

Banda Ancha Móvil: Efectos de la disponibilidad de bandas de espectro radioeléctrico en la penetración del servicio

Arturo Robles-Rovalo
Centro de Estudios
Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT)
arturo.robles@ift.org.mx

BIOGRAFÍA

Ingeniero en Telecomunicaciones por la UNAM, Arturo Robles cursó el Doctorado Conjunto en Telecomunicación en la U. Politécnica de Madrid y cuenta con una maestría en Teoría de la Señal y Comunicaciones por la misma universidad así como con un master en gestión de las Telecomunicaciones por la Escuela de Organización Industrial.

RESUMEN

La banda ancha es un habilitador fundamental para el crecimiento económico y el desarrollo sustentable de las naciones ya que les permite transitar hacia los beneficios y el bienestar que supone el acceso generalizado a la Sociedad de la Información y el Conocimiento. Dado que en los últimos años la generalización del servicio de banda ancha se está logrando en gran medida mediante la banda ancha móvil, identificar con claridad los factores que determinan el avance y los rezagos del servicio cada vez cobra mayor relevancia. El presente estudio busca aportar información relevante sobre el efecto que tiene la disponibilidad de distintas bandas de frecuencias en la penetración del servicio de banda ancha móvil. Los resultados sugieren que existe una relación positiva entre el uso de distintas bandas de frecuencias así como de distintos estándares tecnológicos por parte de los operadores móviles y una mayor penetración del servicio de banda ancha móvil. De esta forma, resulta conveniente que se promuevan políticas públicas que permitan a los operadores acceder a distintas bandas de frecuencias y así como elegir el estándar tecnológico que utilizarán en sus redes móviles.

Palabras clave

Mobile Broadband, Spectrum Management, Broadband Penetration.

INTRODUCCIÓN

La banda ancha juega un papel fundamental para transitar hacia los beneficios y el bienestar que supone el acceso generalizado a la Sociedad de la Información y el Conocimiento¹. Existen múltiples estudios que muestran que la disponibilidad de conectividad de banda ancha es un habilitador fundamental para el crecimiento económico² (Mayo and Wallsten 2011, Qiang and Rosotto 2009, Czernich, Falck, Kretschmer, and Woessmann 2011, Bauer, Gai and Kim, 2003), la inclusión social (Stenberg, 2009, Katz, et al. 2011, Prieger 2013) e, inclusive, para el desarrollo sustentable de los países (ITU, 2015).

Si bien en las últimas dos décadas la banda ancha fija ha sido el servicio primario para el acceso a datos de alta velocidad, en los últimos años la banda ancha móvil³ ha cobrado mayor relevancia alrededor del mundo tanto por su capacidad de movilidad y de provisión de nuevos servicios (mobile TV, videoconferencia, video delivery) como por su capacidad para ampliar la cobertura⁴ a un menor tiempo y costo respecto a las redes alámbricas fijas (ITU, 2011). En 2008, el número de suscripciones mundiales a la banda ancha móvil superó al de la banda ancha fija. (UIT 2009) y para 2011 la banda ancha

¹ La enorme difusión de las redes de banda ancha móviles ha puesto Internet a disposición de personas que habitan en zonas donde la estructura fija es limitada (Prieger 2013), por ejemplo fuera de las principales zonas urbanas, en particular en los países en desarrollo. (ITU 2011, ITU 2014)

² Si bien cada vez existen más evidencias empíricas que muestran una relación positiva entre la disponibilidad de la banda ancha y el crecimiento económico, determinar con exactitud la magnitud de la relación causal entre ellas aún es materia de debate entre investigadores y reguladores.

³ La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) define a la banda ancha móvil como "el acceso a transmisiones de datos (p. ej., Internet) a velocidades de banda ancha (definidas como igual o superiores a 256 kbit/s en uno o ambos sentidos) tales como WCDMA, HSDPA, CDMA2000 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-DV, WiMAX 802.16e móvil y LTE independientemente del equipo utilizado para acceder a Internet (computadora portátil, teléfono móvil, etc)". (UIT 2011, 2014)

⁴ La banda ancha móvil ha permitido cubrir varias regiones dispersas y aisladas donde no ha llegado la banda ancha fija (ITU, 2011; Katz et al., 2001; Prieger, 2013).

móvil había duplicado en número al servicio fijo (UIT 2011). Desde entonces el crecimiento tanto de suscriptores como de tráfico móvil ha sido excepcional: para finales de 2015 existirán 3.500 millones de suscripciones (seis veces el número de suscriptores fijos) y se prevé que para 2019 prácticamente este número se duplique (ITU, 2015). Por su parte, el consumo de datos de móviles aumentó diez veces en el último lustro pasando de 237 petabytes por mes en el 2010 a los 2,500 petabytes al mes en 2015, y se estima que dicha tendencia continúe y para 2019 alcance los 24,300 petabytes por mes (CISCO 2011, 2015) debido al despliegue de servicio de mayor velocidad, de dispositivos con mayores prestaciones, así como por el surgimiento del "Internet de las Cosas"⁵.

