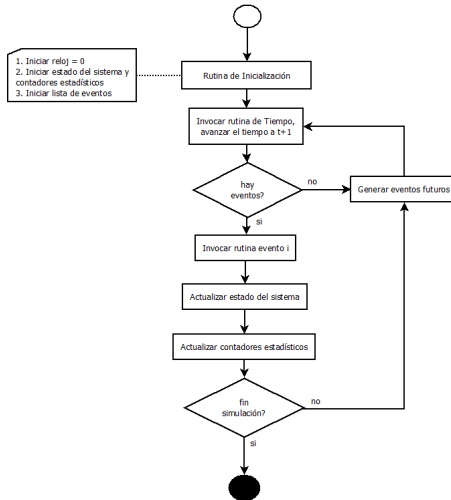


Figura: Procedimiento de Diseño, Modelo simulación, flujo Averril [3]

Principios de Diseño

- El simulador debe ser parametrizable en los aspectos que tienen mayor relevancia en la simulación.
- La aplicación debe correr en cualquier sistema operativo, debe desarrollarse bajo un lenguaje portable.
- No se desarrollarán rutinas matemáticas o utilitarias si existe una librería de código libre que se pueda usar.
- El simulador debe ser de código libre y abierto para la comunidad científica.
- Es de gran valor presentar la dinámica del sistema gráficamente.
- Al final de cada simulación debe mostrarse un informe estadístico del desempeño del sistema.

Simuladores de Edificación

<i>Item</i>	<i>Elevate</i>	<i>ALTS</i>	<i>Plan</i>	<i>ASMoB</i>
<i>License</i>	<i>Comercial [Peters R.]</i>	<i>N/A [KONE]</i>	<i>N/A [OTIS]</i>	<i>GLP</i>
<i>Operating system</i>	<i>Windows</i>	<i>Windows</i>	<i>Windows</i>	<i>Cross Plataform</i>
<i>Language programming</i>	<i>Visual C++</i>	<i>Standard C++</i>	<i>Borland C++ Builder 6</i>	<i>Java 1.6</i>
<i>Number of floors</i>	<i>100</i>	<i>No limit</i>	<i>30</i>	<i>No limit</i>
<i>Interfloor distance</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
<i>Special traffic flows</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
<i>Floor populations</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
<i>Passengers transfer times</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>

Cuadro: Comparación simuladores

Cuadro: Comparación simuladores

Short Paper Title

Tráfico Vertical

Se entiende por tráfico en una edificación; el movimiento o tránsito de personas dentro del edificio, este tráfico tiene dos componentes tasa de arribo y probabilidad de destino, en donde:

- **Tasa de Arribo:** Es el número de usuarios que llegan al sistema en determinado espacio de tiempo. La tasa de arribo en una edificación cambia de acuerdo a dos factores, uno es el tiempo en el que se mide y otro es el piso.
- **Probabilidad Destino:** Es la probabilidad que tiene un pasajero de dirigirse del piso p_o , al piso p_d , en determinado instante de tiempo.

Patrón de Tráfico

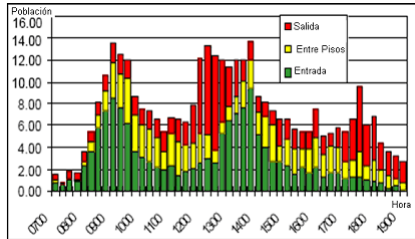


Figura: Patrón de tráfico [4]

Dinámica del Tráfico

La probabilidad de tener n pasajeros en el intervalo de tiempo T para una tasa de arribo obtenida de la experiencia de λ (en llamadas por segundo) es:

$$p_r(n) = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T}, \text{ en donde}$$

- **Densidad de arribo** ($\lambda(t)$): Número de personas esperadas por unidad de tiempo, sigue un proceso de Poisson [7].
- **Tasa de servicio** ($\mu(t)$): Número de personas que pueden ser servidas por unidad de tiempo, sigue un proceso de Poisson [7].
- **Tasa de utilización** ($\rho(t) = \frac{\lambda(t)}{\mu(t)}$): Tasa que muestra el estado de utilización del sistema, se desea que este vamos sea $\rho < 1$ [7].

