

El acceso al medio inalámbrico y su importancia en 5G

El acceso al medio inalámbrico y su importancia en 5G

Wireless access and its importance in 5G

Gustavo Adolfo Higuera Castro

Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Ingeniero en Telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente Tiempo Completo y líder del semillero de robótica, Fundación Universitaria San Mateo.

Correo electrónico: ghiguera@sanmateo.edu.co

Resumen

La revisión de las técnicas de acceso al medio inalámbrico en conjunto con las técnicas de modulación para 5G, permite el desarrollo y avance para futuras investigaciones, por lo anterior se empezó con el estado de arte en el cual se identificará que se está trabajando en la actualidad y de qué forma, con este punto inicial es posible reconocer que entre otros aspectos 5G tiene como una de sus pocas deficiencias que su acceso al medio aún no ha sido desarrollado al ciento por ciento, es por esto que una investigación como la que se presenta a continuación servirá para futuros desarrollos, adicional permitirá una base científica y de avance. Por último, se pretende que al final de este documento el lector tenga la posibilidad de obtener la capacidad de entender la importancia del acceso al medio y cuáles son las diferentes técnicas usadas y que posiblemente se utilicen en un futuro cercano.

Palabras clave: técnicas de acceso al medio; modulación; 5G; cobertura; inalámbrico.

Abstract

The review of the wireless access to medium techniques in conjunction with the modulation techniques for 5G, allows the development and advancement for future research, therefore it began with the state of the art in which it will be identified that work is being carried out on the Nowadays and in what way, with this initial point it is possible to recognize that among other aspects 5G has as one of its few deficiencies that its access to the medium has not yet been developed to one hundred percent, that is why an investigation like the one that is presented below will serve for future developments, additional will allow a scientific basis and progress. Finally, it is intended that at the end of this document the reader has the possibility of obtaining the ability to understand the importance of access to the medium and what are the different techniques used and possibly used soon.

Keywords: medium access techniques; modulation; 5G; coverage; wireless.

Introducción

Comunicarse es una necesidad imperiosa para la comunidad, los seres humanos buscan como alternativa para lograr entenderse algún tipo de señal y de esa forma hacer entender la información que se desea entregar y conocer. Es por ello que surgen las comunicaciones inalámbricas y su constante cambio y rápida evolución. Los avances actuales permiten identificar la necesidad de las comunicaciones inalámbricas, adicional la red de comunicaciones de la próxima generación es más que velocidades de transferencia de datos más altas y de mayor capacidad. Se trata de la perfecta interacción en tiempo real entre los seres humanos y miles de millones de dispositivos inteligentes.

Por dicha razón, se pretende revisar una aproximación de dónde se está en este instante con las comunicaciones inalámbricas y como es su acceso al medio. Con base a la investigación se realiza un barrido histórico de las comunicaciones inalámbricas, adicional de un análisis de como se hace actualmente el acceso al medio inalámbrico, parámetro de mucha importancia para mejorar en futuras generaciones, y de esta forma evolucionar en su modo de implementación.

Además, de todo esto resulta, una gran variedad de mecanismos y técnicas de acceso al medio en entorno inalámbrico, cuyo valor teórico y práctico es fundamental para la aplicación en una red como lo es 5G, que generará una revolución mundial ofreciendo servicios para toda la comunidad, los cuales antes no eran ni imaginables, desde conexión de un automóvil con una señal de tránsito hasta realizar cirugías a distancia, por ejemplo (Moliné Borrueal, 2016; Gaona, 2019).

Para cumplir con estos altos estándares de eficiencia, efectividad, ancho de banda, cantidad de usuarios conectados, entre otros; es muy importante conseguir una arquitectura de red, donde la virtualización y la programación de módulos permita el cambio de enfoque, con el fin de ser auto-gestionable.