Dicho crecimiento está incrementado sensiblemente la demanda sobre el espectro radioeléctrico (Chaplin and Lehr 2011, Riley 2013 FCC 2010), elemento esencial para la provisión de servicios inalámbricos incluida la banda ancha móvil, representando un gran reto para los administradores de espectro. En tal virtud, durante los últimos años, organismos internacionales y administraciones nacionales han buscado identificar, reorganizar y poner a disposición de los operadores⁶ bloques de espectro en distintas bandas de frecuencias que resulten adecuados para la provisión de servicios móviles en función de las zonas o los mercados a atender (UIT 2011).

Dados los beneficios del acceso generalizado de la población, de los agentes económicos, educativos y sociales a la banda ancha, identificar con claridad los factores que determinan el avance y los rezagos del servicio cada vez cobra más relevancia entre académicos, reguladores y diseñadores de políticas públicas de todo el mundo (Cambini, Hoernig, and Bohlin, 2012).

En este sentido, si bien existen diversos estudios comparativos entre países que analizan los efectos de factores económicos, sociales, tecnológicos y políticos en la penetración de banda ancha mediante métodos empíricos, tradicionalmente dichos estudios se centran especialmente en el servicio fijo. La literatura que aborda el servicio de banda ancha móvil aún es escasa y, de esta, son pocos los estudios que incluyen el papel de la disponibilidad y diversidad del espectro radioeléctrico en el crecimiento del servicio.

Considerando las oportunidades que brinda la banda ancha móvil así como el crecimiento previsto de la conectividad inalámbrica, el presente estudio busca aportar información relevante sobre el efecto que tiene la disponibilidad de distintas bandas de frecuencias en la penetración del servicio que resulte de utilidad para los diseñadores de política y regulación del espectro radioeléctrico.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA MÓVIL

Estudios empíricos sobre los factores que influyen en la adopción de la banda ancha

En los últimos años se han realizado múltiples estudios enfocados a la identificación de factores que influyen en la adopción de la banda ancha fija (Kim et al 2003, Garcia Murillo 2005, Grosso 2006, Cava-Ferreruela and Alabau 2006, Distaso et al 2006, Lee and Brown 2008, Bouckaert et al, 2010, Ware and Dippon 2010; Choi, 2011, Gulati and Yates 2012, Belloc et al 2012, Lin and Wu 2013, Rajabium and Middleton 2015). En cuanto al servicio móvil, si bien existen estudios que analizan la adopción de servicios de telefonía móvil en distintos países y regiones (Gruber 2001, Gruber and Vervobem 2001, Madden et al 2004, Koski and Kretschmer 2002, Burki and Asiam 2000, Dekimpe et al 1998, Hazzlet and Munoz 2009) aún son escasos los estudios enfocados a la banda ancha móvil (Bohlin, Gruber, Koutroumpis 2009, Lee, Marcu and Lee 2011; Yates, Gulati and Weiss 2013, Garcia-Murillo and Rendon 2009).

La mayoría de contribuciones incluyen factores económicos (ingreso per cápita, inversiones y distribución del ingreso), demográficos (densidad población, grado de urbanización y nivel de educación), tecnológicos (plataformas y estándares utilizados, infraestructura tecnológica disponible), y de competencia (concentración del mercado, políticas de estandarización)

En los primeros estudios de adopción de banda ancha, Kim et al (2003) encontraron que los niveles de preparación y la densidad de población son factores que contribuyen a la penetración del servicio fijo en los países de la OECD. Garcia Murillo (2005) con datos de cerca de 100 países identificó que el ingreso, la densidad de población, el precio y la

⁵ El internet de las cosas es la "Infraestructura mundial para la sociedad de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperatividad de tecnologías de la información y la comunicación presentes y futuras". European Commission (2009).