Diagrama de Componentes

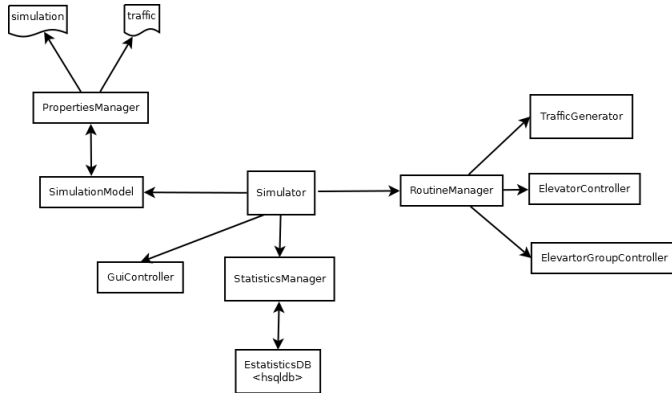


Figura: Componentes Simulador

Outline

- 1 Motivación
 - Problema Estudiado
- 2 Simulador De Edificio
- 3 Controlador de Grupo de Elevadores
- 4 Experimentación

Familias de Técnicas

- Técnicas tradicionales [6]
 - Maniobra Universal Por Pulsadores.
 - Maniobra Duplex.
 - Maniobra Colectiva selectiva en los dos sentidos.
- Técnicas no tradicionales
 - Lógica difusa.
 - Aprendizaje reforzado.
 - Algoritmos genéticos.

Técnica Tradicional

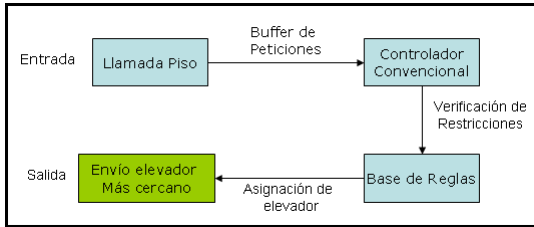


Figura: Técnica de control tradicional

- Desventajas

- Las reglas de control no están orientadas a prestar un servicio eficiente.
- Las reglas son fijas.

Criterios de Desempeño

- Tiempo De Espera: Promedio del tiempo de espera de los pasajeros para ser atendidos.

Service level	Average waiting time	% of passengers served within		
	(s)	30 s	60 s	90 s
Excellent	< 20	75%	95%	99%
Good	20 – 30	65%	85%	95%
Satisfactory	30 – 40	50%	75%	90%
Acceptable	40 – 60	40%	60%	75%

Figura: Criterio de desempeño <Tiempo de Espera>

Criterios de Desempeño (2)

- Tiempo de viaje: Tiempo que el pasajero dura dentro del ascensor hasta que llegue al piso objetivo.

Service level	Average time to destination	% of passengers served within		
	(s)	90 s	120 s	150 s
Excellent	< 80	70%	85%	95%
Good	80 – 100	40%	75%	90%
Satisfactory	100 – 120	15%	50%	80%
Acceptable	120 - 150	5%	20%	55%

Figura: Criterio de desempeño <Tiempo de Viaje>

Criterios de Desempeño (3)

- Tiempos de espera muy largos: Minimizar el porcentaje de largas esperas por la llegada de un ascensor, es conocido que psicológicamente las personas pierden la paciencia pasados 3 minutos sin ser atendidas [5].
- Consumo energético del sistema: El cual se debe minimizar haciendo que el ascensor pare lo menos posible y evite los desplazamientos innecesarios.
- Capacidad del grupo de ascensores (volumen de viajeros transportados): También se le conoce como carga, entre más persona se logre llevar en la misma cabina mucho mejor.

