

Un acercamiento a los tipos de servicios y utilización de la red móvil para la interconexión de dispositivos IoT

Sara Elisabet Maldonado G. , Carolina Guapacha Garcia.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

semaldonadog@correo.udistrial.edu.co

cguapachag@correo.udistrial.edu.co

Resumen -Desde el 2010 el paradigma de Internet de las cosas IoT, ha supuesto una revolución en la conectividad a nivel empresarial, debido a que es posible automatizar ciertos procesos que no requieren de la intervención humana de manera presencial, sin embargo, esto también supone un gran reto a nivel de diseño e implementación, así como gestión de tráfico de los datos a través de los operadores. Con el paso de los años, se ha masificado el uso de estos servicios principalmente en la industria agrícola y muchos de los desarrollos y emprendimientos que existen en el país, están enfocados precisamente en dicha industria.

A continuación vamos a hablar de los tipos de servicios IoT y M2M que actualmente se implementan sobre las redes móviles de los diferentes operadores en Colombia, describiendo las características de cada uno de estos y enfocándonos principalmente en las redes 2G y el posible impacto en su apagado.

Abstract -Since 2010, the Internet of Things IoT paradigm has meant a revolution in business-level connectivity, because it is possible to automate certain processes that do not require human intervention in person, however, this also means a great challenge at the level of design and implementation, as well as data traffic management through operators. Over the years, the use of these services has become widespread mainly in the agricultural industry and many of the developments and entrepreneurship that exist in the country are focused precisely on that industry.

Below, you will find the IoT and m2m services' definitions and characteristics, such as services that are being used at the moment by the different communication companies in Colombia, describing the characteristics of each of these and focusing mainly on 2G networks and the possible impact on their shutdown.

I. INTRODUCCIÓN

Hasta hace más de 40 años, las telecomunicaciones solamente servían para comunicar personas. Las formas en que las personas, geográficamente distanciadas, podían comunicarse eran únicamente por medio de la telefonía fija y más recientemente, mediante el uso del correo electrónico. Con la aparición de la telefonía móvil hubo una evolución abismal en la forma en la que las personas se comunican. Hoy en día se observa que las telecomunicaciones tienen muchas otras aplicaciones ya que la información puede adquirir distintas formas o modularse de muchas maneras las cuales pueden traducirse en muchos tipos de contenidos. Esta flexibilidad en la interpretación de la información y las altas velocidades de transmisión que se logran las tecnologías actuales, logran que se amplíen los tipos de servicios que se ofrecen con el uso de las redes de telecomunicaciones. Nace entonces lo que los economistas llaman la Cuarta Revolución industrial, donde las tecnologías digitales y la transmisión de datos en tiempo real contribuyen a que las industrias transformen sus procesos en sistemas autónomos donde en su mayoría no necesitan de la intervención humana. Estos servicios son IoT y M2M (Internet de las cosas y Máquina a máquina) que serán tratados más a profundidad en los siguientes acápite iniciando con un recorrido histórico del desarrollo y evolución de la transmisión de datos a través de las redes de telefonía móvil, hasta mostrar cómo las redes de quinta generación, serán el pilar fundamental del paradigma de IoT.

II. TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA SEGUNDA GENERACIÓN DE LAS REDES MÓVILES.

Se puede decir que con la segunda generación de las redes de telecomunicación móviles, comenzó a popularizarse la telefonía móvil y fue una introducción a las comunicaciones digitales como las conocemos hoy en día. A principios de la década de los 90, el ecosistema de la telefonía móvil estaba dominado por dos tecnologías, por un lado un estándar utilizado por la empresa norteamericana Motorola y por otro lado la tecnología impulsada en el marco europeo por la empresa Finlandesa Nokia, ambos mantenían una constante puja por ese mercado emergente.

La empresa nórdica utilizó un estándar tecnológico común digital y de uso práctico en toda la comunidad europea. Su origen se remonta a la investigación de un grupo de especialistas encargados de desarrollar esta tecnología de comunicación. Este grupo creado por la iniciativa de la CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications), se denominó Grupo Especial Móvil e ideó el concepto de la arquitectura del teléfono móvil de amplio uso en la actualidad y de la tecnología GSM, inicialmente las siglas de (Groupe Spécial Mobile), que después pasó a llamarse Global System for Mobile phone communications la cual surge en 1992, operando en la banda de 900 MHz [1], en poco tiempo se vio la futura escasez de frecuencias para los usuarios, de modo que se desarrolló un nuevo sistema europeo basándose en los mismos estándares, pero que podría utilizar el espectro de frecuencia de 1800 Mhz la cual recibió el nombre de DCS (Digital Cellular Service) 1800 o también GSM 1800 y fue el primer estándar disponible que permitió roaming.

El concepto fundamental de esta tecnología, es realizar conexiones mediante conmutación de circuitos a través de la red, utilizando como método de acceso al medio la técnica TDMA (Time Division Multiple Access) [2], heredada de la red ISDN (Integrated Services Digital Network) existente en el momento del desarrollo de este estándar y que era utilizada en la telefonía digital fija de ese momento por operadores de telefonía en Norteamérica, Sudamérica, la parte asiática del Pacífico y Europa del Este.

En el otro lado de la moneda Motorola decidió seguir utilizando la tecnología CDMA (Code Division Multiple Access), que es el estándar CDMAOne o Interim Standard 95 (IS-95), inicialmente fue desarrollada por la empresa norteamericana Qualcomm y se define como una tecnología de acceso múltiple por tiempo por reserva de paquetes, el concepto es que todos los usuarios hablen

por la misma frecuencia o en el mismo tiempo. La diferencia con la tecnología europea, radica en que el paquete lleva una dirección y los paquetes son entregados, el teléfono es capaz de recibir todos los paquetes que hay en el aire, pero solo procesa los que llevan su dirección (un código) que es el equivalente a la conmutación de paquetes en la telefonía fija, una característica importante de esta tecnología es el uso eficiente del espectro radioeléctrico debido a que con este sistema se gana un 60% aproximadamente de capacidad para una misma frecuencia, dado que solo se utiliza la red cuando se transmite información con un código específico. [2]

En Japón se creó la tecnología JDC (Japanese Digital Cellular) dentro de esta denominada segunda generación que evolucionó hacia la tecnología PDC (Personal Digital Communications) y fue el estándar digital de mayor uso en ese país.[3]

A pesar de que cada tecnología fue desarrollada por organismos distintos en regiones diferentes, lo que todos ellos tenían en común era su intención de abordar la falta de capacidad en los sistemas analógicos, mejorando la calidad de la voz, la cobertura y capacidad de transmisión de datos a baja velocidad.

Con todas estas tecnologías desarrolladas y utilizadas en diferentes lugares, la función de la estandarización resultó de gran complejidad y poca adaptabilidad sobre todo porque se buscó la mayor aceptabilidad de las normas en los mercados, como en Estados Unidos que diferentes operadores decidieron utilizar las tecnologías TDMA, CDMA y en menor medida GSM, esto supuso un aumento de la complejidad normativa técnica, por ejemplo, para permitir la trashumancia entre las tres tecnologías puso en riesgo la aplicabilidad universal de la SIM Card utilizada por GSM para proveer el servicio, debido a que la normativa no contemplaba su funcionamiento. [3]

La tecnología dominante en esta generación fue la GSM, debido a que no solo ofrece transmisión de voz de alta calidad en una amplia gama de bandas de espectro, entre las ventajas diferenciadoras de esta tecnología fue la introducción de un sistema de red digital que provee servicios integrados, en los que los datos de los abonados no eran contenidos en un dispositivo de telefonía (teléfono móvil) sino en un chip "inteligente", denominado tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) en donde se registra la identidad del abonado y todos los servicios que se contrataba con algún operador de telefonía móvil. GSM introdujo la funcionalidad de los SMS (Short Message Service) que fue el pionero en servicios de mensajería de texto de hasta 160 caracteres

en dispositivos móviles que en generaciones posteriores evolucionó a servicios de mensajería instantánea más avanzados hasta los que conocemos hoy en día.[4]

La evolución de GSM estuvo marcada por tres fases de desarrollo, la primera estuvo orientada a satisfacer los requerimientos y necesidades de transmisión de voz y SMS, la segunda fase trajo consigo un avance significativo con la transmisión de datos y fax y finalmente en la fase 2+ se obtienen mejoras en la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados entre ellos GPRS y EDGE (RBS2308/9).[5]

A. *Protocolos de Transmisión de Datos.*

El Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas WAP (Wireless Application Protocol) apareció desde 1999 como un estándar que permitía el acceso a contenido Web o HTML a usuarios con dispositivos móviles. [5] El desarrollo de este protocolo fue impulsado por más de 200 empresas en todo el mundo entre las que se destacan Nokia, Ericsson, Motorola y Unwired Planet; El estándar WAP permitía a los móviles aptos para 3G, tener acceso a Internet. Pero debido a una baja velocidad de transmisión (9,6 Kbps) y a la interfaz del GSM, la navegación no se realizaba a través de páginas HTML, sino que se utilizaba el formato WML basado en el lenguaje de marca XML[6]. Este formato permitía optimizar los ficheros de datos para poder ser transmitidos por redes GSM, la aparición de este protocolo permitió por primera vez que dispositivos como los teléfonos móviles de esa época, transmitieran datos de forma inalámbrica a través de un servicio de datos avanzados. [5]

Las limitaciones de la velocidad en banda estrecha y las interfaces de navegación poco amigable con los usuarios, supuso un aparente fracaso para esta tecnología, pero se demostró que el estándar GSM, era la plataforma óptima sobre la cual era posible implementar tecnologías de transmisión de datos estables y universales, esto llevó a desarrollar el GPRS dentro de una evolución de la plataforma GSM, lo que permitió el desarrollo de servicios más avanzados y con una óptima gestión del ancho de banda.

La tecnología GPRS (General Packet Radio Service), en español Servicio General de Paquetes por Radio, permite el envío y la recepción de información a los teléfonos móviles dividiendo la información en paquetes, los cuales son transmitidos por plataformas GSM, GPRS logra esto utilizando la tecnología de ranuras múltiples (ranuras de tiempo), lo que permitió enviar la información por paquetes de datos en periodos de

tiempo, que optimiza la gestión del medio, dando prioridad y disponibilidad a la transmisión de voz, mientras se transmiten los datos. A través de GPRS se pueden enviar y recibir paquetes de información (datos, emails, imágenes, gráficos y con ciertas limitaciones, servicios de Streaming de Video a través de protocolos RTSP {Real Time Streaming Protocol} y RTP {Real-time Transport Protocol}) [7] en un teléfono móvil o cualquier dispositivo que soporte la tecnología GSM, también es posible utilizar el equipo móvil (GSM) como módem inalámbrico, conectándolo vía infrarrojo, bluetooth o cable a un computador portátil (laptop) PDA (Personal Digital Assistant) en español Asistente Digital Personal u otros dispositivos que permiten estos tipos de conexión; con GPRS se puede transmitir información y simultáneamente contestar una llamada, esto se conoce como Always on. El GPRS actualiza los servicios de la tecnología GSM para ofrecer acceso a redes de datos estándar como TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol).

Cuando se transmiten datos a través de GPRS, la información es encapsulada en paquetes cortos, en cuya cabecera se indican las direcciones de origen y destino, cada uno de estos paquetes pueden seguir rutas diferentes (MPLS, Internet) a través de la red hasta llegar a su destino. Los paquetes no son enviados a intervalos de tiempo, sino que cuando se necesita, se asigna la capacidad de la red, siendo liberada cuando no es necesaria, priorizando así el servicio de voz, sin embargo, actualmente los servicios de telefonía que utilizan el estándar GSM, han disminuído drásticamente, razón por la cual este recurso puede ser empleado para transmisión entre dispositivos M2M (machine to machine) para la transmisión de datos debido al poco consumo de recurso que requiere.

El sistema GPRS, además de las actuales entidades GSM requiere una serie de nuevos elementos como:

- Un nodo GGSN (Gateway GPRS Support Node) que actúa como puerta de enlace entre la red GPRS y redes públicas de datos como IP y X.25, conectando también con otras redes GPRS. [5]
- Un nodo SGSN (Serving GPRS Support Node) servidor que soporta GPRS.
- Una estructura principal o red troncal GPRS (backbone).

El concepto principal de GPRS es la orientación a la comunicación de paquetes. La diferencia principal entre una comunicación orientada a circuitos (Sistemas Digitales) y una orientada a paquetes, es la utilización de

los recursos de red; mientras en circuitos se ocupa el recurso durante toda la comunicación, en paquetes sólo se requiere cuando existe algo que transmitir o recibir. Un ejemplo de esto es el caso de un acceso a Internet, una comunicación orientada a paquetes únicamente usaría los recursos cuando el usuario estuviera bajando una página o subiendo a internet cualquier tipo de información, y no cuando se realiza una consulta en un buscador Web (Google, Bing). Esto permite una mejor gestión en la eficiencia del uso de los recursos

GPRS está basado en la arquitectura GSM incorporando dos nuevos nodos, el SGSN y el GGSN, con funcionalidades complementarias. A nivel general, el SGSN es el que se encargará de toda la gestión de la movilidad, y mantenimiento del enlace lógico entre móvil y red, mientras que el GGSN es el que proporciona acceso a las redes de datos actuales, sobre todo a las basadas en IP. A nivel del medio radio, los cambios están orientados a la gestión de una comunicación de paquetes sobre la interfaz aire. Es preciso tener un software a nivel de BTS (Base Transceiver Station) y un dispositivo hardware en BSC (Base Station Controller), la PCU (Packet Control Unit), encargada de manejar la comunicación de paquetes.

GPRS Architecture

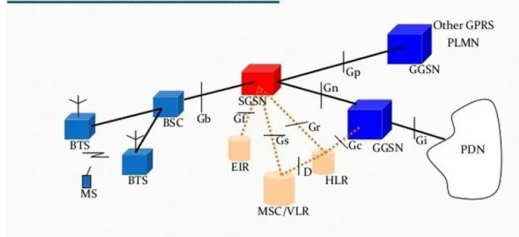


Fig. 1 Arquitectura red GPRS. Fuente:

<https://es.gearbest.com/blog/how-to/what-is-gprs-and-what-are-t-he-advantages-of-it-2849>

La mejora de velocidad se produce mediante la utilización de esquemas de codificación de canal junto con la posibilidad de multislot para un único usuario, con lo cual se podría llegar hasta los 171 kbit/s. por usuario. A partir de la BSC es necesario realizar las configuraciones para que la plataforma esté orientada a paquetes. Se trata de una plataforma con nodos, el SGSN y el GGSN integrado totalmente a un backbone basado en IP.

El concepto clave es el tunneling, que se basa en el encapsulado de los datos con introducción de cabeceras de direcciones de destino y origen, en la actualización de tablas de enrutamiento existentes (tanto en el SGSN y el GGSN) y en la asignación de una dirección IP al móvil.

Se desarrolló una versión mejorada de GPRS denominada EGPRS (Enhanced GPRS) o conocida también como EDGE (Enhanced Data rates for GSM of Evolution) que en español se podría traducir como tasas de datos mejoradas para la evolución de GSM, también está basada en la tecnología de acceso al medio por multiplexión de tiempo TDMA del estándar GSM y está diseñado para trabajar en conjunto con tramas GSM y TIA-136, utilizando una o varias ranuras temporales (timeslot) para trabajar intercaladamente con el canal que transporta voz, para esto utiliza una modificación en la modulación empleada GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) que es una actualización del protocolo de datos para manejar mayores anchos de banda disponible, permite alcanzar velocidades de hasta 384 kbps y recibir datos de mayor tamaño como pueden ser grandes archivos adjuntos de correo electrónico o navegar por páginas Web con contenido HTML que integren lenguaje CSS o JavaScript.