⁶ En la Unión Europea se está desarrollando el *Radio Spectrum Policy Programme* (RSPP) que busca identificar y liberar 1,200 MHz para servicios móviles en el 2015. Por su parte, en el 2010, la Comisión Federal de Comunicaciones FCC de Estados Unidos, estableció como meta liberar 300 Mhz de espectro destinados a servicios móviles para el 2015 (FCC, 2010). De acuerdo a la UIT, a nivel internacional, en el 2020 los países requerirán entre 1340 y 1960 MHz de espectro para atender la demanda de los servicios móviles (UIT, 2013 Rep. ITU-R M.2290-0).

competencia en el mercado están relacionados con una mayor penetración del servicio. Utilizando países de la Unión Europea, Distaso (2006) profundiza en la competencia entre plataformas tecnológicas y servicios, y sugiere que mientras la competencia interplataformas y unos precios de desagregación bajos (ULL) favorecen la adopción de banda ancha fija, la competencia en el mercado de DSL no tiene un papel significativo.

Cava-Ferreruela and Alabau (2006) con datos de 30 países de la OECD coinciden en que la competencia tecnológica es un factor clave para la adopción de la banda ancha agregando que un bajo costo en el despliegue de infraestructuras es el otro determinante. Utilizando la misma base de países de la OECD, Grosso (2006) sugiere que la competencia en el mercado y en plataformas (medidas ambas mediante el HHI) así como la penetración de usuarios de internet favorecen la penetración de la banda ancha fija. Del mismo modo, Lee and Brown (2008) encuentran una relación positiva entre la competencia interplataformas, la desagregación del bucle local, el ingreso y la educación, con un mayor nivel de penetración. Por su parte, Bouckaert et al (2010) utilizando una muestra de 20 países de la Organización coinciden en que la competencia entre distintas plataformas de banda ancha fija favorece la adopción del servicio, sin embargo sugiere que la competencia intra-plataformas no tienen un efecto significativo coincidiendo con Ware and Dippon (2010) quienes no encuentran evidencia de que la competencia intra-plataforma, como la desagregación, tenga como efecto una mayor penetración del servicio fijo.

Estudios más recientes de comparativa internacional (cross country) también sugieren que los factores económicos, sociodemográficos, del mercado de telecomunicaciones, y la regulación y políticas aplicadas al sector de telecomunicaciones son factores que afectan la penetración de la banda ancha fija. Lee et al (2011) encontraron que en los países de la OECD, un mayor ingreso, educación, y densidad de población contribuyen a la penetración del servicio. Gulati and Yates (2012) con una muestra de más de 130 países encuentran que el impacto del nivel de ingreso, de la desigualdad y de la competencia en el mercado sobre la penetración de la banda ancha es mayor en los países en desarrollo comparados con los "tecnológicamente" avanzados. Por su parte, Belloc et al (2012), utilizando a los países de la OECD, sugieren que una mayor demanda de otros servicios de telecomunicaciones (como la telefonía móvil) y una mayor competencia en la industria (ponderando a los mercados de telefonía fija, móvil y de larga distancia) favorece el crecimiento anual del servicio de banda ancha fija, y agrega que el impacto es distinto en función del "stage" o nivel de penetración en el que se encuentra cada país. Lin and Wu (2013) también identifican que el ingreso, la educación, el precio y la competencia entre plataformas contribuyen a la penetración del servicio en función del nivel de adopción de cada nación. Por último, Rajabium and Middleton (2015), mediante la comparativa de la velocidad de la banda ancha fija en países de la Unión Europea, muestran evidencias que la competencia intra-plataforma e inter-plataformas tienen efectos distintos en función de las condiciones de cada país tales como el acceso a las infraestructuras fijas y los costos de despliegue determinados por la urbanización.

En el ámbito de la penetración de los servicios móviles, los estudios previos a 2009 estuvieron enfocados al servicio básico de telefonía móvil (voz, SMS y datos de baja velocidad). En una muestra global de países Dekimpe et al 1998 encontraron que la entrada de competencia y la evolución de las tecnologías favorecían la penetración de la telefonía móvil. Gruber and Verboven (1998) identifican para países de la Unión Europea que la evolución tecnológica, la entrada de competencia y un mayor número de concesiones de espectro están ligadas positivamente con la penetración de suscriptores móviles. En estudios posteriores, amplían los factores estudiados (Gruber 2001) así como la muestra de países (Gruber and Verboven 2001) y sugieren que: el impacto de la competencia en la adopción del servicio móvil es mayor durante los primeros años, que el uso de un único estándar favorece su crecimiento, y que la presencia de dos o más operadores y un nivel de ingreso per cápita más alto contribuyen con la adopción de la telefonía celular de los países. En cambio Koski and Kretschmer (2002) encuentran evidencias que la competencia inter e intra estándares promueven la adopción y reducen los costos por usuario especialmente cuando existen varios operadores. Por su parte Rouvinen (2006) sugiere que la competencia inter estándares retrasa la adopción y, en cambio, la competencia entre operadores la acelera. Madden (2004) identifica como factores a los costos reducidos por usuario y al ingreso, y agrega que los países con un mayor número de habitantes (usuarios potenciales) tienden a presentar una mayor penetración. De acuerdo a Dettling and Hitz (2016) aún con la evolución y generalización de la telefonía móvil, la asequibilidad, es decir el costo del servicio en relación con el ingreso, continúa siendo uno de los principales limitantes para la adopción y el uso de la telefonía móvil.