Controlador Propuesto

- **Objetivo General**

Transportar eficientemente el tráfico generado en una edificación de gran altura, reduciendo el tiempo de espera de los pasajeros, el tiempo de viaje y ahorrando la energía consumida por el sistema.

- **Objetivos Específicos**

- Diseño de la estrategia de solución al problema de asignación del tráfico usado SMA y resolviendo los conflictos con técnicas de inteligencia artificial.

Modelo Multi Agente (1)

Paradigma analítico para la identificación de agentes:

- Agente Controlador de Cabina..
- Agente Arbitro del Sistema.
- Agente Estimador Patrón de Tráfico.
- Agente Estimador Tiempo Espera.
- Agente Estimador Tiempo Viaje.

Modelo Multi Agente (2)

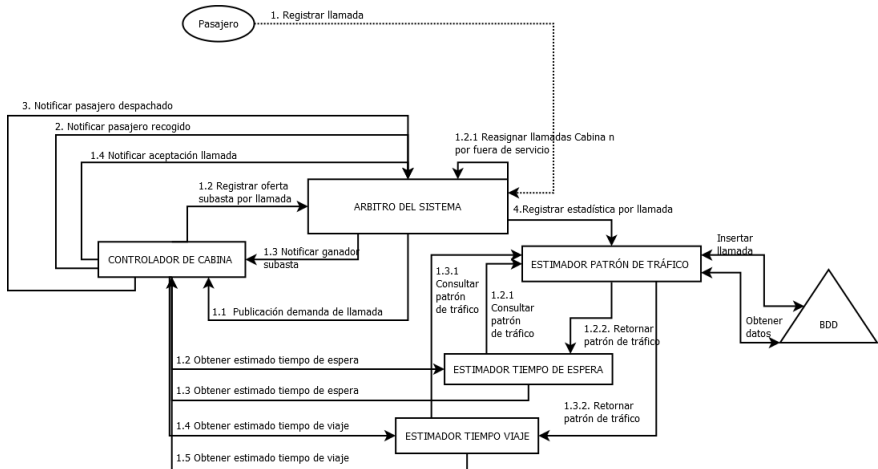


Figura: Diagrama Interacciones

Resolución de Conflictos MAS

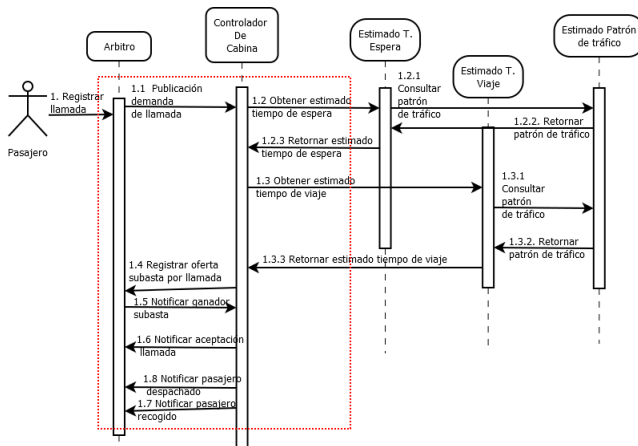


Figura: Diagrama flujo vínculos cooperativos

Inferencia en el Árbitro

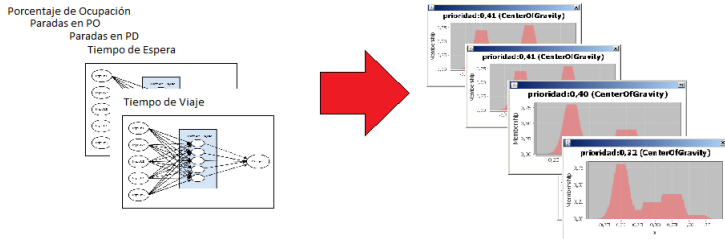


Figura: Inferencia en el árbitro

Inferencia en el Árbitro (2)

Id	Regla de Inferencia	Peso
R1	Si "Estimación Tiempo de Espera" es MUY BAJO entonces la prioridad es MUY ALTA	0.6
R2	Si "Estimación Tiempo de Espera" es BAJO entonces la prioridad es ALTA	0.6
R3	Si "Estimación Tiempo de Espera" es MEDIO entonces la prioridad es MEDIA	0.6
R4	Si "Estimación Tiempo de Espera" es ALTO entonces la prioridad es BAJA	0.6
R5	Si "Estimación Tiempo de Espera" es MUY ALTO entonces la prioridad es MUY BAJA	0.6
R6	Si "Estimación Tiempo de Viaje" es MUY BAJO entonces la prioridad es MUY ALTA	0.5
R7	Si "Estimación Tiempo de Viaje" es BAJO entonces la prioridad es ALTA	0.5
R8	Si "Estimación Tiempo de Viaje" es MEDIO entonces la prioridad es MEDIA	0.5
R9	Si "Estimación Tiempo de Viaje" es ALTO entonces la prioridad es BAJA	0.5
R10	Si "Estimación Tiempo de Viaje" es MUY ALTO entonces la prioridad es MUY BAJA	0.5

Cuadro: Tabla reglas de inferencia

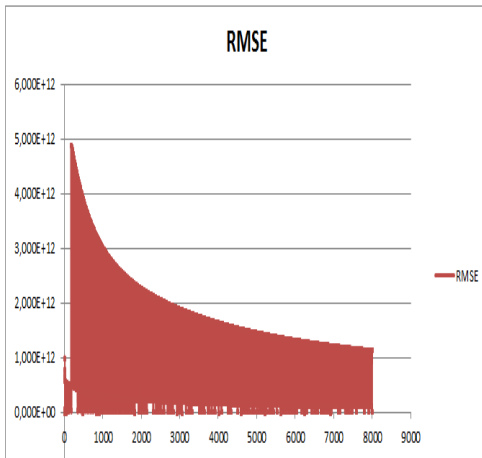
RNA para Estimación Tiempo de Viaje

Debido a la incertidumbre en la determinación del tiempo de espera es necesario hacer una predicción teniendo como principal criterio el tráfico que se está generando en la edificación.

- **Posición del elevador:** es el piso en el que se encuentra el elevador, esta entrada se obtiene del agente controlador de cabina.
- **Pasajeros dentro del elevador:** es el número de pasajeros que se encuentran el elevador, esta entrada se obtiene del agente controlador de cabina.
- **% Tráfico de entrada de entrada:** es el porcentaje de tráfico que cumple con un patrón de ENTRADA, es decir que está llegando a la edificación. Se obtiene del agente Estimador Patrón de Tráfico.
- **% Tráfico de entrada de salida:** es el porcentaje de tráfico que cumple con un patrón de SALIDA, es decir que abandonando la edificación. Se obtiene del agente Estimador Patrón de Tráfico.
- **% Tráfico de entrada de entre pisos:** es el porcentaje de tráfico que cumple con un patrón de ENTRE PISOS, es decir el porcentaje de la población en la edificación que se está moviendo entre los pisos de la edificación. Se obtiene del agente Estimador Patrón de Tráfico.

Entrenamiento

La red esta compuesta de 5 neuronas de entrada, 50 neuronas en la capa oculta y 1 neurona de salida. Se usó un coeficiente de aprendizaje de 0.6 y un momentum de 0.1, encontrado por experimentación.



Outline

- 1 Motivación
 - Problema Estudiado
- 2 Simulador De Edificio
- 3 Controlador de Grupo de Elevadores
- 4 Experimentación

Ejemplo Numérico (1)

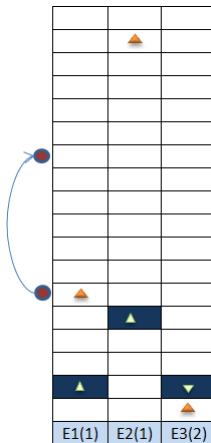
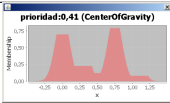
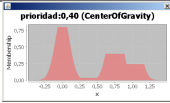
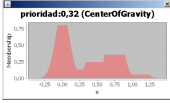


Figura: Ejemplo 1

Ejemplo Numérico (2)

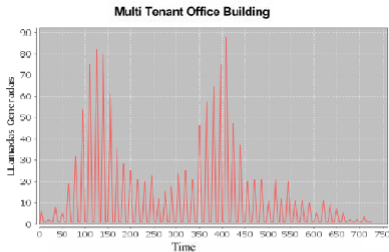
	TE	TV	%O	PO	PD	Prioridad
Elevador 1	0.3	0.2	0.125	0.2	0	
Elevador 2	0.1	0.2	0.125	0	0	
Elevador 3	0.6	0.2	0.25	0	0	

Protocolo de Experimentación Simulación

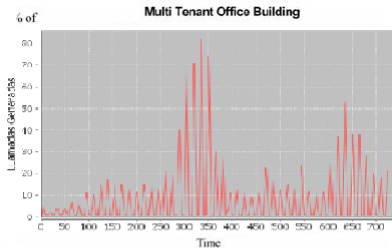
Parámetro	Valor
Pisos	40
Elevadores	4
Capacidad Elevadores	8 personas
Aceleración	$2m/s^2$
Velocidad	$1m/s$
Tiempo Abrir puerta	1 segundo
Tiempo Cerrar puerta	1 segundo
Tiempo transferencia de pasajeros	1 segundo x pasajero
Distancia entre pisos	2 metros
Algoritmo de control para asignar llamada EGCS (Sim1)	Convencional
Algoritmo de control para asignar llamada EGCS (Sim 2)	AI
Tiempo de avance de la simulación	1 segundo = 10 milisegundos
Modelo de tráfico de entradas	Poisson

Cuadro: Parámetros de la simulación

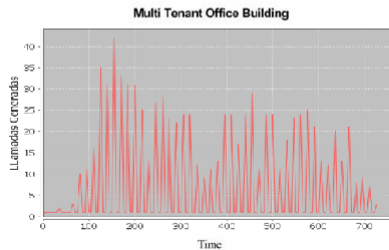
Generación de Tráfico en Simulación



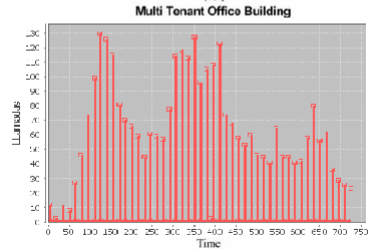
(a)



(b)



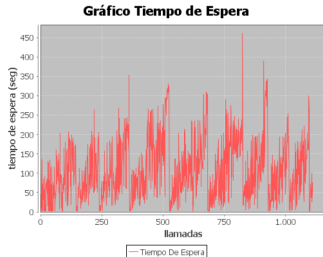
(c)



(d)

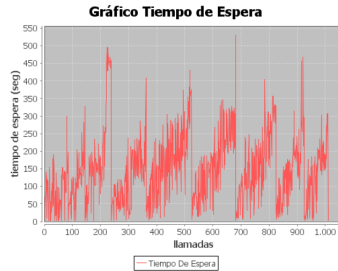
Resultado Tiempo de Espera

Resultado Tiempo de Espera IA



Media: 108.19002
Varianza: 5823.8716
Desviación Estandar: 76.31429

Resultado Tiempo de Espera Convencional

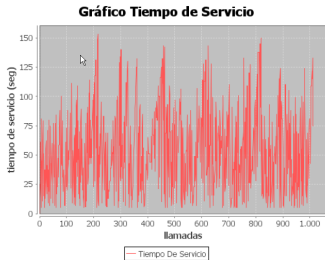


Media: 148.5765
Varianza: 9525.064
Desviación Estandar: 97.596436

Cuadro: Comparación Tiempo de Espera

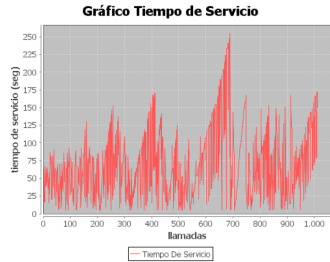
Resultado Tiempo de Viaje

Resultado Tiempo de Servicio IA



Meda: 53.82231
Varianza: 1168.9875
Desviación Estándar: 34.19046

Resultado Tiempo de Servicio Convencional

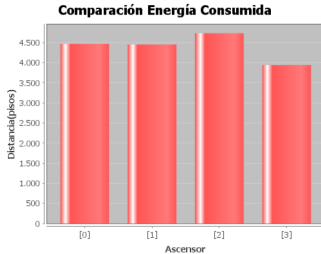


Meda: 69.05133
Varianza: 2310.1548
Desviación Estándar: 48.064068

Cuadro: Comparación Tiempo de Viaje

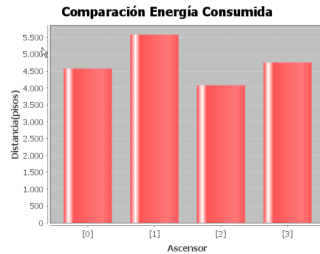
Resultado Energía Consumida

Resultado Energía Consumida AI



Media: 4398.5	Energía total Consumida por el sistema: 17594.0
Varianza: 108927.0	
Desviación Estandar: 330.0409066555	

Resultado Energía Consumida Convencional



Media: 4748.0	Energía total Consumida por el sistema: 18992.0
Varianza: 390466.666666	
Desviación Estandar: 624.8733204951	

Cuadro: Comparación Energía Consumida

Tabla Comparativa de Resultados

Controlador	Tiempo de espera (P)	Tiempo de viaje (P)	Energía Consumida (P)
Convencional	148 seg	69 seg	4748
Inteligente	108 seg	53 seg	4398
% Diferencia	27%	23%	7%

Conclusiones

- El uso de sistemas multiagente en el problema de tráfico en edificaciones de gran altura elimina la centralización en el control, esto supone una mayor robustez del sistema.
- El uso de redes neuronales para predicción de tiempos de espera y de viaje, ayudan en la determinación de que cabina de ascensor puede servir más eficientemente una llamada.
- El simulador permite no solamente replicar el comportamiento de un sistema real, sino ofrecer información estadística valiosa para comprar cuantitativa-mente que técnica de control se ajusta mejor a los objetivos de control.

Trabajo Futuro

Controlador

- Optimizar los conjuntos difusos, usando por ejemplo algoritmos genéticos.
- Modificar dinámica-mente las reglas de inferencia difusas para que sean ajustables a los objetivos de control.

Simulador

- Extenderlo para usarlo en la planificación de edificaciones de gran altura.
- Extenderlo para usarlo en simulaciones de evacuaciones.

Bibliografía I



NATIONAL SAFETY COUNCIL.

Evacuation systems for high-rise buildings.

NATIONAL SAFETY COUNCIL, 2011.



Banks J.

Discrete-Event System Simulation.

Prentice Hall, 2000.



Averill M. Law David Kelton.

Simulation Modeling And Analysis.

McGraw Hill, 2000.



Siikonen M. L.

Elevator group control with artificial intelligence.

*Helsinki University of Technology, Systems Analysis Laboratory,
Research Reports*, 1997.

Bibliografía II



A. Miravete, E. Larrodé, and Universidad de Zaragoza. Centro Politécnico Superior. Servicio de Publicaciones.

El libro del transporte vertical.

Universidad de Zaragoza, 1996.



Parker E. R.

ARQUITECTURA DEL ASCENSOR.

1971.



Hiroshi Kise Sandor Markon, Hajime Kita and Thomas Bartz-Beielstein.

Control of Traffic Systems in Buildings.

Springer-Verlag London Limited, 2006.