



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Análisis y caracterización del tráfico
HTC+MTC en una Smart City
Modelado de fuentes y Calidad de
Servicio

TESIS DOCTORAL

Autor

Ángel Gómez Sacristán

Director

Miguel Ángel Rodríguez Hernández

Valencia, España
Julio 2018

Índice

1	Introducción	1
1.1	Introducción	1
1.2	Motivación de la Tesis	3
1.3	Objetivos de la Tesis	4
1.4	Principales aportaciones.....	6
1.4.1	Artículos.....	6
1.4.2	Congresos.....	7
1.4.3	Participación en proyectos de investigación.....	9
1.4.4	Software	9
1.4.5	Participación en proyecto Valencia Ciudad Inteligente	11
1.5	Organización de la memoria	11
2	Ciudades Inteligentes	13
2.1	Introducción	13
2.2	Smart Cities o Ciudades Inteligentes	13
2.2.1	Concepto de Ciudad Inteligente	14
2.2.2	Atributos de las Ciudades Inteligentes	15
2.2.3	Requisitos de las Ciudades Inteligentes	20
2.2.4	Semántica de la Ciudad Inteligente	22
2.3	Arquitectura TIC en una Ciudad Inteligente	26
2.3.1	Capa de captación.....	33
2.3.2	Capa de Red (comunicaciones)	52
2.3.3	Capa de Datos y Soporte	58
2.3.4	Capa de Servicios, aplicaciones y contenidos	59
2.4	Plataformas de Ciudad	60
2.4.1	Requisitos funcionales de una Plataforma de Ciudad Inteligente	62
2.4.2	Modelo de capas de la Plataforma SSC.....	66
2.4.3	Plataforma de Ciudad del Ayuntamiento de València (VLCi).....	72
3	Fuentes de tráfico en una Smart City	79
3.1	Introducción	79

3.2	Modelo de red simplificado.....	81
3.2.1	Usuarios y Dispositivos conectados a la Red Corporativa Municipal....	82
3.2.2	Acceso a dispositivos IoT a través de servicios móviles M2M VPN-IP	82
3.2.3	Acceso a servicios y dispositivos IoT a través de servicios VPN-IP.....	83
3.2.4	Acceso a servicios y dispositivos IoT a través de internet.....	83
3.2.5	Acceso a la Plataforma de Ciudad.....	84
3.3	Tipos de tráfico en las redes de telecomunicaciones.....	84
3.3.1	Tráfico de Poisson.....	85
3.3.2	Tráfico autosimilar.....	86
3.4	Clasificación de las Fuentes de tráfico.....	87
3.5	Human Type Communication (HTC).....	88
3.5.1	Características de las Fuentes de voz en redes TDM.....	89
3.5.2	Características de las Fuentes de voz en redes convergentes.....	89
3.5.3	Caracterización propuesta para una fuente de voz.....	94
3.5.4	Características de las fuentes de vídeo en redes NGN.....	96
3.5.5	Caracterización propuesta para una fuente de vídeo.....	100
3.6	Machine Type Communication (MTC).....	102
3.6.1	Aplicaciones y requisitos de servicio de redes MTC.....	103
3.6.2	Modelos de tráfico MTC.....	105
3.6.3	Caracterización propuesta para una fuente MTC.....	108
3.7	Calidad de servicio (QoS).....	111
3.7.1	Parámetros de medida de la calidad de servicio (QoS).....	111
3.7.2	Ancho de banda disponible.....	115
3.7.3	Requisitos de calidad por tipo de servicio.....	115
3.8	Conclusiones.....	123
4	Herramienta de Simulación SimulCity.....	125
4.1	Introducción.....	125
4.2	OMNeT++.....	126
4.2.1	Visión general de OMNeT++.....	126
4.3	SimulCity.....	130
4.3.1	Fuentes de Tráfico implementadas en SimulCity.....	131
4.3.2	Diseño del Elemento de Red e interfaz UNI Metro Ethernet de acuerdo con especificaciones servicio Macrolan de Telefónica.....	137
4.3.2	Módulos diseñados en base a la biblioteca INET.....	141

4.3.3	Módulos adicionales utilizados en SimulCity	145
4.3.3.	Implementación del escenario	147
4.3.4	Configuración del escenario	153
4.3.5	Recopilación de estadísticas.....	165
4.4	Evolución de SimulCity	170
5	Casos de uso de SimulCity en proyectos VLCi del Ayuntamiento de València.....	173
5.1	Introducción	173
5.2	Iniciativa Impulso VLCi	174
5.2.1	Proyecto Gestión de Residuos Urbanos	178
5.2.2	Arquitectura de la solución.....	179
5.2.3	Proyecto Gestión Alumbrado Público.....	187
5.2.4	Proyecto Aparcamiento Regulado para Personas con Movilidad Reducida, Servicios de Carga y Descarga y Paradas de Taxis.....	194
5.3	Actualización servicio de telefonía corporativa municipal	202
5.4	Simulación del escenario global.....	211
5.5	Conclusiones	215
6	Conclusiones y líneas de trabajo futuras.....	217
6.1	Conclusiones	217
6.1.1	Marco de referencia.....	217
6.1.2	Arquitectura de red, análisis y caracterización de tráfico.....	218
6.1.3	SimulCity	219
6.2	Futuras líneas de trabajo.....	220
6.2.1.	Caracterización de nuevas fuentes de tráfico y control de la calidad de servicio	220
6.2.2.	Evolución de la herramienta SimuCity	220