En uno de los primeros estudios identificados sobre factores de adopción de la banda ancha móvil, Böhlin et al (2009), utilizando una muestra de cerca de 200 países, encuentran que la competencia en el mercado e interplataformas así como el ingreso y la urbanización son factores que favorecen la penetración de los suscriptores 3G por país. Los autores sugieren que la penetración del servicio básico de telefonía móvil (2G) tiene efectos en la penetración del servicio avanzado de datos móviles. Comparando países de Latinoamérica García-Murillo y Rendon (2009) encuentran que la adopción de banda ancha inalámbrica es más factible en los países con escasa penetración de infraestructura fija por un efecto sustitutivo y que los niveles de educación y de ingreso tienen una relación positiva con la penetración de la banda ancha móvil. Curiosamente también identifican que la disparidad en el ingreso favorece la adopción inicial de nuevas tecnologías.

Estudios internacionales más recientes sobre la difusión de banda ancha móvil muestran que los países con mayor competencia en el sector de las telecomunicaciones, mayores ingresos per cápita y mayor densidad de población presentan niveles superiores de penetración. Lee et al (2011) identifican que en los países de la OCDE la competencia entre estándares

móviles y la densidad población son los factores clave para la adopción de la banda ancha móvil. Adicionalmente sugieren que en los países de la organización la banda ancha móvil es un complemento, en lugar de un sustituto, de la banda ancha fija. Por su parte, Yates et al (2013) consideran que al igual que la telefonía móvil, la banda ancha móvil puede ser un servicio accesible para gran parte de la población si se promueve la competencia plena tanto de los operadores como de las plataformas tecnológicas. En un estudio internacional de suscriptores de banda ancha móvil por operador en 40 países, Islam and Meade (2015) identifican a los factores sociodemográficos (globalización social⁷ y densidad de población) como los elementos diferenciales para la adopción del servicio.

Impacto de la disponibilidad de espectro radioeléctrico para comunicaciones móviles terrestres

El espectro radioeléctrico es un recurso esencial⁸ para brindar comunicaciones inalámbricas y, si bien, los avances tecnológicos han permitido aprovechar cada vez mejor este recurso, la demanda de espectro sigue incrementándose. Desde el lanzamiento de la primera red de banda ancha móvil de tercera generación en el 2001⁹, la demanda de datos móviles¹⁰ ha aumentado exponencialmente y la disponibilidad y gestión del espectro ha sido un tema central para los organismos internacionales así como para las administraciones (UIT, 2010). Para 2014, más de 180 países habían asignado espectro para redes de tercera generación y más de 100 para los servicios conocidos como 4G o de cuarta generación (UIT 2015).

De cualquier forma, la cantidad y la distribución de las bandas entre los operadores de cada país han sido distintas en cada uno de ellos. La evolución tecnológica y el avance de los mercados han llevado a los organismos internacionales y a las administraciones a asignar o reasignar bandas de espectro en distintas frecuencias, las cuales presentan distintas características en términos de propagación y capacidad¹¹.

A pesar de ser un insumo esencial para la provisión de los servicios móviles son muy escasos los estudios que analizan los factores relacionados con el espectro radioeléctrico: en un estudio cross country con indicadores de 30 países Hazzlet and Munoz (2009) encuentran que los países que han puesto mayor cantidad de espectro (ancho de banda) en el mercado tienden a tener un uso más intensivo de la telefonía móvil y presentan una menor concentración de mercado en términos de usuarios. En análisis cualitativos, Chaplin y Lehr (2011) identifican a la cantidad de espectro disponible y a la compartición de infraestructuras y de espectro como elementos indispensables para promover la adopción de la banda ancha móvil. Sridar et al (2013) utiliza la cantidad promedio de espectro por operador y el uso de múltiples estándares como elementos para comparar el progreso de naciones avanzadas y de países emergentes en materia de telecomunicaciones.

A continuación, con el objeto de identificar el efecto de la disponibilidad del espectro en la difusión del servicio se realiza el análisis empírico los efectos que tienen la disponibilidad y diversidad del espectro disponible en cada país en la penetración de la banda ancha móvil.