Ciertamente se evidencia que puede surgir una infinidad de conceptos y lugares base de investigación a estudiar y desarrollar, como seguridad de la misma red con todas sus preocupaciones por generar una más amplia posibilidad de objetivos de ataque, acoplamiento paulatino para la transición entre 4G y 5G, adicional de todo el trasfondo regulatorio que esto implica, adaptación entre macro y micro celdas y la gran idea promocional de una red como éstas, la aplicación y utilización en IoT y la sociedad digital (COIT, 2018).

Por lo tanto, al final se pretende proponer algunas técnicas de acceso al medio que sean eficientes, que permitan encontrar aspectos de evolución en el acceso al medio inalámbrico. Con sus características y resaltando por qué puede llegar a generarse una técnica adaptativa que adicione aspectos de velocidad o hasta ancho de banda mejor para este tipo de nuevas tecnologías.

Metodología

Para esta investigación se implementó una metodología cuantitativa, la cual consiste en recolectar y analizar datos numéricos. Este método es ideal para identificar tendencias y promedios, realizar predicciones, comprobar relaciones y obtener resultados generales de poblaciones grandes.

Se realiza una base conceptual fundamental, en la cual se plantea todos los conceptos importantes y que van a permitir que el avance general de todo el proceso. Estos son los primeros pasos y son de carácter intelectual que implican pensar, leer, reformular, proponer teorías y revisar conceptos.

Posteriormente, se realiza la fase planeación y diseño se toma las decisiones acerca de los métodos y estrategias que se empleará para resolver el problema y comprobar las hipótesis se recolecta los datos necesarios para esto se especifican los detalles y procedimientos acerca de cómo se realizará el acopio de estos.

Por último, se pasa a fase analítica cuyos datos permitirán obtener conclusiones que tengan como fin establecer el problema formulado en el inicio de la investigación. Y finalmente, fase de difusión en donde se debe evidenciar todos los resultados positivos y negativos de la investigación.

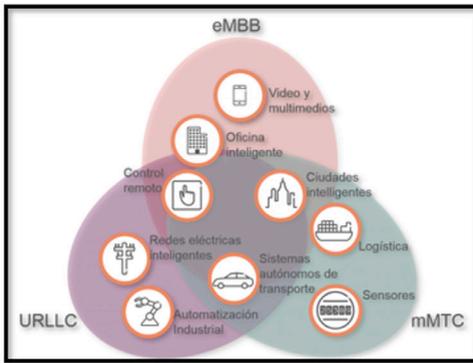
Análisis de resultados o desarrollo

Es importante resaltar que entre todos los parámetros relevantes del acceso al medio inalámbrico en 5G, son de vital importancia para que su evolución sea constante y adicional presente posibles mejoras para un futuro no muy lejano en otras tecnologías. Para esto se debe realizar un barrido histórico de todo lo desarrollado a nivel mundial. Teniendo presente que en dicho barrido se debe encontrar todo lo relacionado con tecnologías, avances y desarrollo de las mejoras de lo relacionado con el acceso a medio inalámbrico.

Por ejemplo, la UIT en un reciente artículo realizado por Brett Tarnutzer jefe de Spectrum, comenta que "5G no se trata sólo de más velocidad o de descargar más videos: promete acelerar la transformación digital de todas las industrias y sectores, y desatar nuevas olas de innovación que beneficiarán a miles de millones de personas".

En este sentido, 5G marca una orientación al manejo de IoT y su subconjunto IIoT, permitiendo el desarrollo de un sinnúmero de innovaciones a través de mejoras en el acceso a la red a través de un medio adecuado y permitiendo que muchos clientes sean favorecidos.

