

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/201058>

This paper must be cited as:

Gomez-Sacristan, Á.; Rodríguez-Hernández, MA. (2018). Communications for Sanitary Teleservices in a Smart City. IEEE. 188-191. <https://doi.org/10.1109/GMEPE-PAHCE.2018.8400771>



The final publication is available at

<https://doi.org/10.1109/GMEPE-PAHCE.2018.8400771>

Copyright IEEE

Additional Information

Communications for Sanitary Teleservices in a Smart City

Comunicaciones para Teleservicios Sanitarios en una Ciudad Inteligente

A. Gomez-Sacristan, M. A. Rodriguez-Hernandez

ITACA, Universitat Politècnica de València, Camino Vera S/N, 46022 Valencia, Spain

Email: agomez@upvnet.upv.es

Abstract — A Smart City is characterized by being a desirable place to live and that encourages initiatives that affect the well-being of citizens, anticipating their needs in an efficient, flexible and sustainable way. This work describes a scenario of improvement in the quality of care of the citizens in a Smart City environment through the intensive use of communications, devices and specific applications. For the evaluation of benefits of this hypothetical scenario, a tool developed on the OMNET++ simulation environment called "SimulCity" will be used, that will allow evaluating the quality of service offered to users. Finally, results of this scenario will be shown.

Keywords — Telemedicine, Communications, Smart City, Smart Hospital, OMNET++

Resumen — Una Ciudad Inteligente está caracterizada por ser un lugar deseable para vivir y que fomenta iniciativas que inciden en el bienestar de los ciudadanos adelantándose a sus necesidades de una manera eficiente, flexible y sostenible. Este trabajo describe un escenario de mejora en la calidad asistencial de la ciudadanía en un entorno de Ciudad Inteligente mediante el uso intensivo de comunicaciones, dispositivos y aplicaciones específicas. Para la evaluación de prestaciones de este escenario hipotético se utilizará una herramienta denominada "SimulCity" desarrollada sobre el entorno de simulación OMNET++ que permitirá evaluar la calidad de servicio ofrecida a los usuarios. Por último, se mostrarán resultados de este escenario.

Palabras Clave — Telemedicina, Comunicaciones, Ciudad Inteligente, Smart Hospital, OMNET++

I. INTRODUCCIÓN

Las ciudades constituyen un poderoso motor de crecimiento económico y social gracias a las oportunidades que ofrecen respecto al medio rural: mayor diversidad y calidad de empleo y mejores infraestructuras y servicios. Este atractivo ha provocado que una gran parte de la población mundial se desplace a las áreas urbanas con la esperanza de mejorar su calidad de vida.

La necesidad de desarrollar un modelo sostenible de crecimiento y gestión para las ciudades ha promovido un gran interés en ámbitos académicos, organismos gubernamentales, y organismos de estandarización. Destacan especialmente los trabajos del Grupo Temático

sobre ciudades sostenibles e inteligentes (ITU-T FG-SSC) y la Comisión de Estudio 20 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) – Internet de las Cosas y Ciudades y Comunidades Inteligentes en los aspectos de normalización de la arquitectura TIC [1], redes de sensores [2], interoperabilidad [3], edificios inteligentes [4], gestión integrada [5], indicadores clave de las Ciudades Inteligentes [6-7] y datos abiertos [8].

La norma AENOR AEN/CTN 178 PNE 178201:2016 [9] "Ciudades inteligentes. Definición, atributos y requisitos" define una Ciudad Inteligente como una "ciudad justa y equitativa centrada en el ciudadano que mejora continuamente su sostenibilidad y resiliencia aprovechando el conocimiento y los recursos disponibles, especialmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de los servicios urbanos, la innovación y la competitividad sin comprometer las necesidades futuras en aspectos económicos, de gobernanza, sociales y medioambientales".

La propia norma define seis ámbitos de actuación de una Ciudad Inteligente: Economía, Gobernanza, Entorno, Movilidad, Sociedad y Bienestar. El ámbito de Bienestar Inteligente (Smart Living) agrupa atributos relacionados con la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y su estilo de vida en aspectos físicos y materiales y en aspectos sociales para favorecer la innovación, la educación, la cohesión social y la colaboración ciudadana.

El objetivo de este trabajo es evaluar los recursos de telecomunicaciones necesarios en un entorno de Ciudad Inteligente para ofrecer servicios avanzados de telemedicina que mejoren la calidad asistencial de la ciudadanía. Para ello se ha diseñado un escenario típico de servicios y mediante la herramienta de Simulación "SimulCity", diseñada ad hoc, se ha calculado el ancho de banda necesario para garantizar la calidad de servicio ofrecida a los usuarios finales.

La distribución de este artículo es la siguiente. Tras la introducción se realiza una breve descripción de los atributos de una Ciudad Inteligente relacionados con la salud. El apartado III describe el ecosistema de servicios y comunicaciones sanitarias. A continuación, se describe la herramienta de simulación "SimulCity" y se presentan algunos resultados obtenidos de un escenario arbitrario, finalizando con las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

II. ATRIBUTOS CIUDAD INTELIGENTE Y SALUD

Mejorar la vida de los ciudadanos en aspectos sanitarios representa un importante reto. La Ciudad Inteligente ha de proveer soporte para los servicios avanzados ligados a la salud (“Smart Health”), considerando aspectos tan relevantes como la criticidad de las comunicaciones, la movilidad de los pacientes y la disponibilidad de recursos en el tiempo. Servicios como la tele asistencia sanitaria, la monitorización continua de pacientes crónicos son ejemplos de ello.

Esta demanda implica no solamente disponer de sensores, dispositivos y comunicaciones de altas prestaciones en edificios y personas, sino también la necesidad de coordinar los diferentes sistemas de información del entorno sanitario con los sistemas de información de la ciudad. Políticas de prevención, control de enfermedades, información ciudadana e indicadores de ciudad relacionados con el bienestar ciudadano han de gestionarse en un entorno que garantice la seguridad y la confidencialidad de los datos.

Por último, una Ciudad Inteligente ha de proporcionar indicadores relacionados con la salud, tanto en aspectos de gestión y administración, su propia organización operativa, como en el estado de la ciudad. En las tablas I y II se muestran los indicadores relacionados con la salud en las recomendaciones sobre KPI's de Ciudad Inteligente más relevantes: ITU-T Y.4903 [6] e ISO 37120 [7]. Existe además un conjunto de indicadores sectoriales relacionados con la salud que por limitaciones de espacio no se describen.

TABLA I
INDICADORES SALUD ITU-T EN REC-Y.4903/L.1603

Descripción
• Porcentaje de habitantes con registros electrónicos de salud.
• Porcentaje de hospitales, farmacias y proveedores de atención médica que utilizan las TIC.
• La expectativa de vida promedio.
• Muertes maternas por cada 100.000 nacidos vivos
• Número de médicos por cada 100.000 habitantes.

TABLA II
INDICADORES SALUD EN ISO 37120

KPI primario	KPI apoyo
• Esperanza media de vida	• Número de enfermeras y personal de obstetricia por cada 100.000 habitantes
• Número de camas para hospitalización por cada 100.000 habitantes	• Número de profesionales de la salud mental por cada 100.000 habitantes
• Número de médicos por cada 100.000 habitantes	• Tasa de suicidios por cada 100.000 habitantes
• Mortalidad de menores de 5 años por cada 1.000 nacimientos vivos	

III. SERVICIOS Y COMUNICACIONES SANITARIAS

El ecosistema de la infraestructura sanitaria TIC está compuesto por un conjunto heterogéneo de personas,

sensores, actuadores, terminales, servidores, aplicaciones y una red de comunicaciones que proporciona la conectividad entre pacientes y el sistema sanitario en su globalidad [10].

En la Fig. 1 se muestra un esquema simplificado de este ecosistema donde se pueden identificar dos tipos de comunicaciones: aquellas que requieren una transferencia de información en tiempo real entre personas, comunicaciones de voz o video conferencia (human type communications HTC) como pueden ser los servicios de tele consulta o seguimiento de pacientes crónicos y aquellas relacionadas con una comunicación entre sistemas (machine type communication MTC). Este último caso engloba a su vez comunicaciones que requieren tiempo real, como es la monitorización remota de pacientes y emergencias móviles o requerimientos menos críticos como el acceso y transferencia de historiales clínicos o imágenes radiológicas.

