

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES



TESIS DOCTORAL
DOCTORADO EN TELECOMUNICACIÓN

«ANÁLISIS BASADO EN TEORÍA DE JUEGOS DE MODELOS DE NEGOCIO
DE OPERADORES MÓVILES VIRTUALES EN REDES 4G Y 5G»

Autor: Erwin Sacoto Cabrera
Supervisor: Dr. Luis Guijarro Coloma

València, Julio 2020

Resumen

Esta tesis se ha desarrollado dentro del marco de la línea de investigación de Economía y Regulación de las Telecomunicaciones. En el programa de Doctorado de Telecomunicaciones por la Universitat Politècnica de València. Como parte del proceso de investigación se participó en los siguientes proyectos de investigación: *Plataforma de servicios para ciudades inteligentes con redes M2M densas* (TIN2013-47272-C2-1-R), *Entrepreneurship in Heterogeneous Wireless Networks* (COHWAN, TIN2010-21378-C02-02) y *ATLAS-Dynamic network slicing in 5G Radio Access*. Así como, se realizó una estancia doctoral en el IMT Atlantique en Rennes- Francia. Como resultado de estas actividades se publicaron varios artículos científicos que permiten sustentar los modelos de negocio para presentados en este documento.

En este estudio, se plantean modelos de negocio que se sustentan en el desarrollo de las características técnicas de λ y μ , que facilitan la compartición de infraestructura de los λ . Al respecto, en este documento analiza el estado del arte que permite sustentar la viabilidad técnica de los modelos basados en la compartición de infraestructura, que ha permitido disminuir las barreras de entrada al mercado y el desarrollo de nuevos modelos de negocio para los MVNOs. Sin embargo, los nuevos modelos que permite la compartición de infraestructura deben ser analizados desde el aspecto económico para determinar la viabilidad de los mismos.

Específicamente, en el primer modelo se analiza la viabilidad económica de un MVNO que brinda el servicio a su base de usuarios y divide su tráfico de red a dos MNOs, los que alquilan su capacidad de red al MVNO. En el análisis del modelo se consideran tanto las características del sistema como las económicas. En cuanto a las características del sistema, un MVNO proporciona servicio a los usuarios finales utilizando el soporte de infraestructura de dos MNOs. El servicio proporcionado por el MVNO, se modelada mediante una cola $M/M/1/\infty$, donde cada usuario genera paquetes de forma independiente siguiendo un proceso de Poisson. Los tiempos de servicios de los paquetes, se distribuyen exponencialmente. En el sistema propuesto la métrica de calidad más relevante, es el tiempo medio de servicio, que comprende tanto el tiempo de espera como el tiempo medio de servicio. El acuerdo entre el MVNO y los MNOs, es tal que, el MVNO dividirá el tráfico de la red entre los dos MNOs y pagará a cada MNO por el tráfico servido a través de su infraestructura. El MVNO distribuye su flujo a cada MNO con una tasa media de llegada $\alpha_1\lambda$ y $(1 - \alpha_1)\lambda$, respectivamente. En cuanto a las características económicas, los incentivos se modelan a través de las utilidades de los usuarios y los beneficios de los operadores; y la teoría de juegos se utiliza para modelar la interacción estratégica entre la decisión de suscripción de los usuarios y la decisión de las capacidades de red de los MNOs.

En el segundo modelo, se analiza la viabilidad económica de dos escenarios para un modelo de negocio en el que, un MNO alquila su infraestructura de red al MVNO y cada operador sirve a su propia base de usuarios. El primer escenario denominado *monopólico*, el MNO presta servicio a las dos bases de usuarios (MNO y MVNO). En el segundo escenario denominado *estratégico*, el MNO presta servicio a su base de usuarios, así como, alquila su infraestructura al MVNO para que preste servicio a su base de usuarios. Para los dos escenarios, la red se ha modelado por una cola con prioridad, utilizando una disciplina de servicio μ . En el análisis de compartición de infraestructura, se considera un pago δ al MNO por cada usuario que accede al servicio de MVNO, así mismo a cada operador se asignan diferentes prioridades. Además, en el análisis de los escenarios descritos; monopólico y estratégico, se consideran escenarios para grupos de usuarios con igual sensibilidad al retardo y diferente sensibilidad al retardo para los dos servicios. Nuestro objetivo es determinar un equilibrio entre los diferentes actores en el modelo de negocio propuesto que permita determinar si es viable la compartición de infraestructura entre un MNO y un MVNO. Los dos escenarios se comparan con un escenario denominado *Modelo*

Básico, en el cual el MNO únicamente sirve a una base de usuarios.

Finalmente, para determinar la viabilidad económica de los diferentes escenarios propuestos para los modelos de negocio, se utilizan conceptos de microeconomía, teoría de juegos y teoría de colas, la cuales han permitido conocer las decisiones en equilibrio que toman los operadores, así como las decisiones en equilibrio de los usuarios; de esta manera se ha obtenido el efecto de estas decisiones sobre los beneficios de todos los agentes del modelo y se han identificado las condiciones bajo las cuales estos nuevos modelos de negocio son viables en entornos de redes 4G y 5G.

Como resultado del análisis de los modelos de negocio para los diferentes escenarios propuestos, se observa que la asociación entre MNOs y MVNOs a través de la compartición de infraestructura es viable económicamente para los modelos propuestos.

En relación a los usuarios, su comportamiento es sustancial para determinar la viabilidad económica de los diferentes modelos de negocio propuestos, por lo tanto, resulta imprescindible explorar diferentes funciones de utilidad que expresen el comportamiento de los usuarios en estudios futuros.

En cuanto a los operadores, en el primer modelo de negocio se demuestra que, la provisión de capacidad de red es un mecanismo válido para optimizar los beneficios de los operadores. Así como, en el segundo modelo de negocio, se demuestra que, la compartición de infraestructura entre un MNO y un MVNO es deseable desde el punto de vista de los usuarios para el modelo de negocio *estratégico*, ya que permite un mayor número de usuarios. Mientras que, desde el punto de vista económico el modelo de negocio *monopólico* es más deseable debido a que ofrece un incentivo mayor a los operadores.

En resumen, en esta tesis se demuestra la viabilidad económica de modelos de negocio de compartición de infraestructura entre MNOs y MVNOs, soportados técnicamente por las características tecnológicas de las redes móviles de última generación.