B. Conmutación de paquetes en GPRS

La idea básica de GPRS es proporcionar una portadora de conmutación de paquetes en una red GSM. [9]

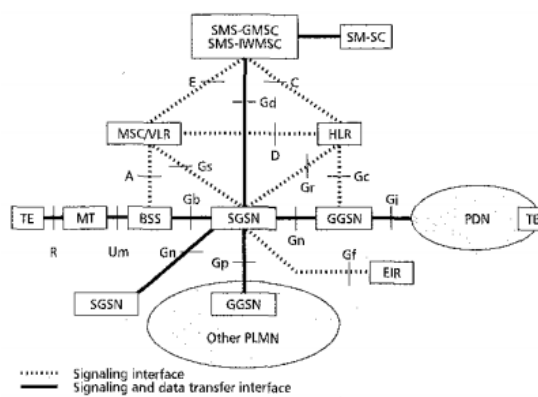


Fig. 2 Arquitectura del nodo lógico GPRS. Fuente:

<https://biblus.us.es/>

III. TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA TERCERA Y CUARTA GENERACIÓN DE LAS REDES MÓVILES

C. Tercera Generación (3G).

La transición a las redes 3G, permitió el despliegue de un abanico de servicios que se podían ofrecer en estas redes. Entre las bondades de los estándares 3G se encuentra el uso de las capacidades multimedia, una tasa de velocidad de transferencia de datos mucho mayor que permitió la comunicación de audio y video en tiempo real a través de una conexión a Internet, y una mejora en la calidad de la transmisión de la voz. [8]. La UIT desarrolló el marco técnico y normativo a través del International Mobile

Telecommunications IMT- 2000¹, paralelamente el foro 3GPP desarrolló la interfaz de Radio Acceso por División de código de Banda Ancha - WCDMA (Wide Code Division Multiple Access), basada en gran medida en los protocolos y principios de la tecnología de la tercera generación de Acceso Múltiple por Separación de Código denominada CDMA, el cual utiliza un modo de comunicación de acceso múltiple en donde varias transmisiones se realizan sobre el mismo canal simultáneamente; Esta tecnología WCDMA es la base para el sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y se presentó como la solución sucesora a la tecnología GPRS, debido a que dicha tecnología no podía evolucionar para soportar el tráfico de contenido de alta carga de capacidad multimedia (paquetes de audio y video en tiempo real), con una tasa de transmisión eficiente que permitiera disfrutar de contenido con una alta calidad. Por su parte la tecnología UMTS permitió alternar varias redes durante la conexión sin perder la comunicación. Así mismo, soportó nuevos servicios bajo el protocolo IP gracias a que permitió una elevada tasa de transmisión de datos. [8]

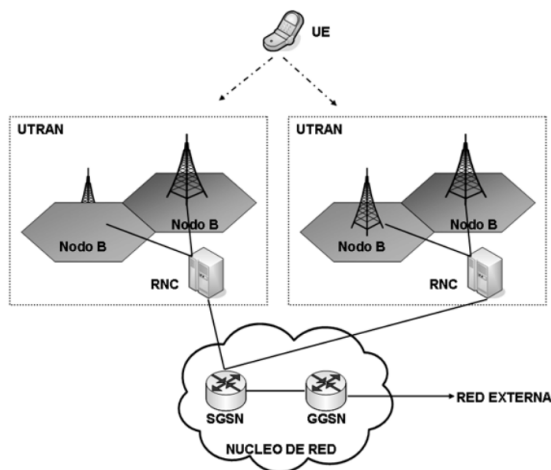


Fig. 3 Elementos básicos red UMTS. Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Elementos-principales-del-ominio-de-paquetes-de-la-arquitectura-UMTS_fig3_3455217

La interfaz de radio conocida como UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access) logró conseguir altas velocidades de transmisión de manera confiable, demostrando su excelente capacidad para la transmisión de aplicaciones que requieren un alto consumo de red con una alta calidad como las aplicaciones de real time tipo Streaming media, herramientas colaborativas de mensajería instantánea en las que son necesarias altas velocidades de conectividad inalámbrica y que requieren una mayor asignación del espectro radioeléctrico. Con el

¹ Para mayor información visitar la siguiente URL: <https://www.itu.int/itu-news/issue/1999/04/imt2000-es.html>

fin de mejorar la interfaz UMTS para las redes de tercera generación (3G), surgió el protocolo de Acceso de paquetes de Alta Velocidad denominado HSPA (High-Speed Packet Access), el cual se puede definir como una combinación de protocolos como el HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) una actualización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA que permite aumentar la velocidad de transferencia de datos de descarga (download) y el protocolo HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) que mejora la tasa de transferencia de subida, esto se consideró como la generación 3.5(G) [8].

El protocolo HSPA Evolution también conocido como HSPA+ definido como el estándar de banda ancha, permite utilizar una arquitectura basada totalmente en IP, en donde se mejora la tasa de Uplink y Downlink en alrededor de un 20% de la capacidad de tráfico, se logra una red más rápida, fácil de desplegar y con mejores funcionalidades operativas.

En esta tercera generación de redes móviles aparece una tecnología denominada Machine Type Communications (MTC) de la organización 3GPP que definió un estándar para las comunicaciones máquina a máquina (M2M), el cual es un conjunto de protocolos para la comunicación de dispositivos MTC con un servidor central y entre sí a través de redes móviles o a través de internet sin la intervención humana, entre las características más importantes de este estándar están el bajo consumo de potencia, el consumo reducido de recursos de red debido al tamaño pequeño de los datos transmitidos, el control de tiempos de transmisión [11] este estándar permitió el desarrollo la evolución de un concepto definido como IoT (Internet of Things o en español Internet de las Cosas) en la cual dispositivos con pequeñas capacidades de procesamiento y memoria se comunican entre sí a través de Internet para formar un entorno “inteligente” denominado por el fabricante de dispositivos de Red Cisco como la niebla computacional, que es un concepto que integra la computación tradicional, con la computación en la nube y la comunicación de dispositivos MTC M2M.

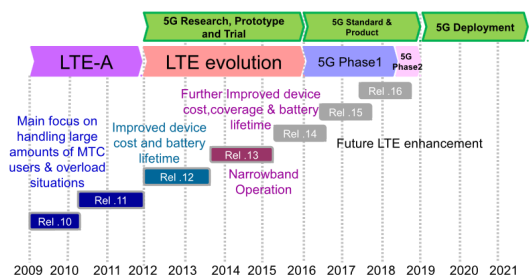


Fig. 4 Evolución de transmisión de datos en 3GPP. Fuente: https://orbilu.uni.lu/bitstream/10993/24796/1/main_jsac.pdf

D. Cuarta Generación (4G)

La cuarta generación de tecnología de redes móviles está soportada por el desarrollo realizado por el Sistema Internacional Avanzado de Telecomunicaciones Móviles (IMT-Advanced)² de la UIT. La cuarta generación supuso una evolución de una plataforma integral para la transmisión de datos a través de redes inalámbricas con mejoras importantes en la gestión de la banda ancha respecto a las generaciones anteriores, entre los aspectos a destacar, se encuentra una mayor eficiencia del espectro para manejar a más usuarios a velocidades de datos más altas por canal de radio, una arquitectura basada en paquetes para reducir los costos [8], menor latencia en la comunicación de las aplicaciones que se interconectan por Internet, mejores prestación y calidad de servicios multimedia. La red de acceso de cuarta generación denominada LTE (Long Term Evolution) es un sistema basado totalmente bajo el modelo del protocolo IP, con el objetivo de ser una plataforma que proporcione alta velocidad de transmisión, alta calidad, capacidad de crecimiento y seguridad a los servicios de transmisión de voz y datos en la que la mayor parte del contenido es multimedia.

LTE es una interfaz que permite una alta tasa de transferencia de datos que soporta hasta los 100 Mbits/s de bajada y 50 Mbits/s de subida, esto ya que LTE utiliza el método de conmutación de la voz a través de paquetes de IP, utilizando la tecnología VoLTE (Voice over LTE) que mejora la calidad del audio y gestiona mejor los recursos, ya que, puede ser desplegado en frecuencias que van desde 700 MHz hasta 2.7 Ghz. Los anchos de banda disponibles también son flexibles a partir de 1.4 MHz hasta 20 Mhz lo cual hace que sea una tecnología que fácilmente se puede desplegar en la infraestructura de los operadores de casi cualquier país.



Fig. 5 Evolución conectividad de dispositivos entre las generaciones de redes móviles. Fuente:

<https://www.crcom.gov.co/uploads/images/files/Documento-Modemizacion-redes-moviles.pdf>

IV. ESTADO DE LAS GENERACIONES DE REDES MÓVILES EN COLOMBIA.

Hace 27 años llegó la telefonía móvil a Colombia con equipos con los que solamente se podía hacer llamadas. Actualmente en Colombia, se encuentran en funcionamiento conjuntamente tres generaciones de las redes móviles (2G, 3G y 4G), cada una con sus ventajas, funcionalidades técnicas y avance tecnológico, ofreciendo servicios tanto de telefonía, como de datos, multimedia y todo tipo de servicios que se pueden manejar bajo el protocolo IP. Esto hace que los usuarios sean más exigentes, soliciten mejoras en los sistemas y nuevos modelos de servicios. Para tal fin, el enfoque del presente y hacia el futuro es la adopción de 5G y el apagado de 2G. Sin embargo, estos enfoques generan polémica debido a que en Colombia, más del 18% de los usuarios de telefonía móvil aún utilizan tecnología 2G según la Comisión de Regulación de Comunicaciones [8]. Además, la adopción de nuevas tecnologías depende más de los operadores y los usuarios que del ente regulador.

La mayor penetración de tecnología en Colombia corresponde a 3G y 4G, como se observa en el siguiente mapa:



Fig. 6 Mapa de cobertura 3G / 4G / 5G, red de operador Claro Movil Colombia. Fuente:

<https://www.nperf.com/es/map/CO/-/198197.Claro-Movil/signal>

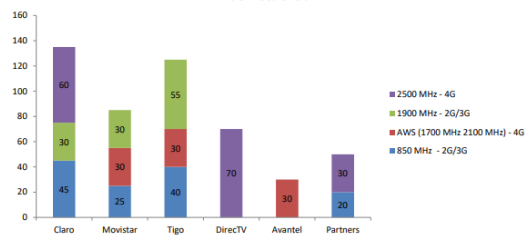
Donde se observa que aún se tiene penetración de tecnología 2G en algunas partes del territorio.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones MinTic, emitió la Resolución 3078 DE 2019 en noviembre 25 donde se abrió la subasta para los permisos de uso del espectro radioeléctrico cuya distribución se realizó el 20 de diciembre quedando distribuidas de la siguiente forma:

² Para mayor información visitar la siguiente URL:

<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-adv/Pages/default.aspx>

Gráfico 5. Estado actual de asignación de espectro para servicio móvil por PRST y banda de frecuencia



Fuente: MinTIC. Comunicado/ Resultados de la Subasta del Espectro Radioeléctrico. 20 de diciembre de 2019.

Fig. 7 Estado actual de asignación de espectro para servicios móvil por PRST y banda de frecuencia

En dicha resolución el **ministerio** declara que:

“En el marco de la ejecución del PND 2018-2022, el Pacto por la Transformación Digital tiene como uno de sus objetivos prioritarios cerrar la brecha digital, tanto en el ámbito geográfico como socioeconómico. Para cumplir este propósito, el PND propone, entre otras iniciativas, “adelantar una subasta de espectro en la banda de 700 MHz para facilitar el despliegue de la banda ancha y la conectividad”. En últimas, como se afirma en el documento de Bases del Plan, esta banda del espectro “es fundamental para mejorar la conectividad del país, en particular para el despliegue de la red 4G en todo el territorio”[10].

Esto significa que, a pesar del crecimiento de 4G en Colombia, la mayor participación aún la tienen las redes 3G y 2G que por su parte aún cuentan con participación en zonas suburbanas.

Ante esto se puede decir que Colombia va en un avance lento con respecto a las tecnologías existentes en el resto del mundo, pues el estado manifiesta afán por ampliar la tecnología 4G cuando en otros países ya están realizando pruebas de 5G y en Corea del sur ya es una realidad. Además, en algunos países como Canadá, Estados Unidos, España, entre otros, varios de los operadores de telefonía móvil realizaron el apagado de 2G entre el 2017 y el 2019.

V. EL INTERNET DE LAS COSAS Y FOG COMPUTING.

Siendo una concepción relativamente nueva, está presente en campos como la salud, el transporte, la seguridad, la agricultura. Se acuñó como concepto inicialmente en el año 1999 por Kevin Ashton [12].

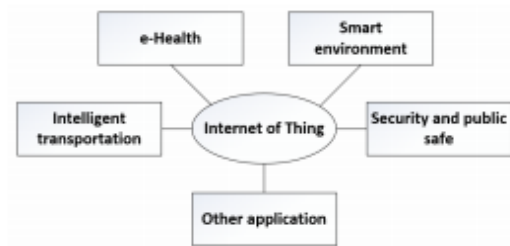


Fig. 8 Aplicaciones de IoT/MTC Fuente:

<https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.udistrital.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7986326>

La comunicación entre máquinas es conocida desde los 1800s. En 1980 un grupo de estudiantes de una universidad reconocida en Estados Unidos ideó la manera para controlar remotamente la máquina expendedora de Coca-Cola de la cafetería, llegando al punto de determinar si había unidades disponibles y si su temperatura era la correcta antes de incluso pararse de sus sillas para ir por su bebida. El Internet de las cosas es un concepto que describe la idea de conectar objetos del día a día a Internet, permitiendo que se identifiquen unos con otros junto con el intercambio de información entre los mismos [13]. El paradigma de Internet de las cosas describe a un mundo en el que casi todo lo que nos rodea puede estar conectado y se comunica de una manera inteligente con su ambiente. El propósito de este modelo es el de obtener los datos que infinidad de dispositivos conectados a la nube proporcionan para su posterior análisis. Debido a la falta de confiabilidad de los seres humanos al conseguir y almacenar datos, se busca que las máquinas puedan realizar estos procesos sin la ayuda de las personas. Antes, los computadores dependían casi en un 100% de los humanos para la obtención de información, el problema que esto representa es que los humanos carecemos de precisión, atención y nuestro tiempo es limitado, lo que implica que nuestra capacidad para copiar datos es restringida y condicionada.

Se pensó entonces, ¿qué tal si tuviéramos computadores que pensarán por sí mismos y supieran todo de su entorno, obteniendo información sin la injerencia de las personas? Esta fue la idea fundadora del Internet de las cosas, es válido afirmar que las posibilidades que se abren gracias a las cantidades alarmantes de información son de gran importancia. Los datos almacenados gracias a los pequeños dispositivos que ahora están conectados a Internet, dan la oportunidad de aprender de nuestro ambiente.

Es por eso que el mundo de hoy, el tráfico de las redes móviles, proviene de una combinación de aplicaciones H2H (Human to Human o en español Humano a

Humano) y M2M (Machine To Machine), todo esto genera una gran cantidad de datos que deben ser analizados y procesados, por esto aparece el paradigma denominado Big Data.

Los dispositivos IoT/MTC en su mayoría son componentes electrónicos compuestos únicamente por circuitos combinatoriales, básicamente sensores que capturan cualquier tipo de información y chips que permiten transmitir pequeñas cantidades de datos y que no cuentan con circuitos tipo Flip-flops o latch que pueden almacenar y procesar información mediante los registros de paso (componente fundamental de la ALU (Arithmetic Logic Unit o en español la unidad aritmético lógica) o registros de almacenamiento que componen la memoria interna del procesador, por lo cual estos dispositivos no pueden realizar procesamiento o almacenamiento de información y por ende es necesario que la información sea transmitida a equipos informáticos con circuitos lógicos más complejos como computadores personales o dispositivos de cómputo de datacenter como servidores, los cuales pueden gestionar y almacenar grandes cantidades de información, es por esto que los dispositivos IoT/MTC deben conectarse mayormente por medio inalámbrico, aunque también hay dispositivos que pueden conectar mediante cable UTP.

El Big Data se convierte en algo básico para poder procesar la información que los dispositivos IoT transmiten y reciben a cada segundo, siendo sensores interconectados, emitiendo información y sin la posibilidad de procesarla, se ve la necesidad de transmitir dicha información con el fin de utilizarla en grandes volúmenes para luego tomar decisiones en los distintos campos en los que encontramos este tipo de dispositivos.

Con el pasar de los años, la cantidad de dispositivos IoT se ha incrementado de manera exponencial y se han aumentado las posibilidades de automatización gracias entre otras cosas al uso de las ventajas del manejo de grandes cantidades de información directamente desde su fuente.

Existe una variedad sorprendente de aparatos incluidos en la creciente Internet de las cosas desde dispositivos físicos o sensores que tiene la capacidad de captar información del medio ambiente y obtener datos de varias fuentes para transmitirlos a un dispositivo que pueda procesar la información, hasta Termostatos que aprenden de la rutina de una familia para hacer ajustes en la temperatura dependiendo de la hora del día, enchufes inteligentes que pueden ser apagados o encendidos desde una aplicación móvil, sistemas de alumbrado en hogares cuyos tonos y colores de iluminación pueden ser

modificados desde una tableta o teléfono móvil, cerrojos que se desbloquean automáticamente al sentir la presencia del dueño del hogar, cepillos de dientes inteligentes que premian a tus hijos cuando se lavan los dientes, refrigeradores que notifican cuando la comida esté por acabarse y dan recomendaciones de recetas basándose en el contenido de la nevera, sistemas de alimentación para mascotas cuando el amo no se encuentre en su casa, parches médicos que envían información de ritmo cardíaco a centrales de salud. Es una lista interminable de dispositivos que hoy se encuentran conectados a Internet, este universo no hace parte de la ficción, sino que se encuentra en las casas de países desarrollados en la actualidad.