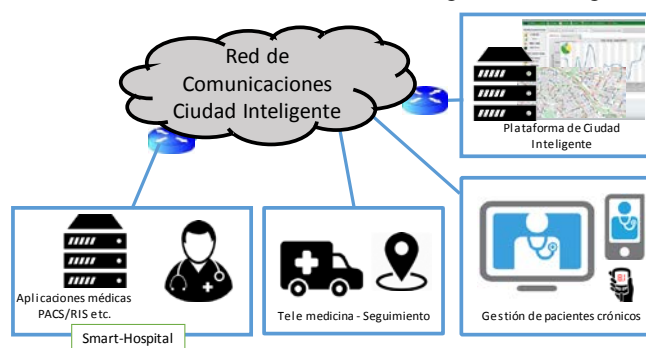


Fig. 1. Escenario de conectividad aplicaciones y servicios sanitarios

De manera no exhaustiva y según se describe en la Tabla III, podemos establecer una clasificación de servicios que poseen atributos propios, y derivados de la naturaleza de la información que gestionan: perfil de tráfico, número de usuarios, ancho de banda consumido, así como unos requisitos específicos de calidad como el máximo retardo admisible, la sensibilidad a la pérdida de información, la disponibilidad, etc.

TABLA III
SERVICIOS DE GESTIÓN Y ATENCIÓN E-HEALTH

Servicio
• Servicios de monitorización remota de pacientes
• Servicios de tele consulta y telediagnóstico.
• Servicios de colaboración remota entre profesionales sanitarios
• Servicios de acceso e intercambio de información
• Servicios al ciudadano de información y formación sanitaria

Las redes convergentes basadas en el protocolo IP [11] se basan en la compartición de recursos, es decir, el consumo de ancho de banda de un servicio puede afectar el funcionamiento de otros y causar congestión. Para paliar esta situación existen mecanismos de gestión y priorización de tráfico de tal manera que la información crítica se prioriza sobre otra menos relevante.

Caracterizar analíticamente el tráfico de servicios y aplicaciones heterogéneas es una tarea compleja,

especialmente cuando su número es limitado y su comportamiento depende del tipo de dispositivo en cuestión y del servicio demandado. En muchos casos, el problema se puede resolver mediante la contratación de una mayor capacidad de red, pero esto inevitablemente significa mayores costos [13]. Las herramientas de simulación proporcionan un mecanismo flexible para resolver este problema de manera eficiente. En este artículo, se ha simulado un escenario arbitrario utilizando una herramienta diseñada para optimizar el escenario de comunicaciones de una Ciudad Inteligente. Esta herramienta se diseñó utilizando el entorno Omnet ++ [14]

IV. HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN SIMULCITY

SimulCity permite la evaluación de prestaciones y dimensionado de la red de acceso convergente, basada en los estándares Metro-Ethernet, con un elevado número de dispositivos (terminales, smartphones y dispositivos IoT) que inyectan tráfico en el entorno de Ciudad Inteligente.

Con el fin de mostrar el funcionamiento de SimulCity se ha diseñado un escenario arbitrario basado en los servicios de salud descritos en la Tabla IV.

TABLA IV
ESCENARIO SERVICIOS E-HEALTH CIUDAD INTELIGENTE

Servicio	Descripción
Personas vulnerables (5 agentes)	Llamadas de supervisión y acompañamiento. Duración (aleatoria exponencial entre 5 y 15 minutos), tiempo entre llamadas (exp. 2-10 minutos).
Teleconsulta vídeo pacientes crónicos (10 agentes)	Videollamadas de atención primaria. Calidad HD, movimiento medio, duración (aleatoria exponencial entre 3 y 15 minutos), tiempo entre llamadas (exp. 0-10 minutos).
Teleconsulta vídeo profesional sanitario (1 usuario)	Videollamada entre especialistas. Calidad HD+, movimiento alto, duración (aleatoria exponencial entre 20 y 60 minutos), tiempo entre llamadas (exp. 60-1440 minutos).
Monitorización pacientes crónicos (2.000 dispositivos)	Recepción de datos de pacientes (0-10 bloques de 0 - 3.200 Bytes cada 5 minutos).
Monitorización pacientes riesgo (500 dispositivos)	Recepción de datos de pacientes (0-10 bloques de 0 - 200 Bytes cada 30 segundos).
Acceso a sistemas RIS/PACS externos (10 usuarios)	(0-2 bloques de 100KB - 3000 MB cada 60 segundos).

Se han definido cinco agentes de atención a personas vulnerables que realizan llamadas salientes de seguimiento y acompañamiento a este colectivo. 10 agentes (personal sanitario) para videoconferencias con pacientes de atención primaria. 1 sistema de videoconferencia de alta calidad (telepresencia) para conexión entre especialistas. 2.000 dispositivos de monitorización para pacientes crónicos. 500 sistemas de monitorización de pacientes con patologías de riesgo. Y por último 10 usuarios de sistemas de radiología (RIS/PACS).