Figura 1. Antecedentes y aplicaciones 5G



- **eMBB: banda ancha móvil mejorada (enhanced mobile broad band).**
- **mMTC: comunicaciones de máquinas masivas (massive machine-type communications).**
- **uRLLC: comunicaciones ultra fiables y de baja latencia (Ultra-reliable and low latency Communications).**

Por tal razón, se acepta que a pesar de las bondades que presenta las nuevas generaciones de telefonía móvil como es el caso de 5G, surge una pregunta: ¿Cómo permitir que por el mismo medio exista e interactúen más y más usuarios? Para responder a esta incertidumbre, es de gran utilidad el control de acceso al medio o por su acrónimo en inglés MAC (Medium Access Control), puesto que, con éste es posible tener un método de organización para evitar la presencia de interferencias que puedan disminuir o afectar de forma molesta una comunicación o en su defecto impedirlo.

Algo parecido ocurre en una habitación (que representaría el canal) en la que varias personas desean hablar al mismo tiempo; por lo que se producirán interferencias y se hará difícil la comprensión. Para evitar estas colisiones y/o distorsiones y generar un método adecuado que solucione o permita reducir el problema, podrían hablar por turnos (estrategia de división por tiempo), hablar unos en tonos más agudos y otros más graves (división por frecuencia), dirigir sus voces en distintas direcciones de la habitación (división espacial) o hablar en idiomas distintos (división por código, como en CDMA); sólo las personas que conocen el código (es decir, el "idioma") pueden entenderlo, lo descrito anteriormente es una perfecta analogía para resaltar y analizar el problema del acceso múltiple.

Hasta aquí, se ha presentado una idea clara de cómo solventar la interacción de muchos usuarios en un mismo medio. Sin embargo, conviene advertir que es necesario identificar las características con lo que se trabaja actualmente, que permita analizar las fortalezas y debilidades que se tienen y de esa manera examinar que se desarrolla para el futuro inmediato y cuál es la posible solución para atender una gran cantidad de usuarios que usan un mismo medio que permita considerar, observar por un instante una descripción algo técnica de 4G/LTE, resaltando su manejo de multiacceso, aspectos favorables y deficiencias, para después asemejar en 5G que se puede usar en el control de acceso al medio en el entorno inalámbrico y destacar las cualidades que intenta fortalecer esta nueva generación de telefonía, que no solo abarca las comunicaciones móviles, muy por el contrario, pretende proporcionar la base para desarrollar todo el potencial de IoT.

Al llegar aquí se pretende presentar a la cuarta generación de telefonía móvil (4G) y en cuyo caso específico exhibe como técnica de acceso al medio múltiple (multiacceso) a OFDMA de su sigla en inglés y que significa Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales, de ello resulta una serie de características muy favorables para un buen manejo de tiempos de latencia, ancho de banda adecuado y buena disponibilidad para realizar saltos de frecuencia. Importa dejar sentado, además, que se puede tener como buenas particularidades la eliminación de la interferencia intracelular, por el uso de subportadoras ortogonales. A causa de ello la ortogonalidad supone que aquellos valores de frecuencia a los que se evalúa la señal de cada subportadora coinciden con los ceros de las demás. Es decir que, aunque las subportadoras no presentan un ancho de banda de guarda entre ellas, ello no es teóricamente un problema, al imbricarse sus espectros de esta manera, siempre que no haya efectos de propagación multitrayecto. Hay más: Facilidad de eculización en el dominio de la frecuencia, que permite combatir el desvanecimiento selectivo en frecuencia, consecuencia de la propagación multitrayecto. Protección contra la interferencia entre símbolos mediante el uso del prefijo cíclico (CP), que supone copiar parte de los bits finales de un símbolo al inicio de éste, facilidad de integración en sistemas de multiantenas como MIMO (Múltiple entrada Múltiple salida), facilidad para la aplicación de saltos de frecuencia, *Frequency Hopping* (FH), facilidad de implementación mediante transformadas discretas de Fourier (IFFT-FFT). Reconociendo que cada símbolo se repite cíclicamente un conjunto de bits al inicio y al final, dichas transformadas utilizan una convolución circular o cíclica, para poder manejar este tipo de señal.