Metodología

El estudio sigue una metodología ampliamente utilizada para identificar los factores que inciden en la penetración de servicios de telecomunicaciones en diferentes países (cross country). Específicamente, el estudio busca examinar los efectos que tienen la disponibilidad y diversidad del espectro disponible en cada país en la penetración de la banda ancha móvil mediante regresiones multivariantes de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) con datos de 122 países.

Para identificar si la disponibilidad y diversidad de espectro tiene efectos en la penetración de banda ancha móvil, se sigue la metodología de regresión multivariable (multivariate regression analysis) aplicada a cross section, la cual es utilizada por diversos estudios previos que buscan identificar factores de adopción de banda ancha (Kim et al 2003, Garcia-Murillo 2005, Cava-Ferreruela and Alabau 2006, Gulati and Yates 2012).

Con la finalidad de incluir al mayor número de países y dado que hasta hace poco tiempo no se reportaba la banda ancha móvil de manera homogénea se utiliza una sola serie de tiempo.

⁷ Islam y Meade (2015) proponen medir la globalización social con base en el número de contactos internacionales de los usuarios.

⁸ En palabras de Riley (2013) el espectro es el éter de las comunicaciones inalámbricas, es el medio y el recurso mediante el cual se transmiten las comunicaciones y resulta finito pero renovable a su vez.

⁹ Si bien las dos primeras redes de tercera generación se implementaron en Japón en octubre de 2001 y diciembre de 2002, las redes 3G no iniciaron efectivamente sus operaciones sino hasta principios de 2004 presentando un crecimiento extraordinario para lograr 61 redes 3G desplegadas en diciembre de 2014.

¹⁰ En un estudio académico Lee et al. (2015) proyectan mediante técnicas prospectivas que la demanda de datos en países con mercados maduros de banda ancha móvil, el tráfico móvil será tres veces mayor en 2020 respecto a 2014.

¹¹ Por ejemplo, las características de propagación de las bandas de frecuencias bajas como la tradicional UHF utilizada para radiodifundir servicios de televisión resultan adecuadas para servicios de banda ancha móvil (OECD 2014).

El estudio utiliza indicadores nacionales que han sido seleccionados en estudios previos similares. El indicador para la penetración de banda ancha móvil y la variable dependiente es el número de suscriptores por cada 100 habitantes en cada país a finales de 2014.

Las variables independientes incluyen variables económicas, sociales, demográficas, tecnológicas y de competencia en el mercado señaladas por la literatura como relevantes para la adopción de servicios de banda ancha.

Type	Variable	Measurement	Source
Dependent variable	Mobile Broadband penetration	Mobile broadband subscriber per 100 capita	ITU (2015); Ovum (2015)
Independent variables	Income	Gross Domestic Product per capita (USD, PPP)	World Economic Forum (2015)
	Education	Education Index	United Nations (2014)
	Population Density	Inhabitant per square kilometers (inhab/km ²)	World Development Indicators (2015)
	Mobile Platform Competition	HHI (Herfindahl-Hirschman Index) for mobile broadband platforms WCDMA, CDMA20001x and LTE	Ovum (2015 b)
	Mobile Market Competition	HHI (Herfindahl-Hirschman Index) for mobile subscribers per operator	National Regulatory Agencies and Ovum (2015)
	Spectrum per country	Total spectrum allocated for mobile services (Mhz)	National Regulatory Agencies; IDB (2015) and Ovum (2015)
	Bands per operator	Average different bands per operator	National Regulatory Agencies; IDB (2015) and Ovum (2015)

Variables de control económicas

Ingresos

El ingreso es una variable clave en la penetración de los servicios de banda ancha. Los factores económicos como el nivel de ingreso (Kim et al 2003, García Murillo 2005, Bouckaert et al 2010) y el precio del servicio de banda ancha (García Murillo 2005, Lee et al 2011, Lin and Wu 2013) han sido identificados como elementos que influyen en la adopción del servicio. Para los países en desarrollo la disparidad en la distribución del ingreso impacta negativamente en la penetración de la banda ancha fija (Gulati and Yates, 2012).

La comisión de banda ancha de la UIT establece como meta para la asequibilidad de la banda ancha que el precio no sobrepase el 5% del Ingreso per cápita.

Competencia en el Mercado móvil

Variables de control sociodemográficas

Educación

El nivel de educación en general (Lin and Wu 2013, Lee et al 2011) y la preparación digital en particular (Kim et al 2003) también han sido identificados como factores que favorecen la penetración del servicio,

Lin and Wu (2013) encontraron evidencias de que los factores para la adopción de la banda ancha son distintos en función de la etapa de difusión en la que se encuentre el servicio. Mientras que en los países donde comienza a adoptarse el servicio, el ingreso y la educación son los factores más relevantes, en los países donde ya se ha generalizado el servicio es el precio del servicio el que mayor significancia presenta.