La agricultura es uno de los sectores donde los dispositivos IoT tienen un amplio uso, como por ejemplo en el departamento de Cundinamarca Colombia, algunos invernaderos de cultivos de flores especialmente las rosas utilizan dispositivos de IoT para capturar la temperatura del sitio y enviarla a servidores donde se almacena y procesa la información y calcula las temperaturas necesarias acumuladas promedio para el corte del tallo y florecimiento del botón de la flor. En departamentos como Santander y Boyacá en Colombia cultivos de piscicultura (técnica que se ocupa de dirigir y fomentar la reproducción y cría de peces y mariscos), utilizan dispositivos IoT para medir el nivel de acidez del agua de los estanques en donde crían a los peces, esta información es enviada a ciertos servidores que realizan controles para determinar el tiempo de cambio de agua, para mejorar la calidad de de almacenamiento de los peces y para conservar un mejor sabor de sus carnes.

E. Fog Computing

El paradigma de Computación en la Nube ha dominado el ámbito de TI desde principio de la década pasada, debido a las ventajas y la oferta de valor que entrega tanto a las empresas como a los usuarios finales, el cual se puede definir como un modelo de servicio tecnológico que permite el acceso ubicuo, adaptado y bajo demanda en red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (por ejemplo: redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios), que pueden ser rápidamente provisionados y liberados con un esfuerzo de gestión reducido o interacción mínima con el proveedor del servicio, lo cual brinda una doble propuesta de valor porque en primer lugar la centralización explota las economías de escala para reducir costos de administración y operación de los sistemas. En segundo lugar, las organizaciones pueden evitar el gasto de capital de crear un centro de datos

consumiendo recursos informáticos a través de Internet de un gran proveedor de servicios. [14]

Por otro lado el Internet de las cosas (IoT) es una derivación de la computación distribuida que describe un conjunto de dispositivos, como por ejemplo, los televisores inteligentes, las neveras, los termostatos, los sensores en las empresas que se conectan entre ellos a través de Internet y que están generando un volumen y una variedad de datos sin precedentes, definiendo la realidad tecnológica. La importancia de IoT y las capacidades de la Computación en la nube, imponen una asociación por demás necesaria, en la cual, los dos modelos de computación se complementan produciendo muchos beneficios a los usuarios del ecosistema tecnológico actual [14]; según la consultora Gartner [15] se pronosticaba que para el año 2020, 50 Billones de dispositivos estén conectados entre sí y con los centros de datos remotos (Cloud Computing) a través de las redes de datos o Internet, en consecuencia, 43 billones de gigabytes de datos serán generados y necesitarán ser procesados en los centros de datos que integran el modelo de Computación en la nube (ya sean Nubes públicas o Nubes Privadas). Las aplicaciones que generan datos en dispositivos de usuario, como teléfonos inteligentes, tabletas y dispositivos portátiles, usan actualmente este modelo de servicio computacional como un servidor centralizado, pero pronto se convertirá en un modelo informático insostenible porque se necesitará de un conjunto de recursos, de cómputo, almacenamiento, conectividad con una alta performance para tener tiempos de respuesta casi en tiempo real y con una baja latencia, la realidad es que en la actualidad la computación en la Nube está experimentando serias dificultades para satisfacer los requerimientos de Internet de las cosas (IoT). Como respuesta a este inconveniente se propuso una solución que consiste en llevar el almacenamiento, las funciones de red y gran parte del procesamiento hacia los dispositivos “inteligentes” que se ubican al borde de la red, más cerca de la fuente de los datos. A esta solución la compañía Cisco Systems la denominó “Fog computing” [16] El concepto de Fog Computing o en español Computación en la Niebla, surge como respuesta a las limitaciones que se presentan en el paradigma de Computación en la nube. En una entrevista publicada en el portal “Channelbiz.es” Miguel Ángel López Peña, Director de innovación y desarrollo en SATEC describe la computación en la Niebla como: “La evolución natural del cloud. Esa evolución viene dada por el número, la cantidad de dispositivos personales e industriales que se están desplegando y se están conectando a la red. El concepto es tan básico como llevar la computación, el almacenamiento de esos

datos desde la nube que vemos hoy a los dispositivos que están al borde de la red. Ese es el concepto de Fog.”.

En este sentido se puede resumir la computación en la Niebla como la arquitectura computacional que integra o se complementa de tres modelos computacionales ampliamente usados hoy en día, La computación en la nube (Cloud Computing), la computación de la periferia (Edge Computing) que usa los dispositivos de Internet de las Cosas (IoT) y el Big Data, con el fin de tomar las ventajas de cada modelo e integrarlo a una solución más robusta, flexible y ampliamente adaptable a los requerimientos de cómputo presentes y futuros.

F. Multi-Access Edge Computing for IoT

MEC (Multi-Access Edge Computing for IoT) ofrece capacidades informáticas y de transmisión de datos a recursos que acceden a nubes públicas o privadas, teniendo en cuenta frecuencia de radio heterogéneo y unos entornos de red fija, asegurando baja latencia y altas velocidades de datos, por lo cual el MEC también puede alojar la funcionalidad de puerta de enlace local para los dispositivos de IoT ya que es capaz de realizar agregación y/o segmentación de datos, lo cual es fundamental para el Big Data para hacer informes de eventos como puede ser las mediciones de temperatura, o niveles de acidez. El MEC puede garantizar la escalabilidad mediante el procesamiento local y filtrado de datos que identifique la información que debe procesarse en la Edge computing o convertir en datos sin procesar para analizar y convertir en metadata que deba ser procesada en la Cloud Computing, evitando así la señalización innecesaria y un tráfico de datos extra que sobrecargue el backhaul y la red central de la nube. La MEC también puede habilitar una serie de servicios ubicados dentro de la red local que permite a empresas de transporte, conocer la ubicación, espacios públicos, análisis de videos, con el fin de conocer específicamente la ruta de transporte de mercancía para un área geográficamente limitada.

VI. EL DESPEGUE ESPERADO PARA IOT . ¿QUÉ ES LTE-M? Y EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN MÓVIL DE 5 GENERACIÓN

El estándar LTE-M (Long term Evolution Machine), es una tecnología que utiliza la red LTE 4G para dedicar recursos del mismo para comunicaciones IoT. Sin embargo, con el creciente número de terminales móviles de usuario final y el uso en aumento de los dispositivos M2M/IoT han generado mucha carga de tráfico sobre las redes de comunicaciones móviles, cabe aclarar que la

transmisión de datos entre estas dos clases de dispositivos es diferente .

NB-IoT y LTE-M son dos tecnologías de área amplia y baja potencia para el uso de aplicaciones de internet de las cosas para transmisión de pequeñas cantidades de datos en servicios de celular de ancho de banda bajo. En el siguiente cuadro se presenta una comparación de estas tecnologías:

	NB-IOT	LTE-M
Ancho de banda	180 KHz	1.4 Mhz
Velocidad pico	<100 kbps	384 kbps
Velocidad de subida / bajada	27.2 / 62.5 Kbps	Hasta 1 Mbps
Latencia	1.5 a 10 segundos	50 a 100 milisegundos
Vida de batería	Muy larga	Larga
Costo por módulo	Muy bajo	Bajo
Penetración en interiores	Excelente	Buena
Voz	No	Si, VLTE

Fig. 9 Comparativo entre LTE-M y NB-IOT Fuente: <https://accent-systems.com/es/blog/diferencias-nb-iot-lte-m/?v=42983b05e2f2>

Aunque ambas tecnologías están encaminadas a aplicaciones similares , las diferencias entre ellas , y las zonas de cobertura de cada cual, hacen que cada caso de uso incline la balanza entre una tecnología u otra.

VII. ARQUITECTURA MTC EN REDES 5G

Para hablar del despliegue y funcionalidad de los dispositivos IoT en las futuras redes de 5G, se tiene que hacer referencia a dos proyectos de estandarización desarrollado por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) estos dos proyectos son SmartM2M y oneM2M, que se han enfocado en resolver los problemas de fragmentación que presentan la transmisión de dispositivos M2M, para esto los dos proyectos se basan en el modelo de desarrollo de API's a través del framework RESTful Layer como una capa para brindar capacidad de servicio de interoperabilidad M2M SCL (Services Capability Layer). Ambos proyectos apuntan a la definición de una capa de servicio horizontal y es accesible a través de interfaces abiertas.