Hay que entender además que, de todas estas buenas facultades de 4G, también existen unos puntos a considerar y por los cuales sigue dándose esa apertura a nuevas generaciones: inconvenientes como grandes lóbulos laterales que causan las subportadoras, afectación de la linealidad de la amplitud de radio frecuencia (Por valor elevado de relación de potencia de cresta a potencia media), eficiencia limitada en capacidad y potencia por el uso del prefijo cíclico, lenta caída de la atenuación con la frecuencia; ello limita la eficiencia espectral, importante carga de señalización que deteriora la capacidad y es muy complicada especialmente en el enlace de subida, sensibilidad a los desplazamientos de frecuencias y al ruido de fase de los transmisores, señales con mala localización en tiempo y frecuencia que conlleva a desajustes en los desplazamientos de frecuencia. Para el correcto funcionamiento de los procesos de transformadas discretas de Fourier IFFT en la transmisión y FFT en la recepción se debe tener perfecta alineación en el tiempo y también es necesario que el retardo no sea mayor que el prefijo cíclico, de lo contrario los símbolos recibidos se solapan a la entrada del receptor y se pierden las características de ortogonalidad.

Así se llega a una cuestión relevante, la cual es que si se consideran las ya enunciadas debilidades de una técnica como lo es OFDM con prefijo cíclico (CP-OFDM) usada para 4G/LTE, se infiere que no será idónea para las exigencias de 5G, lo cual no significa que no puedan servir de base para nuevas alternativas que sean más eficientes de tecnologías de acceso. De lo anterior se desprende la investigación y evaluación de nuevos mecanismos de acceso al medio inalámbrico para 5G, manteniendo como estructura el uso de

multiportadoras y buscando el uso de diferentes filtros, nuevas formas de onda, variantes en la modulación de subportadoras u otras alternativas que supongan evolución y más aún disminución de las deficiencias que ya se han detectado, para mejorar aspectos como la localización y así como relajar la exigencia de una sincronización estricta.

Ahora es oportuno hacer una revisión de las características, formas de onda y parámetros que sean convenientes para asumir una mejora con 5G y además que se pueda lograr con los objetivos esperados por un desarrollo que implica un avance tecnológico, económico y social de una gran dimensión para la humanidad en el siglo XXI. Empezaré por considerar qué rasgos de la comunicación son pertinentes resaltar, estos son reducir al máximo las interferencias interportadoras (ICI), que la ISI o interferencia intersímbolo sea prácticamente nula, a causa de lo anterior también se asume tener latencia reducida y como último la máxima eficiencia espectral dada en unidades de bps/Hz. Además, de lograr otro y tal vez el objetivo más importante de 5G que es proporcionar acceso al masivo número de dispositivos que se prevé. Evidentemente, conseguir lo mencionado anteriormente de forma simultánea es una tarea muy difícil de satisfacer, es por esto que se debe asumir una rebaja en las expectativas y aceptar ciertas interferencias intersímbolo e interportadoras con niveles no muy altos y de manera controlada, adecuando filtros prototipos configurables en la transmisión y recepción. En la siguiente imagen es posible resaltar las aplicaciones que se hacen y mejoraran con un buen acceso al medio inalámbrico.

Figura 2. Aplicaciones 5G que se pueden mejorar con un buen acceso al medio inalámbrico



Resultados

La descripción e identificación de las alternativas que puede usar 5G para sus mecanismos de control de acceso al medio en el entorno inalámbrico, destacando dos grandes grupos: aquellos que no se basan en multiacceso ortogonal y los que tienen como piedra angular OFDMA. Por lo pronto se distinguen algunos de los no ortogonales como *Sparse Code Multiple Access (SCMA)*, *Power Domain Non-Orthogonal Multiple Access (PD-NOMA)*, *Multi-User*

Shared Access (MUSA) y *Pattern Division Multiple Access (PDMA)*; de los mencionados se destaca como primordial idea la superposición de la información de usuarios para poder utilizar los mismos recursos de transmisión. Ahora se ve los enunciados como basados en OFDMA ejemplo *Filter Bank Multi-Carrier (FBMC)*, *Generalized Frequency Division Multiplexing (GFDM)* y *Universal-Filtered Multi-Carrier (UFMC)*.

A continuación, se puede ver una breve descripción de cada uno de los mencionados anteriormente. SCMA, cuya idea principal se basa en la multiplexación en el dominio de la potencia y además combinado con multiplexación en el dominio del código, basado en palabras de código multidimensionales de baja dispersión. Adicional, estas palabras de código consiguen una ganancia en la modulación que provoca una mejora en la velocidad media y el pico. PD-NOMA utiliza el dominio de la potencia para separar a los usuarios, utiliza las diferencias de ganancia de canal, entre todos los usuarios de un sistema celular, esta última característica hasta ahora no ha sido muy explotada de forma directa y es una gran posibilidad de desarrollo. MUSA basada en la multiplexación en el dominio del código, considerado una mejora de *Code Division Multiple Access (CDMA)*.

Los resultados arrojados por simulaciones consiguen una mejora del más del 200% en la carga de redes. FBMC emplea bancos de filtros para reducir las interferencias en canales adyacentes, aún mejor, esta es la forma de onda considerada como la más atractiva para el uso en 5G, puede alcanzar una interferencia entre símbolos y una interferencia entre portadoras menor que OFDM, sin necesidad de utilizar el prefijo cíclico (CP) y, en su lugar, emplear una forma de pulso bien diseñada, que satisfaga las condiciones de reconstrucción. GFDM es un sistema de multiportadora no ortogonal con filtrado individual de cada subportadora, mediante un filtro prototipo configurable individualmente, no genera un CP para cada símbolo, sino que se utiliza uno común para el bloque. UFMC se puede considerar una mejora de CP-OFDM se diferencia de FBMC porque en lugar de filtrar cada subportadora individualmente, UFMC divide la señal en un número de sub-bandas las cuales luego son filtradas. UFMC no tiene prefijo cíclico, aunque puede ser usado para mejorar la protección de interferencia entre símbolos, puede ser vista como una generalización de FBMC y OFDM que aplica filtros a conjuntos de subportadoras.

De todo esto resulta, una gran variedad de mecanismos y técnicas de acceso al medio en entorno inalámbrico, cuyo valor teórico y práctico es fundamental para la aplicación en una red como lo es 5G, que generará una revolución mundial ofreciendo servicios para toda la comunidad, los cuales antes no eran ni imaginables, desde conexión de un automóvil con una señal de tránsito hasta realizar cirugías a distancia, por ejemplo. Para cumplir con estos altos estándares de eficiencia, efectividad, ancho de banda, cantidad de usuarios conectados, entre otros; es muy importante conseguir una arquitectura de red, donde la virtualización y la programación de módulos permita el cambio de enfoque, con el fin de ser auto-gestionable. Ciertamente se evidencia que puede surgir una infinidad de conceptos y lugares base de investigación a estudiar y desarrollar, como seguridad de la misma red con todas sus preocupaciones por generar una más amplia posibilidad de objetivos de ataque, acoplamiento paulatino para la transición entre 4G y 5G, adicional de

todo el trasfondo regulatorio que esto implica, adaptación entre macro y micro celdas y la gran idea promocional de una red como éstas, la aplicación y utilización en IoT y la sociedad digital.