La competencia entre plataformas tecnológicas ha sido un elemento común en los análisis de adopción del servicio fijo (Cava-Ferreruela and Alabau 2006, Distaso 2006, Lee and Brown 2008, Bouckaert 2010).

Densidad de población

Estudios internacionales más recientes sobre la difusión de banda ancha móvil muestran que los países con mayor competencia en el sector de las telecomunicaciones, mayores ingresos per cápita y mayor densidad de población presentan niveles superiores de penetración

VARIABLES DE CONTROL REGULATORIAS

Bandas distintas utilizadas por cada operador

Las bandas de frecuencia tienen distintas características de propagación que las hacen más o menos apropiadas para zonas específicas de cobertura. Por ejemplo, García-Zaballos y López-Rivas (2012) estiman que el costo de inversión de un operador para cubrir una misma superficie con una densidad media de población será tres veces mayor en 1,900 MHz que en uno de 700 MHz debido a que se requerirían menos antenas y equipos. En un estudio cross country con indicadores de 30 países Hazzlet and Munoz (2009) encuentran que los países que han puesto mayor cantidad de espectro (ancho de banda) en el mercado tienden a tener un uso más intensivo de la telefonía móvil y presentan una menor concentración de mercado en términos de usuarios. En análisis cualitativos, Chaplin y Lehr (2011) identifican a la cantidad de espectro disponible y a la compartición de infraestructuras y de espectro como elementos indispensables para promover la adopción de la banda ancha móvil. Sridar et al (2013) utiliza la cantidad promedio de espectro por operador y el uso de múltiples estándares como elementos para comparar el progreso de naciones avanzadas y de países emergentes en materia de telecomunicaciones.

Análisis y Resultados obtenidos

Utilizando el siguiente modelo de regresión y los métodos de formas reducidas se obtiene que:

Al calcular los coeficientes así como los valores estadísticos (P, T, error estándar) es posible identificar aquellos factores que tienen mayor impacto en el desarrollo del servicio de banda ancha móvil.

Variable	
Income (Coef)	9.74 e-06
(P value)	(0.000)***
(T value)	(5.81)
Education	0.4185673
(P value)	(0.039)**
(T value)	(2.08)
Population Density	0.0000247
(P value)	(0.294)
(T value)	(1.06)
Mobile Platform Competition	-0.4494957
(P value)	(0.011)**
(T value)	(-2.58)
Mobile Market Competition	-0.4233837
(P value)	(0.010)**
(T value)	(-2.62)
Bands per operator	0.0757534
(P value)	(0.008)***
(T value)	(2.72)

Al analizar los resultados se encuentra que, tal y como lo han mostrado estudios similares, los niveles de ingreso están positivamente relacionados con la penetración de la banda ancha móvil. De forma similar, aunque en menor medida, los datos muestran que los niveles de educación también muestran un impacto positivo en la adopción del servicio. Curiosamente, la densidad de población no parece tener un impacto significativo en los niveles de penetración de cada país.

Los indicadores de concentración que miden tanto la competencia en cuanto al número de suscriptores como de plataformas tecnológicas para prestar banda ancha móvil tienen una relación inversa con el número de conexiones por habitantes. En otras palabras, a mayor competencia interplataformas y en servicios, mayor penetración de la banda ancha móvil.

Por su parte, en el ámbito de la disponibilidad de distintas bandas de frecuencias, los resultados muestran evidencia de que la distribución de distintas bandas entre los operadores de un país tiene impacto en la penetración de la banda ancha móvil. En otras palabras, a mayor promedio de bandas de frecuencias por operador existe una mayor penetración del servicio de banda ancha móvil.

A la vista de los resultados obtenidos, parece recomendable establecer medidas regulatoria y de política pública que permitan que los operadores presentes tengan acceso a distintas bandas de frecuencias de modo que puedan elegir la opción más adecuada y que se encuentren en condiciones equiparables de competencia. En este sentido, la determinación de topes máximos de acumulación de espectro en cada banda (mejor conocidos por su nombre anglosajón como “spectrum caps”) así como el concesionamiento conjunto de distintas bandas de frecuencias facilitaría que los distintos operadores tengan acceso a las bandas más adecuadas para lograr sus objetivos de cobertura y capacidad, coadyuvando así a la provisión de servicios de mayor calidad y/o mejores precios.

También es posible establecer mecanismos en los que el mismo mercado sea quien distribuya las bandas de frecuencias entre los distintos operadores tales como los modelos para el arrendamiento del espectro por bandas y la compartición del espectro por bandas. De cualquier forma, para el correcto funcionamiento de dichos mecanismos, es conveniente el seguimiento del uso y aprovechamiento eficiente del espectro por parte de los operadores para evitar concentraciones y/o la creación de barreras artificiales para acceder a ciertas bandas.