Los conceptos facturables de la red de acceso son la velocidad de la línea, (en este caso se ha seleccionado una velocidad de línea de 1Gb/s dado que el operador comercializa 10, 100 y 1000 Mb/s respectivamente), el volumen de tráfico de las clases de servicio contratadas y el máximo a superar en determinados instantes de tiempo.

En la simulación, se han asignado como tráfico más prioritario (multimedia) el servicio a personas vulnerables y la monitorización de pacientes en riesgo. En la segunda calidad, denominada “oro” por el operador, los servicios de teleconsulta, y por último monitorización de pacientes crónicos y acceso a sistemas de gestión de imágenes radiológicas (RIS/PACS) se ha asignado a la calidad menor “plata”.

IV. RESULTADOS

El proceso de diseño consiste en encontrar, mediante sucesivas interacciones, los valores mínimos de caudal que cumplen con los objetivos de calidad de servicio esperada y retardo [14]. Los resultados se muestran en la Tabla V.

TABLA V
CAPACIDAD CONTRATADA AL OPERADOR

Servicio	CIR	PIR
Capacidad contratada tráfico multimedia	1 Mbits/s	2 Mbits/s
Capacidad contratada tráfico “oro”	40 Mbits/s	80 Mbits/s
Capacidad contratada tráfico “plata”	80 Mbits/s	200 Mbits/s

Las simulaciones se realizaron con la hipótesis de régimen permanente, es decir, todas las fuentes están activas y generando tráfico durante 180 minutos. El proceso de simulación puede configurarse con una duración arbitraria con la única limitación de la capacidad de almacenamiento del sistema.

A. Resultados para el servicio de personas vulnerables

La Fig. 2 representa el ancho de banda consumido por este servicio a lo largo del tiempo. Puede observarse que el máximo se alcanza cuando todas las fuentes están activas de manera simultánea. Sin embargo, en los momentos en los que esto no ocurre, este ancho de banda puede ser utilizado por ejemplo por el servicio de monitorización de pacientes en riesgo.

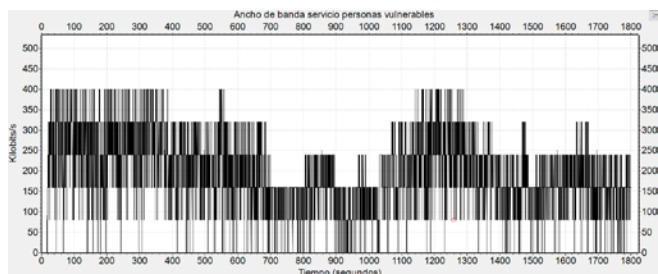


Fig. 2. Ancho de banda servicio personas vulnerables

Otro aspecto importante en las redes convergentes es el retardo para los servicios en tiempo real. En el caso concreto de la voz, retardos mayores de 150 milisegundos disminuyen apreciablemente la inteligibilidad de la conversación. En la Fig. 3 puede observarse que en este caso el retardo está muy por debajo de la recomendación y se sitúa en torno a los 0.3 milisegundos.

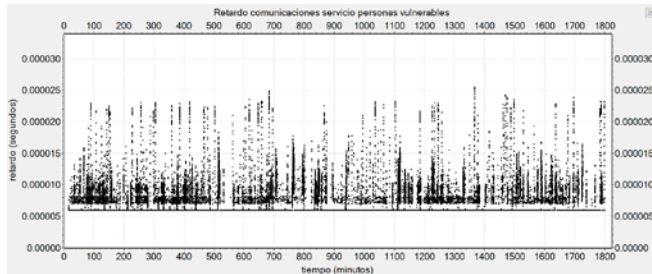


Fig. 3. Retardo en el servicio de personas vulnerables

B. Resultados para los servicios de monitorización y acceso a sistemas RIS/PACS

Por razones de espacio se omiten las gráficas de teleconsulta y se incluyen en una única gráfica (Fig. 3) el ancho de banda consumido por los servicios de monitorización remota de pacientes crónicos, de pacientes en riesgo y acceso a sistemas RIS/PACS. En la Fig. 4 puede observarse como el tráfico RIS/PACS supera en algunos casos la máxima capacidad de pico permitida (PIR).