Discusión de resultados

Por último, en la discusión de resultados lo relevante es dejar como gran fundamento que no se puede pensar en la elección de un solo mecanismo de acceso al medio, por el contrario, la mejor forma es la adaptación constante de ellos, aplicándolos de forma conveniente dependiendo del tipo de escenario, por ende, en contraste no se debe generar la estandarización para un solo mecanismo. Estos escenarios se pueden dividir en dos usos de las telecomunicaciones: El primero MTC de su sigla Machine Type Communications ligado directamente a la comunicación M2M (Machine to Machine), junto con IoT (Internet of Things) y el segundo el referente a las comunicaciones tradicionales a través de dispositivos móviles. De este modo, un resultado de toda la investigación previamente planteada es que se debe usar las mejores características dependiendo la necesidad, ejemplo de ello es si se requiere adaptación a espectro fragmentado y ráfagas cortas es muy provechoso usar UFMC, para obtener niveles bajos de potencia radiada pico promedio es mejor el uso de GFDM o para una mayor contención espectral la elegida es FBMC, con esa adaptabilidad se podrá cumplir con los 20 Gbps de descarga máxima y más de 10 Gbps de velocidad de transferencia de datos móviles que se pretende con 5G en cualquier ambiente.

Conclusiones

Usar las mejores características dependiendo la necesidad, para que si se requiere características específicas como adaptación a espectro fragmentado y ráfagas cortas es muy provechoso usar UFMC, para obtener niveles bajos de potencia radiada pico promedio es mejor el uso de GFDM o para una mayor contención espectral la elegida es FBMC, con esa adaptabilidad se podrá cumplir con los 20 Gbps de descarga máxima y más de 10 Gbps de velocidad de transferencia de datos móviles que se pretende con 5G en cualquier ambiente. Lo anterior permite resaltar que de esta investigación también puede llegar a concluirse que la convergencia y adaptación de varias de estas técnicas de acceso al medio harán que futuras tecnologías o avances tengan adaptabilidad, accesibilidad y parámetros de cobertura cada vez más amplios.

Adicional, es importante que los avances en técnicas de acceso al medio inalámbrico aún no llevan a la mejora de muchas de las preocupaciones de este tipo de medio como lo son la seguridad, la posible falta de normatividad y la transición brusca que se puede tener y más en un país como Colombia, que tradicionalmente no se encuentra preparado para avances tecnológicos tan fuertes. De igual forma, se abre otra gran alternativa de desarrollo

para futuros estudios y que complementaran análisis previos de grupos generacionales de tecnología que cada vez llegan con más fortaleza.

Por último, lo más importante de un análisis como el realizado no son la posible identificación de todo lo existente y las técnicas o tecnologías desarrolladas, si no la gran cantidad de alternativas que se pueden generar de proyectos de investigación, de grado o carrera. Además de pensar en un futuro con aplicaciones relacionadas con telecomunicaciones y carreras TIC, puesto que, el futuro cercano involucra la ejecución e implementación de todas juntas.

Referencias

- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación [COIT]. (2018). *Modulación y Multi-acceso en 5G*. COIT. <https://www.coit.es/sites/default/files/informes/pdf/modulacion-y-multiacceso-en-5g.pdf>
- Gaona García, P. (2019). *Elementos fundamentales de la ingeniería en telecomunicaciones emergentes y análisis contextuales*. Editorial Fundación Universitaria San Mateo. <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/libros/article/view/266>
- Hassan N., K. A. Yau and C. Wu, "Edge Computing in 5G: A Review," in IEEE Access, vol. 7, pp. 127276-127289, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2938534
- Higuchi, Kenichi & Benjebbour, Anass. (2015). Non-orthogonal Multiple Access (NOMA) with Successive Interference Cancellation for Future Radio Access. IEICE Transactions on Communications. E98.B. 403-414. 10.1587/transcom.E98.B.403.
- Kibria, Mirza & Villardi, Gabriel & Ishizu, Kentaro & Kojima, Fumihide. (2017). Coexistence of Systems with Different Multicarrier Waveforms in LSA Communications.
- Moliné Borrueal, Héctor (2016). Tecnología 5G y formas de onda de acceso al medio [Proyecto de grado, Escuela Superior en Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación]. Repositorio institucional. <https://oa.upm.es/44166/>