Finalmente, es importante señalar que los estudios de la presente línea de investigación están en marcha y aún no se concluyen por lo que los resultados presentados son preliminares y serán complementados una vez se finalicen las tareas.

Limitaciones del estudio

El estudio considera que los operadores utilizan la totalidad de su espectro y que no tiene acceso a las bandas de otros operadores mediante la figura de acceso a espectro secundario, compartición de espectro u operadores móviles virtuales. No considera la utilización de bandas de uso libre por parte de los operadores.

AGRADECIMIENTOS Y RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

El autor agradece la valiosa contribución de sus compañeros del Centro de Estudios del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). Es necesario tener en cuenta que ninguno de ellos es responsable por cualquier error que se detecte en este documento. Asimismo, los resultados, las conclusiones y las opiniones presentados en este artículo son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan la opinión del IFT.

REFERENCIAS

- Ahn, H., and Lee, M.-H. (1999). An Econometric Analysis of the Demand for Access to Mobile Telephone Networks. *Information Telecommunications. International Journal of Industrial Organization*, 19(7), 1189–1212.
- Bauer, J. M., Gai, P., and Kim, J. (2002). *Broadband: Benefits and policy challenges*. East Lansing: The James H. and Mary B. Quello Center for Telecommunication Management and Law Michigan State University. <http://www.quello.msu.edu>.
- Böhlín, A., Gruber, H., and Koutroumpis, P. (2009). Diffusion of innovation in mobile communications.
- Bouckaert, J., Van Dijk, T., and Verboven, F. (2010). Access regulation, competition, and broadband penetration: An international study. *Telecommunications Policy*, 34(11), 661–671.
- Burki, A. A., and Aslam, S. (2000). The Role of Digital Technology and Regulations in the Diffusion of Mobile Phones in Asia. *Pakistan*
- Cambini, C., Hoernig, S., and Bohlin, E. (2012). The editorial—Regulation and competition in communications markets. *Telecommunications Policy*, 36(5), 357–359.
- Cava-Ferreruela, I., and Alabau-Munoz, A. (2006). Broadband policy assessment: A cross-national empirical analysis. *Telecommunications Policy*, 30(8), 445–463.
- Cellular Telephone Adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, 57(1-2), 105–132.
- Chapin, J., and Lehr, W. (2011). Mobile broadband growth, spectrum scarcity, and sustainable competition. TPRC.
- Choi, S., 2011. Facilities to service based competition, not service to facilities based, for broadband penetration: a comparative study between the United States and South Korea. *Telecommun. Policy* 35 (9), 804–817.

