

Índice general

1. Introduction	1
1.1. Motivation for the thesis	1
1.2. Objectives	2
1.3. context	3
1.4. Layout of the thesis	5
2. Estado del Arte	7
2.1. Nuevas Técnicas y Tecnologías	8
2.1.1. Radio Cognitiva	8
2.2. Redes Heterogéneas	11
2.3. Microeconomía	15
2.3.1. Función de Utilidad	16
2.3.2. Monopolio	17
2.3.3. Oligopolio	17
2.3.4. Teoría de Juegos	18
3. Descripción del escenario y del modelo	25
3.1. Características del escenario	26

3.1.1. Transmisión y modelo del canal	29
3.2. Los usuarios	31
3.2.1. Función de utilidad de los usuarios	32
3.2.2. Ancho de banda óptimo suscrito por los usuarios	34
3.3. Los proveedores de servicios	35
3.3.1. Oferta de los proveedores de servicios	36
3.3.2. Demanda de los proveedores de servicios	37
3.3.3. Beneficios de los proveedores de servicios	38
3.4. Bienestar de los usuarios y bienestar social	39
3.5. Teoría de juegos para la toma de decisiones	39
3.6. Conclusiones	40
4. Proveedor de servicios monopolista	43
4.1. Características del Escenario	44
4.1.1. Los usuarios	44
4.1.2. El MSP	45
4.2. Decisiones en un modelo estático	45
4.2.1. Suscripción de los usuarios:	45
4.2.2. Precio del MSP	46
4.2.3. Decisiones de los agentes del escenario	46
4.3. Decisiones en un modelo evolutivo de la población de usuarios	47
4.3.1. Suscripción de los usuarios:	47
4.3.2. Precio del MSP	49
4.3.3. Decisiones de los agentes del escenario	50
4.4. