



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y
COMPUTACIÓN

TRABAJO DE GRADO – PROPUESTA DE PROYECTO – PZ-2011-1-XX

TÍTULO DEL PROYECTO	Modelo Cooperativo para Controlar Eficientemente el Tráfico en una Edificación		
DATOS DEL ESTUDIANTE	Andrés Enrique Rosso M.	CORREO	arosso@javeriana.edu.co
	CC 79.958.715	ELECTRÓNICO	andresrosso@gmail.com
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO ASESOR (opcional)	Ing. Julián Angel MSc	MODALIDAD	Investigación
	julian.angel@javeriana.edu.co	ÁREA DE ÉNFASIS	Sistemas Inteligentes
	Ing. Enrique González PhD	GRUPO Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	TAKINA
	egonzal@javeriana.edu.co		Sub-línea - Sistemas MultiAgentes

OBJETIVOS	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>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.).</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ol style="list-style-type: none">1. Modelar matemáticamente el problema de tráfico presentado en las edificaciones de gran altura.2. Diseño del método distribuido de control para la asignación de ascensores, haciendo uso de técnicas de control inteligente.3. Evaluar la técnica de control desarrollada y comparar su eficiencia respecto a una técnica tradicional en un ambiente simulado.
------------------	---

<p>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN O APLICACIÓN</p>	<p>El uso de las construcciones verticales experimenta un fenómeno de expansión vertiginoso debido al gran precio del terreno y la densidad poblacional de las grandes urbes. El incremento de este tipo de construcciones trae el problema de transportar eficientemente el alto número de personas que estas edificaciones albergan a diario. Existe un controlador centralizado que recibe las llamadas que los pasajeros hacen por medio de un botón en donde el usuario indica la dirección del piso destino. El sistema de elevadores controla estas llamadas mediante una función numérica que envía al elevador más cercano y que va en la misma dirección que el pasajero desea [PARKER1971].</p> <p>No obstante, se ha observado que el servicio prestado por los elevadores, en la mayoría de los casos es deficiente. Bajo condiciones de alto tráfico (por ejemplo hora de almuerzo) las personas tienen que esperar mucho tiempo para ser atendidas. En edificios pequeños no comportan mayores inconvenientes, sin embargo, en una construcción de gran altura, el transporte de los pasajeros debe hacerse de una manera ágil, eficiente y por qué no decirlo; de una manera inteligente, en donde se economice tanto el tiempo del pasajero, como la energía que usa el elevador.</p> <p>Los sistemas de control tradicional son ineficientes para cubrir esta necesidad debido a que su diseño solo contempla reglas simples de control como la dirección en la que dirige el ascensor, o el número de pasajeros [MIRAVETE1996]. La creciente necesidad hizo que nuevas técnicas más complejas empezaran a ser aplicadas a este problema.</p> <p>A partir del desarrollo de la inteligencia artificial han ido apareciendo controladores basados en técnicas inteligentes que aumentan considerablemente la efectividad en la asignación de llamadas. Estos nuevos controladores utilizan técnicas inteligentes puras o híbridas que incorporan más de una técnica para mejorar el rendimiento.</p> <p>La mayoría de las técnicas usadas tienen arquitectura centralizada. El controlador es único para todos los ascensores del sistema y se encarga de decidir a cual cabina asignar el usuario que espera ser atendido.</p> <p>Al tener dependencia de este componente centralizado, existe baja adaptación a los cambios bruscos que puedan ocurrir en el sistema. Estas situaciones pueden deberse a casos de emergencia o fallas en la disponibilidad de alguna de las cabina. Otras más comunes pueden ser cambios abruptos en el patrón de tráfico del sistema, debido a eventos externos.</p> <p>Los objetivos de control para el sistema pueden sufrir variaciones. Puede que la prioridad para determinado momento del día sea el servicio de los pasajeros, mientras que en otro momento de menos tráfico sea más importante el ahorro de energía.</p> <p>Se propone replantear el problema desde la perspectiva distribuida en donde no haya un controlador centralizado, sino que cada una de las cabinas compita por la llamada teniendo en cuenta el estado de las demás cabinas y el de sí misma.</p> <p>Las cabinas actuarían como agentes inteligentes que cooperan para atender eficientemente las llamadas de los usuarios. Habría además un agente intermediador, que usando alguna técnica inteligente, resuelva los conflictos cuando hay varias cabinas compitiendo por la misma llamada. Este agente conciliador se apoyaría en alguna técnica inteligente para</p>
--	---

	<p>decidir a favor de aquella cabina que tenga más posibilidad de atender la llamada de acuerdo a los objetivos de control del momento.</p> <p>El uso de una técnica distribuida permite que el sistema sea tolerante a cambios bruscos en las condiciones de control. Además permite variar los objetivos de control, para ya sea darle prioridad a la agilidad del servicio o para reducir la energía consumida por el sistema.</p> <p>El problema de asignación de elevadores para atender las llamadas se puede ver como un problema de optimización. El objetivo del controlador es asignar las llamadas a los ascensores que tienen mayores posibilidades de atenderla eficientemente. El problema en si es una combinación de programación no lineal en tiempo real, distribución de recursos y control estocástico [HAKONEN2004].</p> <p>Los criterios para medir la eficiencia del sistema son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Promedio del tiempo de espera de los pasajeros para ser atendidos. 2. Tiempo que el pasajero dura dentro del ascensor hasta que llegue al piso objetivo. 3. Energía consumida por el sistema, medida en relación a los pisos que recorren los ascensores en conjunto. <p>Estos criterios permitirán medir y comparar el controlador propuesto respecto al convencional. Como se tiene en cuenta más de un criterio en la función objetivo, el problema se puede definir como un problema optimización multiobjetivo y restringida, con parámetros estocásticos [HAKONEN2004].</p> <p>Ya que la eficiencia del controlador se va a medir y comparar respecto al controlador convencional, es necesario tener un ambiente que simule las características principales del sistema. Sobre este ambiente se podrán variar las características del sistema y los parámetros de controlador para determinar la robustez de la solución propuesta.</p> <p>El sistema <i>–tanto simulador como controlador–</i> se debe construir distribuidamente y de forma modular. De esta manera se hace fácil iterar el desarrollo e ir incorporando durante las fases del proyecto los módulos que componen el sistema para así manejar la complejidad.</p> <p>Al final se obtendrá un software de simulación para edificio con baja cohesión y distribuido que permita incorporar controladores modularmente sin necesidad de modificar el código. El simulador además permitirá medir los indicadores de eficiencia del controlador por medio de reportes estadísticos detallados.</p>
--	--

METODOLOGÍA	
<p>DESCRIPCIÓN GENERAL</p>	<p>Para el desarrollo del proyecto se identifican tres grandes fases:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Formulación matemática del problema. 2. Diseño de la técnica de control distribuida. 3. Evaluación de técnica de control en un ambiente controlado. <p>En la primera fase se pretende modelar la dinámica del sistema. Es necesario identificar las variables estocásticas presentes en el tráfico y formular matemáticamente el problema de asignación de ascensores.</p> <p>En la segunda fase se busca darle solución al problema de asignación de tráfico desde la perspectiva distribuida. Se evaluarán técnicas de control tradicionales e inteligentes usadas asignación de llamadas teniendo en cuenta las condiciones del ambiente.</p> <p>En la tercera y cuarta fase se pone a prueba la técnica de control desarrollada y se hace un análisis comparativo de los resultados contra una técnica tradicional. Estos resultados permitirán decir si la técnica que se desarrollo es más eficiente que la tradicional.</p>
<p>FASE 1</p> <p>FORMULACIÓN MATEMÁTICA</p>	<p>El primer paso para la formulación matemática del sistema es hacer un análisis sistémico. Un sistema puede verse como un objeto en el cual interactúan variables de diferentes clases para producir señales observables denominadas; salidas.</p> <p>Una vez identificados los componentes del sistema se procede a modelar matemáticamente la dinámica de sus partes. Por ejemplo, el arribo de personas en la edificación tiene comportamiento estocástico. La cantidad de personas, el piso al que se dirigen y el intervalo de tiempo entre llegadas, está descrito por variables aleatorias propias del fenómeno.</p> <p>Para este caso, se deben modelar matemáticamente los siguientes componentes: Edificio, Ascensor, Pasajero, Piso.</p> <p>Las actividades a desarrollar en esta fase son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.a Análisis sistémico del problema propuesto. 1.b Revisión bibliográfica de investigaciones que permitan conocer la dinámica de tráfico en una edificación. 1.c Modelado matemático de las características estocásticas y dinámicas presentes en el sistema. 1.d Validación del modelo matemático y ajustes finales.
<p>FASE 2</p> <p>TÉCNICA DE CONTROL DISTRIBUIDA</p>	<p>Es esta fase se debe realizar una revisión bibliográfica de las técnicas de control usadas para tratar el problema de asignación de tráfico y partir de este análisis se debe proponer una técnica de control distribuida que mejore el rendimiento del sistema.</p> <p>Primero se hará una clasificación de las técnicas de control utilizadas, estas se categorizarán en dos grandes grupos: técnicas inteligentes, técnicas de control óptimo.</p>

	<p>Se debe revisar además la bibliografía existente sobre control distribuido en problemas de transporte, este análisis servirá como base para proponer un nuevo método de control.</p> <p>Las actividades a desarrollar en esta fase son:</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.a Revisión de técnicas usadas para el problema propuesto. 2.b Modelado del controlador en una arquitectura distribuida. 2.c Implementación de alguna técnica inteligente para resolver el conflicto entre las cabinas que compiten por la llamada. 2.d Implementación matemática del controlador distribuido. 2.e Validación matemática del controlador distribuido.
<p>FASE 3</p> <p>DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN</p>	<p>Validar el desempeño del controlador y su eficiencia respecto a las técnicas tradicionales requiere manipular las condiciones del sistema y efectuar un gran número de pruebas. Realizar estas pruebas en una edificación real sería bastante complicado y costoso. Por esta razón se propone analizar, diseñar y desarrollar un simulador de edificios desde el cual se puedan cambiar las condiciones del sistema y se puedan medir con exactitud los tiempos registrados por los usuarios. Este simulador permitiría conocer el desempeño del sistema con gran precisión y hacer un análisis comparativo entre la técnica desarrollada y una técnica tradicional eficiente. El simulador seguirá el flujo descrito por Banks [BANKS2000] en el que partiendo de un sistema real se llega a un modelo por computador.</p> <div data-bbox="711 930 1177 1077" data-label="Diagram"> <pre> graph LR SR[Sistema Real] -- Modelización --> M[Modelo] M -- Simulación --> O[Ordenador] </pre> </div> <p>Figura 1 Elementos Básicos y relaciones en modelización y simulación</p> <p>El sistema para este proyecto es el edificio y la dinámica de tráfico que se presenta en el mismo. El estado del sistema evoluciona en el tiempo de acuerdo a las características cambiantes del mismo. Ejemplo de ellas son la tasa de arribo de pasajeros por piso y el piso destino de las llamadas. Debido a estas características el sistema tiene un comportamiento no lineal, por consiguiente el tipo de simulación a usar es simulación de eventos discretos [BANKS2000].</p> <p>En el simulador de edificio se podrá variar tanto el número de pisos, como el número de ascensores a manejar. Por cada piso del edificio se generará la carga del mismo, basada en un tipo de distribución de probabilidad presente en el tiempo de simulación.</p> <p>El simulador contará con un módulo de reportes que servirá para medir en tiempo real y posteriormente el desempeño del controlador. Este módulo contará con una serie de reportes estadísticos que proveen información de la simulación realizada.</p> <p>Para el desarrollo del simulador se seguirá una metodología ágil y el paradigma de desarrollo por componentes que permite desarrollar de manera controlado sistemas de gran complejidad. El simulador servirá como plataforma de pruebas, su arquitectura será distribuida y con baja cohesión.</p> <p>Una vez se cuente con la el simulador, se implementará el controlador propuesto y un</p>

	<p>controlador tradicional eficiente para comparar su desempeño.</p> <p>Las actividades a desarrollar en esta fase son:</p> <p>3.a Revisión de técnicas de simulación y escogencia de la más apropiada para el problema en cuestión.</p> <p>3.b Implementación del simulador en un lenguaje de alto nivel orientado a la simulación.</p> <p>3.c Validación del simulador de acuerdo a los requerimientos funcionales y no funcionales.</p> <p>3.d Implementación en un lenguaje de alto nivel del controlador distribuido.</p> <p>3.e Validación de controlador distribuido.</p>																
<p>FASE 4</p> <p>EVALUACIÓN EN UN AMBIENTE SIMULADO.</p>	<p>El fin de la simulación es poder verificar el comportamiento de los dos controladores desarrollados. El desempeño indica que bajo un ambiente real, determinado algoritmo de control presenta un rendimiento superior en cuanto a los objetivos trazados.</p> <p>La validación y comparación del controlador desarrollado se hará con base en un protocolo experimental, establecido particularmente para este proyecto. En este protocolo se deben contemplar las variables y métodos de experimentación que aseguran la correcta verificación de la eficiencia del sistema.</p> <p>Las actividades a desarrollar en esta fase son:</p> <p>4.a Simulación de una edificación real para evaluar la eficiencia del controlador desarrollado y comparar el desempeño contra la técnica tradicional.</p> <p>4.b Análisis de los resultados y ajustes finales.</p> <p>4.c Reporte final con las conclusiones y resultados de la simulación.</p>																
<p>RESULTADOS ESPERADOS</p>																	
<p>ASIGNATURA MISyC</p> <p>PROYECTO 1</p>	<table><tr><td>1a</td><td>Documento que plasma las características, componentes y relaciones de los elementos del sistema.</td></tr><tr><td>1b</td><td>Documento tipo resumen con los métodos usados para modelar el tráfico en una edificación.</td></tr><tr><td>1c</td><td>Documento que explique el modelo matemático del sistema.</td></tr><tr><td>1d</td><td>Informe con los resultados de la validación del modelo del sistema.</td></tr><tr><td>2a</td><td>Informe de las técnicas de control usadas para tratar este problema, debe tener además un análisis comparativo.</td></tr><tr><td>2b</td><td>Informe que detalla el modelo distribuido del controlador propuesto.</td></tr><tr><td>2c</td><td>Documento que explica la implementación propuesta para asignar las llamadas de ascensor.</td></tr><tr><td>2d</td><td>Documento que detalla la implementación matemática del controlador.</td></tr></table>	1a	Documento que plasma las características, componentes y relaciones de los elementos del sistema.	1b	Documento tipo resumen con los métodos usados para modelar el tráfico en una edificación.	1c	Documento que explique el modelo matemático del sistema.	1d	Informe con los resultados de la validación del modelo del sistema.	2a	Informe de las técnicas de control usadas para tratar este problema, debe tener además un análisis comparativo.	2b	Informe que detalla el modelo distribuido del controlador propuesto.	2c	Documento que explica la implementación propuesta para asignar las llamadas de ascensor.	2d	Documento que detalla la implementación matemática del controlador.
1a	Documento que plasma las características, componentes y relaciones de los elementos del sistema.																
1b	Documento tipo resumen con los métodos usados para modelar el tráfico en una edificación.																
1c	Documento que explique el modelo matemático del sistema.																
1d	Informe con los resultados de la validación del modelo del sistema.																
2a	Informe de las técnicas de control usadas para tratar este problema, debe tener además un análisis comparativo.																
2b	Informe que detalla el modelo distribuido del controlador propuesto.																
2c	Documento que explica la implementación propuesta para asignar las llamadas de ascensor.																
2d	Documento que detalla la implementación matemática del controlador.																

	2e	Informe de validación del controlador distribuido.
ASIGNATURA MISyC PROYECTO 2	3a	Análisis comparativo de las técnicas de simulación.
	3b	Software de simulación en un lenguaje de alto nivel.
	3c	Documento de validación del simulador de acuerdo a los requerimientos funcionales y no funcionales.
	3d	Implementación del controlador distribuido en el esquema del simulador.
	3e	Documento de validación de controlador distribuido.
	4a	Definición del protocolo de experimentación para la simulación de una edificación real para evaluar la eficiencia del controlador desarrollado y comparar el desempeño contra la técnica tradicional.
	4b	Documento de análisis de los resultados finales.
	4c	Reporte final con las conclusiones y resultados de la simulación.

CRONOGRAMA																			
ASIGNATURA MISyC PROYECTO 1	Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	1-A	X	X	X	X	X													
	1-B	X	X	X	X	X	X												
	1-C			X	X	X	X	X	X	X									
	1-D							X	X	X	X								
	2-A	X	X						X			X	X						
	2-B						X	X			X		X	X	X				
	2-C							X		X		X		X	X	X			
	2-D										X	X	X				X	X	
	2-E																X	X	X
	Entregas					1a	1b			1c	1d		2a		2b	2c		2d	2e
ASIGNATURA MISyC PROYECTO 2	Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	3-A	X	X	X															
	3-B	X	X	X	X	X	X	X											
	3-C					X		X	X										
	3-D			X			X		X	X	X								
	3-E										X	X							
	4-A												X	X					
	4-B														X	X			
	4-C															X	X	X	X
	Entregas			3a				3b	3c		3d	3e		4a		4b			4c

PROSPECTIVA DE INNOVACIÓN	
POTENCIAL DE INNOVACIÓN	<p>El desarrollo del nuevo controlador distribuido aportará una nueva forma de manejar el problema desde una perspectiva distribuida -no centralizada-, incorporando técnicas inteligentes para este problema de optimización tan dinámico en el tiempo. El simulador además será en único en la comunidad académica de uso gratuito y estará documentado para que otros investigadores puedan usarlo sin restricción.</p> <p>El problema demás podrá ser generalizado al tráfico en otros sistemas como tráfico horizontal, por ejemplo en Bogotá transmilenio.</p>
PROPIEDAD INTELECTUAL	<p>Este trabajo de grado se realizará dentro del marco de investigación del grupo de investigación TAKINA de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. El proyecto servirá como base para futuros trabajos y proyectos del grupo, y estará a disposición del grupo TAKINA, sin ninguna restricción de uso, ya sea este académico ó empresarial. El software producto de este trabajo de grado se licenciará bajo el modelo de software libre con licencia GPL.</p>

BIBLIOGRAFÍA

[GARCIA1990] García, M. R., Discrete Event Simulation Methodologies and Formalisms, Proceedings of the Winter Simulation Conference, 1990.

[PARKER1971] Parker, E. R. Arquitectura Del Ascensor. Editorial IRIS – Bogotá - 1971.

[HAKONEN2003], Henri M. Hakonen. Simulation Of Building Traffic And Evacuation By Elevators, Licentiate Thesis Helsinki University of Technology, 2003.

[HAKONEN2004], Henri M. Hakonen, Aiyong Rong and Risto Lahdelma. Multiobjective Optimization In Elevator Group Control, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, 2004.

[BANKS2000], Banks J. Discrete-Event System Simulation. 3rd edition, Prentice Hall. (2000).

[DRIANKOV1996] An Introduction to Fuzzy Control (context) - Driankov, Hellendoorn, 1996.

[SIIKONEN1997] Siikonen M-L. Planning And Control Models For Elevators In High-Rise Buildings, Doctoral thesis, Helsinki University of Technology, Systems Analysis Laboratory, 1997.

[BARNEY1985] Barney, G.C. y dos Santos, S.M. (1985) Elevator Traffic Analysis, Design and Control, Peter Peregrinus Ltd, 2ª edición, Londres, 1985.

[MIRAVETE1996] Miravete Antonio. Larrode, Emilio. "El Libro Del Transporte Vertical". Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. 1996. 485 págs.