- Choudrie, J., and K Dwivedi, Y. (2004). Towards a conceptual model of broadband diffusion. *CIT. Journal of computing and information technology*, 12(4), 323-338.
- CISCO (2011). Global mobile data traffic forecast update, 2010-2015. White Paper, February.
- CISCO (2015). Global mobile data traffic forecast update, 2010-2015. White Paper, February.
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., and Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, 121, 505-532.
- Dekimpe, M. G., Parker, P. M., and Sarvary, M. (1998). Staged estimation of international diffusion models: An application to global cellular telephone adoption. *Technological forecasting and social change*, 57(1), 105-132.
- Distaso, W., Lupi, P., and Manenti, F. M. (2006). Platform competition and broadband uptake: Theory and empirical evidence from the European Union. *Information Economics and Policy*, 18(1), 87-106.
- European commission (2009) Internet of Things - An action plan for Europe. » http://ec.europa.eu/information_society/policy/rtfid/documents/commiot2009.pdf. Accessed 14 June 2010
- Federal Communications Commission (2012), "Connecting America: the national broadband plan", available at: www.broadband.gov/download-plan/
- García-Murillo, M. (2005). International broadband deployment: The impact of unbundling. *Communications and Strategies*, (57), 83.
- García-Murillo, M., and Rendón, J. (2009). A model of wireless broadband diffusion in Latin America. *Telematics and Informatics*, 26(3), 259-269.
- García-Zaballos, A. and R. López-Rivas. 2012. "Socioeconomic Impact of Broadband in Latin American and Caribbean Countries." Technical Note No. IDB-TN-471. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. Available at <http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/11427.pdf>.
- Grosso, M. (2006). *Determinants of broadband penetration in OECD nations*. Canberra, Australia: Regulatory Development Branch, Competition and Consumer Commission.
- Gruber, H. (2001). Competition and innovation: The diffusion of mobile telecommunications in Central and Eastern Europe. *Information Economics and Policy*, 13(1), 19-34.
- Gruber, H., and Verboven, F. (1998). The diffusion of mobile telecommunications services in the European Union. Tilburg University.
- Gruber, H., and Verboven, F. (2001). The Evolution of Markets under Entry and Standards Regulation—The Case of Global Mobile. *Economics and Policy*, 11(3), 297-305.
- Gulati, G. J., and Yates, D. J. (2012). Different paths to universal access: The impact of policy and regulation on broadband diffusion in the developed and developing worlds. *Telecommunications Policy*, 36(9), 749-761.
- Hazlett, T. W., and Muñoz, R. E. (2009). A welfare analysis of spectrum allocation policies. *The RAND Journal of Economics*, 40(3), 424-454.
- International Telecommunications Union ITU (2011). International Telecommunication Union ICT eye database. Retrieved from <http://www.itu.int/ITU-D/icteye/Default.aspx>
- International Telecommunications Union ITU (2014). Handbook for the collection of administrative data on Telecommunications/ICT.
- International Telecommunications Union ITU (2015). The State of Broadband 2015: Broadband as a Foundation for Sustainable Development. Retrieved from <http://www.broadbandcommission.org/publications/Pages/SOB-2015.aspx>
- Islam, T., and Meade, N. (2015). Firm level innovation diffusion of 3G mobile connections in international context. *International Journal of Forecasting*, 31(4), 1138-1152
- Katz, R.L., Avila, J., and Meille, G. (2011). Economic impact of wireless broadband in rural America. Study by Telecom Advisory Services LLC, for the Rural Cellular Association.
- Kim, J., Bauer, J. M., and Wildman, S. S. (2003, August). Broadband uptake in OECD countries: Policy lessons from comparative statistical analysis. TPRC.
- Kyriakidou, V., Michalakelis, C., and Sphicopoulos, T. (2013). Driving factors during the different stages of broadband diffusion: A non-parametric approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(1), 132-147.
- Lee, S., Cho, C., Hong, E., and Yoon, B. (2015). Forecasting Mobile Broadband Traffic: Application of Scenario Analysis and Delphi Method. *Expert Systems with Applications*. Article in press.

- Lee, S., Marcu, M., and Lee, S. (2011). An empirical analysis of fixed and mobile broadband diffusion. *Information Economics and Policy*, 23(3), 227-233.
- Lin, M. S., and Wu, F. S. (2013). Identifying the determinants of broadband adoption by diffusion stage in OECD countries. *Telecommunications Policy*, 37(4), 241-251
- Madden, G., Coble-Neal, G. and Dalzell, B. (2004). A dynamic model of mobile telephony subscription incorporating a network effect. *Telecommunications Policy*, 28, 133-144
- Mayo, J. W., and Wallsten, S. (2011). From network externalities to broadband growth externalities: A bridge not yet built. *Review of Industrial Organization*, 38(2), 173-190.
- Qiang, C.Z.W., and Rossotto, C.M. (2009). Economic impacts of broadband. In WorldBank(Ed.). *Information and communications for development 2009: Extending reach and increasing impact*.
- Rajabium, R., and Middleton, C. (2015). Regulation, investment and efficiency in the transition to next generation broadband networks: Evidence from the European Union. *Telematics and Informatics*, 32(2), 230-244.
- Robles-Rovalo, A., Feijóo-González, C., and Gómez-Barroso, J. L. (2008). Diffusion of Broadband Access in Latin America. In Y. Dwivedi, A. Papazafeiropoulou, and J. Choudrie (Eds.) *Handbook of Research on Global Diffusion of Broadband Data Transmission*, (ch44), 711-728. Hershey, PA. : Information Science Reference.
- Rouvinen, P. (2006). Diffusion of digital mobile telephony: Are developing countries different? *Telecommunications Policy*, 30(1), 46-63.
- Stenberg, P., Morehart, M., Vogel, S., Cromartie, J., Breneman, V., and Brown, D. (2009). *Broadband Internet's value for rural America*. Washington,DC :U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Economic Research Report No. 78.
- Thompson, H. G., and Garbacz, C. (2011). Economic impacts of mobile versus fixed broadband. *Telecommunications Policy*, 35(11), 999-1009.
- Ware, H., Dippon, C.M., 2010. Wholesale unbundling and intermodal competition. *Telecommun. Policy* 34 (1), 54-64.
- Yates, D. J., Gulati, G. J. J., and Weiss, J. W. (2013, January). Understanding the Impact of Policy, Regulation and Governance on Mobile Broadband Diffusion. In 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 2852-2861). IEEE.