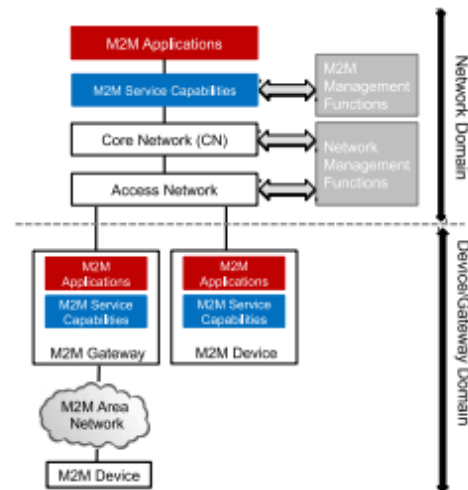


Fig. 10 Arquitectura de alto nivel SmartM2M Fuente: https://orbilu.uni.lu/bitstream/10993/24796/1/main_jsac.pdf

Las diferentes instancias de los frameworks RESTful puede ejecutarse de los dispositivos electrónicos, puertas de enlace e instancias de red, como se puede ver en la figura 7, por lo cual permite una comunicación a través de una arquitectura de comunicación genérica y como la 5 generación de redes móviles, es completamente basada en protocolos IP, hereda muchas de las características de la gestión remota de los dispositivos, seguridad, tráfico de datos, gestión de red definida por software, etc.

La arquitectura smart M2M para despliegue en redes de 5G está compuesta por dos dominios: el primero Dispositivo / Gateway Domain y el otro el dominio de red. El primero incluye la gestión de comunicación de los dispositivos y sus correspondientes puertas de enlace, esto genera un sistema abstracto que habilita todos los servicios que conlleva la conectividad de las arquitecturas smart M2M aprovechando los recursos disponibles en el dominio inferior o sea el dominio de red. Un dispositivo M2M puede ejecutar aplicaciones o funcionalidades M2M usando una instancia local de RESTful que esté conectado directamente al dominio de red a través de la red de acceso y puede proporcionar a su vez servicios a otros dispositivos. También se puede conectar a un dominio de red a través de una puerta de enlace M2M. La red M2M proporciona conectividad entre dispositivos M2M y puertas de enlace M2M. Una puerta de enlace M2M también ejecuta aplicaciones M2M usando una instancia local de RESTful y actúa como un proxy entre el dispositivo M2M y el dominio de red y pueden proporcionar servicios a otros dispositivos que se encuentren también en el dominio [17].

En resumen el modelo ETSI M2M adoptó el estilo de arquitectura RESTful, por lo tanto, un framework

contiene un árbol de recursos donde se guarda la información de la capa de comunicación debido a que el procedimiento para manejar los recursos también ha sido estandarizado. Un recurso es una entidad direccionable única en el vocabulario RESTful. Cada recurso tiene una representación que puede transferirse y manipularse con Crear, Recuperar, actualizar y eliminar acciones. Un recurso se abordará utilizando un identificador universal de recursos (URL). Para una mejor gestión en los recursos entre aplicaciones de las APIs y los dispositivos M2M las instancias son compatibles por medio de métodos que constituyen una forma de integración en las diversas interfaces de la arquitectura SmartM2M. Cada método transmite un conjunto de información definida como atributos de un método, aplicable a una capa de información que es programable a través de un paradigma de programación.

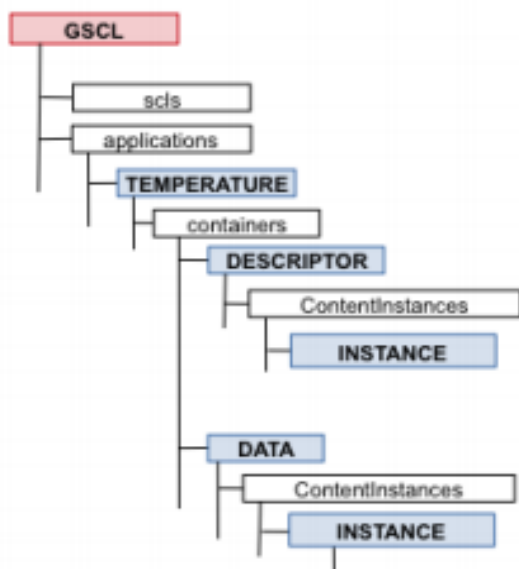


Fig. 11 Ejemplo de una estructura de recurso en árbol de Framework RESTful Fuente: https://orbilu.uni.lu/bitstream/10993/24796/1/main_jsac.pdf

Como se ve en la figura 8 una estructura en árbol incluye diferentes tipos de recursos de la siguiente manera: sclBase, scls, scl, aplicaciones, aplicación, y en adelante. El recurso sclBase describe SCL de alojamiento, y es la raíz o base para el despliegue de los demás recursos dentro del hosting SCL. El recurso scl almacena información relacionados con SCL distantes de otros dispositivos M2M, que residen en otras máquinas, después de autenticación mutua exitosa el recurso de la aplicación almacena información sobre la aplicación después de un registro exitoso en el hosting SCL. El recurso contenedor actúa como mediador para el almacenamiento en búfer de datos para permitir el intercambio de datos entre aplicaciones y SCLs. El

recurso "ContentInstances" en la gráfica 9 representa una instancia de datos en el contenedor.

A través del RESTful como un SCL el recurso gestiona la autenticación y las autorizaciones respectivas del dispositivo para limitar y proteger el acceso a la estructura del árbol de recursos.

El recurso de red mejora las operaciones del árbol de recursos agregando la función de agrupación. Por ejemplo, un recurso grupal podría usarse para escribir el mismo contenido o scripts en un grupo de dispositivos M2M instalados en una misma red [17].

El recurso de registro permite a los dispositivos IoT recibir una notificación asincrónica cuando ocurre un evento como la recepción de un nuevo evento sensor o la creación, actualización, o eliminar de un recurso. El recurso de datos contiene una representación parcial de un recurso en un SCL remoto para simplificar una solicitud de descubrimiento en SCL distribuidos. El recurso de descubrimiento actúa como un motor de búsqueda de recursos, para la integración y descubrimiento de dispositivos IoT.

VIII. APLICACIONES DE DISPOSITIVOS IOT EN REDES DE QUINTA GENERACIÓN

Diferentes fabricantes de dispositivos IOT y empresas fabricantes de dispositivos de conectividad líderes en el mercado y que actualmente realizan investigaciones para la implementación de redes 5G, indican que cuando se desplieguen las infraestructuras de equipos de conectividad para redes 5G, conceptos como ciudades inteligentes, telemedicina, automóviles autónomos en la que las innovaciones de 5G podrían permitir que los vehículos autónomos interactúen de manera segura entre sí, con la infraestructura de tráfico e incluso con las carreteras mismas pueden tener aplicaciones reales.

Por lo anterior el advenimiento de las redes 5G promete generar un mercado de alto valor económico y social, enfocando el mundo hacia un futuro en el que todos estemos realmente conectados. Aunque inicialmente se esperaba que la movilidad jugará un papel aún más importante en la vida de las personas, debido a la pandemia, se ha evidenciado la necesidad de estar conectados 24/7, pero para permitir la conectividad entre dispositivos sin la intervención humana será necesario agregar muchas más características y funcionalidades al enfoque predominantemente de banda ancha actual. Esto lleva inherentemente a un fuerte paradigma de redes heterogéneas (HetNet) con múltiples tipos de nodos de acceso inalámbrico (con diferentes MAC / PHY, cobertura, conectividad de retorno, parámetros de diseño

de QoS, entre otros). Con el fin de realizar un mayor cubrimiento y tener una capacidad adecuada de 5G aún con las tecnologías avanzadas, se requiere un mayor número de antenas. Económicamente hablando, para los operadores, será más efectivo instalar estas antenas en ubicaciones existentes aunque en algunos casos será necesario tener ubicaciones adicionales. Las redes móviles hoy en día, tienen una combinación de emplazamientos con macroceldas que proporcionan cobertura de área amplia y celdas pequeñas o microceldas que mejoran la cobertura y aumentan la capacidad en un lugar determinado. La instalación de microceldas aumentará en los próximos años. Debido a que las microceldas ayudan a mejorar cobertura y capacidad y teniendo en cuenta que se encuentran más cerca de los usuarios móviles, el desempeño general de los teléfonos se incrementa, se mejora la velocidad de los datos y se reduce la exposición del usuario. Éstas reciben el nombre de redes heterogéneas o "hetnets" lo cual ofrecerá la conectividad perfecta requerida para el IoT emergente a través de un complejo conjunto de mecanismos de coordinación y gestión [17].

Representación de una red móvil heterogénea ("hetnet")



Fig. 12 Representación de una red móvil heterogénea ("hetnet")

Fuente:

https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma_2017_5g_iot_wearable_web_ES_definitivo.pdf

Dos de las principales características técnicas son la velocidad en la transmisión de datos (el rendimiento) y el tiempo que tarda la transmisión de los datos por la red (el retardo, también conocido como latencia) [18].

Matriz de servicios que utilizan 5G

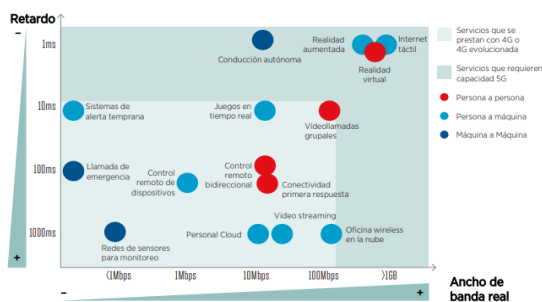


Fig. 13 Principales aplicaciones que tendrán las redes 5G

Fuente:

https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma_2017_5g_iot_wearable_web_ES_definitivo.pdf

G. Seguridad y privacidad de los datos en dispositivos IOT

El despliegue de un mayor número de dispositivos conectados entre sí sin la intervención de humanos y las altas velocidades de transmisión, presenta un desafío enorme con el fin de resolver problemas fundamentales relacionados con la privacidad y la confianza de los datos de IoT, debido a que en su mayoría son dispositivos electrónicos que sirven como sensores con un chipset muy limitado y sin una capa de software complejo por lo que no se puede encontrar chip o componentes de software que realicen cifrado de información o aplique cierto protocolo de seguridad para la transmisión de datos entre dispositivos M2M.

Las infraestructuras de las futuras redes 5G necesitan de ciertos requisitos, que van a hacer que dichas redes sean ampliamente utilizadas en un futuro próximo



Fig. 14 Requerimientos fundamentales en las redes 5G Fuente:

https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma_2017_5g_iot_wearable_web_ES_definitivo.pdf

Pero un requisito fundamental que debe ser el pilar fundamental en el despliegue de infraestructuras M2M debe ser la seguridad generando nuevos requisitos extendidos como la autenticación entre diferentes dispositivos, la autorización de la conectividad y la transferencia de datos y no repudio. En escenarios 5G, varios dispositivos diferentes se interconectarán entre sí. Por lo tanto, para un dispositivo para no representar un riesgo de ataque potencial para toda la red, se debe contemplar una capa de software que sea suficiente para cumplir con el estándar de seguridad en futuras implementaciones.

Obviamente, el modelo de medidas de seguridad actual no cumple con las necesidades del mercado IOT hoy en día, pero evolucionando a un escenario tecnológico de redes 5G las soluciones deben ser rediseñadas, identificando los parámetros cruciales referente a la

seguridad de transmisión, las deficiencias en las políticas de protección y siguiendo los fabricantes de los dispositivos los responsables de proponer nuevas soluciones adecuadas y acordes a los requerimientos del mercado tecnológico.

Junto con el desarrollo de dispositivos más rápidos y más eficientes, se debe contemplar la implementación de procedimientos de seguridad (especialmente necesarios para dispositivos en escenarios que transmiten a baja latencia), la arquitectura de seguridad 5G debe tener una especial atención a la protección de datos personales y los datos referentes a campos de la medicina. Esta preocupación por la privacidad en los datos personales ya han sido discutidos por la Comisión de estandarización Europea y organismos, incluidos 3GPP e IETF, en muchos foros. En realidad, desde la 2G, la privacidad de los datos de los usuario ha sido cuidadosamente considerada y evaluada desde el punto de vista de la seguridad y su implementación pero hasta ahora, las consideraciones que ofrece los organismos internacionales referente a la protección de la identidad del suscriptor móvil (IMSI) no parece superar la complejidad y dificultad para su implementación, por lo tanto, las soluciones para la ubicación y la privacidad de la identidad deben ser mejoradas en su diseño, con respecto a los utilizados actualmente para las redes 4G, intentando minimizar la sobrecarga de trabajo que generan sobre las capas del modelo de transmisión

Recientemente, se han revelado algunas vulnerabilidades importantes en los sistemas 4G LTE actuales, En un informe publicado, se informa que por lo menos 8 fabricantes, presentan problemas que residen en la implementación del stack TCP/IP en una librería desarrollada por la empresa. entre las principales vulnerabilidades se encuentran:

- **CVE-2020-11896 (CVSS 10):** Se puede provocar la vulnerabilidad mediante el envío de múltiples paquetes IPv4 malformados. Permite la ejecución remota de código, y ha sido demostrado en dispositivos de la empresa Digi Internacional. También es posible causar denegación de servicio.
- **CVE-2020-11897 (CVSS 10):** Similar a la anterior, pero en su vertiente IPv6.
- **CVE-2020-11901 (CVSS 9):** Explotable mediante la respuesta a una solicitud DNS realizada por el dispositivo. Permite la ejecución remota de código y ha sido probado en una UPS de la marca Schneider Electric APC.
- **CVE-2020-11898 (CVSS 9.1):** Exposición de información debido al incorrecto tratamiento de

inconsistencias en tamaño del paquete IPv4/ICMP.

Se espera que las redes 5G integren un conjunto heterogéneo de tecnologías de acceso inalámbrico, que permitan una conectividad muy rápida y eficiente, pero esto podría resultar en un aumento de un conjunto potencial de vulnerabilidades para datos que atraviesan varias infraestructuras o redes con diferentes tipos de tecnologías de conectividad, las vulnerabilidades presentes en una de las redes podrían explotarse para obtener acceso y atacar a todo sistema.

IX. EQUIPOS, APLICACIONES IOT, LA INDUSTRIA 4.0 IIOT Y EL IMPACTO EN EL CONSUMIDOR.

En un mundo marcado en muchas partes por la tecnología, Internet de las cosas desempeña un gran papel de interconectar todo lo que hace parte de la vida de los usuarios de manera digital . Sin embargo, Colombia es un país donde muchas empresas aún no se han incorporado al mundo digital cuando podrían ser líderes en esta área dado el gran potencial en industrias como agrícola, textil, transporte, la salud , entre otros.

El papel de la ingeniería en el desarrollo de la comunidad digital es acompañar a estas industrias en la transformación digital lo que se podría llamar la cuarta revolución industrial (industria 4.0) que se enfoca en interconectividad y automatización en tiempo real. Industria 4.0, también llamada IIoT o internet industrial de las cosas, integra la producción y las operaciones físicas con tecnología digital inteligente, aprendizaje automatizado y big data para crear un ecosistema moderno para las compañías .

Para poner un ejemplo, existen equipos para la industria agrícola que consiste en equipos medidores de calidad de aire, estaciones agroclimáticas que capturan variables para la detección de niveles de irrigación con el objetivo de optimizar el consumo de agua y fertilizantes:



Fig. 15 Sensor de variables ambientales en cultivos. Fuente: <https://enviraiot.es/monitorizacion-de-cultivos/>



Fig. 16 Sensor IOT de variable de concentración de gases contaminantes. Fuente: <https://enviraiot.es/dispositivos-sensores-iot/>



Fig. 17 Sistema móvil, con dispositivos IOT para vigilar la calidad del aire de variables ambientales en cultivos. Fuente: <https://enviraiot.es/dispositivos-sensores-iot/>

Los equipos Nanoenvi IAQ se integran en cualquier red IOT a través de los protocolos M2M habituales: WiFi, 2G, Bluetooth, ZigBee.

Si se apaga 2G en Colombia, las industrias que estén utilizando este tipo de sensores M2M o IoT para la automatización de sus procesos, tendrían que migrar a equipos que soporten los protocolos de las tecnologías activas según sea la situación como 4G y en un futuro 5G.