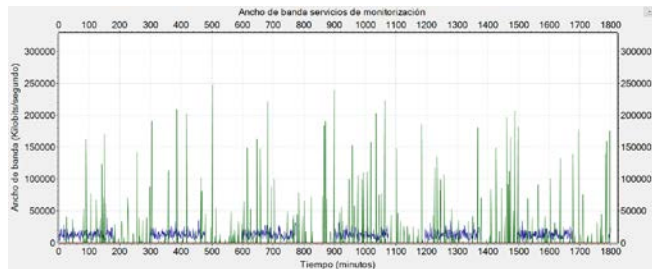


Fig. 4. Ancho de banda de servicios de monitorización y RIS/PACS

SimulCity proporciona estadísticas de pérdida de paquetes por servicio. En este caso la tasa de pérdida de paquetes (descartados por la red) es de 18.7 paquetes por millón, que cumple con los objetivos de calidad de las recomendaciones internacionales.

C. Ancho de banda total consumido

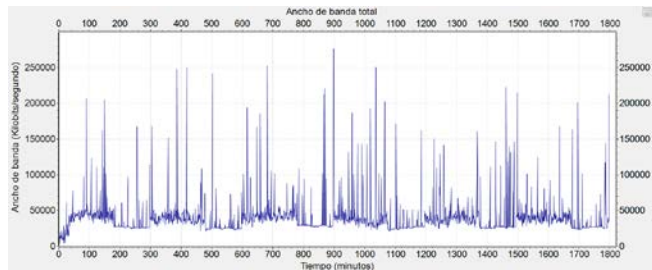


Fig. 5. Ancho de banda total

Por último, el ancho de banda consumido por la totalidad de los servicios descritos en la Tabla IV se muestra en la Fig. 5, que como se puede observar alcanza picos de 270 Mb/s. muy alejado del ancho de banda contratado de 1Gb/s. por lo que no existirá ningún tipo de congestión.

V. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El presente trabajo muestra la relevancia que los servicios asociados al bienestar ciudadano poseen en las Ciudades inteligentes, así como el enfoque metodológico de algunos indicadores clave. También se describen los resultados de la simulación de un escenario de servicios a los ciudadanos utilizando la herramienta de simulación SimulCity.

Dos líneas de trabajo futuras se pueden derivar del trabajo presentado. La primera, la evaluación sistemática del impacto del sobre las redes de telecomunicación de servicios de “Smart-Health” que se desplieguen en la ciudad inteligente. La segunda, conectar los sistemas de información municipales (Plataforma de Ciudad) con los sistemas de información sanitarios para diseñar políticas coordinadas de concienciación y prevención en colectivos.

REFERENCIAS

- [1] ITU-T Y.frame-scc (under study), Framework and high-level requirements of smart cities and communities, November 2015.
- [2] ITU-T Y.ism-scc (under study), A Technical Framework of Integrated Sensing & Management for Smart Sustainable Cities, 10 November 2015.
- [3] ITU-T Y.4805 (under study), Identifier service requirements for the interoperability of Smart City applications, November 2015.
- [4] ITU-T Y Suppl. 31 (01/2016), ITU-T Y.4550 series – Smart sustainable cities-Intelligent sustainable buildings, January 2016.
- [5] ITU-T Y Suppl. 28 (01/2016), ITU-T Y.4550 series – Smart sustainable cities - Integrated management, 26 January 2016.
- [6] ITU-T Y.4903/L.1603 (10/2016), Key performance indicators for smart sus-tainable cities to assess the achievement of sustainable development goals, July 2017.
- [7] ISO/TC 268: Sustainable development in communities. UNE-ISO 37120:2015 Desarrollo sostenible en las ciudades. Indicadores para los servicios urbanos y calidad de vida, 2015.
- [8] ITU-T Y.SC-OpenData (under study), Framework of Open Data in Smart Cit-ies, 10 November 2015.
- [9] AENOR AEN/CTN 178 PNE 178201:2016 “Ciudades inteligentes. Defini-ción, atributos y requisitos”, Asociación Española de Normalización (AENOR)
- [10] L. Yu, Y. Lu and X. Zhu, “Smart hospital based on internet of things”. *Journal of Networks*, vol. 7, pp. 1654-1661, 2012.
- [11] ITU-T Recommendation Y. 2001- Next generation Networks General Overview, 2001.
- [12] A. Gomez-Sacristan, M. A. Rodriguez-Hernandez, V. Sempere, “Evaluation of Quality of Service in Smart-Hospital Communications”, *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, vol. 5, pp. 1864-1869, 2015.
- [13] A. Gomez-Sacristan, M. A. Rodriguez-Hernandez, V. Sempere, “Telecom Design Services in Smart-Hospital Communications”, *2016 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE)*, pp. 133: 1-6, 2016.
- [14] OMNET Project. <http://omnetpp.org/>.