Ya que en el caso de 4G, el sucesor de IoT sería LTE-M, los compradores de estos sensores y equipos de monitoreo pueden identificar cuales funcionan con este protocolo si tienen el siguiente logo:



Fig. 18 Sensor de temperatura utilizado en instrumentación médica. <https://getefento.com/product/wireless-temperature-logger-lte-m-nb-iot/>

H. Piloto 5G en Colombia

Para el mes de mayo de 2020, Colombia Telecomunicaciones S.A., teniendo en cuenta la hoja de ruta trazada por el MinTic que planteaba el uso de las frecuencias en la banda 3.5 GHz para probar la tecnología y entender su funcionamiento, así como las necesidades existentes alrededor de dicha tecnología, inició un piloto junto con la secretaría distrital de salud de Bogotá en el que utilizaron una cámara óptico térmica para realizar la medición de la temperatura corporal de aproximadamente a 30 personas de manera simultánea y esto para realizar la medición constante a todas las personas que ingresaban a las instalaciones físicas de la secretaría y procesar y almacenar la información recibida. Este piloto fue realizado bajo una arquitectura 5G non-standalone o NSA compartida en parte con la red 4G.

A partir de los resultados del primer piloto, se realizó un nuevo piloto, junto con el Hospital militar en este caso 5G standalone, gracias a esto fue posible probar de una manera más profunda la red, ya que, se implementó el core en las instalaciones de Colombia Telecomunicaciones (Movistar) y se conectó a las radiobases 5G cerca al Hospital Militar central con antenas robustas y transmisión con alta capacidad al servicio del Hospital. Dentro del Hospital se instalaron unos CPS 5G que conectan las salas del tele triage y los pacientes de la unidad de urgencias junto con el Medical Trolley de las salas UCI con el equipo médico especializado del hospital. También se adaptó la red para comunicar el Hospital con los demás dispensarios o cantones en los cuales se reciben pacientes de las fuerzas armadas en cualquier ciudad del país. Luego de las pruebas realizadas, se obtuvieron velocidades de 1.62 gigas en enlace descendente y 176 megas en enlace ascendente. Lo que se logró con esta prueba, fue la posibilidad de monitorear en tiempo real las salas COVID disminuyendo el riesgo de contagio del virus.



Fig. 19 Medical Trolley 5G. Fuente: Prensa digital Colombia

CONCLUSIONES

El desarrollo y despliegue de redes móviles de quinta generación, estará dirigido principalmente a la tecnología MTC que definirá el horizonte tecnológico en los próximos años en donde se espera que los vehículos autónomos lleguen al mercado de forma masiva, asimismo, dispositivos que materializarán el concepto de ciudades inteligentes en donde cámaras de video, sensores de movimiento, semáforos inteligentes, tecnologías avanzadas de reconocimiento facial junto con los avances en inteligencia artificial, big data, machine learning, serán una realidad tecnológica en la cual las personas cambiarán la forma en la que aprenden, trabajan, se comunican y hasta se divierten. Las redes de quinta generación, prometen definir la realidad tecnológica y el avance humano en el que las máquinas jugarán un rol fundamental mejorando la calidad de vida.

En el punto de quiebre actual de la humanidad y enfocados principalmente en la realidad colombiana, el uso en piloto de esta tecnología 5G no solo fue algo nuevo para el país, sino que dicha aproximación frente a las necesidades del sector de la salud, evidenció un aporte importante como alivio a la problemática generada a partir de la pandemia.

La interoperabilidad de los dispositivos machine to machine, requiere que se defina una capa de software en la que sea posible la abstracción de funcionalidades de ciertas capas del modelo TCP IP, adicionalmente, agregará características de seguridad que debe ser el pilar fundamental en el despliegue de este tipo de dispositivos, por eso se piensa en el concepto de SD IoT (software defined Internet of Things) que ayudará a que en la infraestructura haya una controladora que gestione el tráfico de información, el acceso de los dispositivos y los permisos de consulta y modificación de datos y la seguridad para que el tráfico no sea un canal transparente para posibles atacantes.

El gobierno nacional, a través del MinTIC explora la posibilidad de apagar las funcionalidades de las redes tanto de segunda, como de tercera generación en los próximos doce meses, con el fin de fortalecer la funcionalidad de las redes de cuarta generación y liberar el espectro radioeléctrico y así los operadores se enfocarán en las pruebas e implementación de redes de quinta generación, debido a que se entiende que los dispositivos machine to machine, pasarán a ser dispositivos con mayores funcionalidades computacionales que requieren de una conectividad permanente, alta velocidad y baja latencia para servicios como telemedicina, educación a través de la tele

presencia, la agroindustria y la seguridad física de las personas, esto nos llevará a marcar el desarrollo tecnológico a futuro y hace parte de la revolución de la industria 4.0.

REFERENCIAS

- [1] J. Huidobro, Telecomunicaciones Tecnologías Redes y Servicios, 2a Edición actualizada, 2017, Ra-Ma©.
- [2] © de los autores, Telecomunicaciones Móviles, 2a Edición, 1998, marcombo Boixareu Editores, Barcelona.
- [3] L. Muñoz Jiménez. N. Cardona Marcet. B. J. Quiles Hervàs, proyecto final de carrera “Evolución de la Red de Transmisión de Acceso Móvil TDM a ALL-IP”, 2013, Universitat Politècnica de València.
- [4] C. Almad, Tesis de maestría en Ingeniería de las Telecomunicaciones “Evolución Tecnológica de las redes de nueva generación en entorno IMS”, Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- [5] J. A. Sanchez Wevar, Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero Electrónico “Análisis y Estudio de Redes GPRS” 2005, Universidad Austral de Chile.
- [6] G. R. Friedrich. J. R. Ardenghi Evaluación de las prestaciones de la Red GPRS para aplicaciones de monitoreo Remoto, Instituto de investigación en Ciencia y Tecnología Informática, Argentina.
- [7] A. Díaz. P. Merino. L. Panizo. A. M. Recio, Un estudio práctico del rendimiento del servicio de Streaming de Video sobre redes móviles GPRS/UMTS, Universidad de Málaga, Málaga, España.
- [8] Redes móviles en Colombia: Análisis y Hoja de Ruta regulatoria para su modernización, 2019, Comisión de regulación de comunicaciones, Colombia.
- [9] R. Kalden, I. Meirick, M. Mayer , Wireless internet Access Based on GPRS
- [10] Ministerio de Tecnologías de la información y las comunicaciones, Colombia, Resolución 3078 de 2019 (noviembre 25).
- [11] W.-H. Hsu. Q. Li. X. H Han. C.-W. Huang, A Hybrid IoT Traffic Generator for Mobile Network Performance Assessment. College of Communication Engineering, Chongqing University. China.
- [12] Cueva L.J.M., Rodríguez M J.I., Marín M, C.E., (2012),
INTRODUCCIÓN AL INTERNET DE LAS COSAS.
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1y25HwY>

OFfZVLQO4hNI_UgqDBHbw9-tJZYD5hI1ekoH
A/edit?usp=sharing

- [13] Martinez-Caro, J.-M.; Cano, M.-D, 2016, Un caso práctico de aporte de seguridad en IoT. Anuario de Jóvenes Investigadores, vol. 9 (2016) ISSN 2386-3676, Vol. 9,2016, págs. 220-223
- [14] Nelson Rodríguez, María Murazzo, Susana Chávez, Adriana Martín, Diego Medel, Jorge Mercado, Matías Montiveros, SEDICI Universidad Nacional de la Plata (Argentina), (2017), http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62562/Documento_completo.pdf?sequence=1
- [15] Gartner, Inc. Gartner Newsroom (2018) <https://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>
- [16] Maher Abdelshkour, Perspectives IoT, from Cloud to Fog Computing, (Marzo, 2015), Cisco Blog: <https://blogs.cisco.com/perspectives/iot-from-cloud-to-fog-computing>.
- [17] M. Palattella, M. Dohler, A. Grieco, G. Rizzo, J. Torsner, T. Engel. Internet of Things in the 5G Era: Enablers, Architecture and Business Models https://orbilu.uni.lu/bitstream/10993/24796/1/main_jsac.pdf.
- [18] GMSA. 5G, Internet de las cosas (IoT) y Accesorios tecnológicos, (Septiembre, 2017) https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma_2017_5g_iot_wearable_web_ES_definitivo.pdf

<https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.udistrital.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8718176>

<https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.udistrital.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7986326>

<https://www.iotone.com/usecases>
https://orbilu.uni.lu/bitstream/10993/24796/1/main_jsac.pdf

https://orbilu.uni.lu/bitstream/10993/24796/1/main_jsac.pdf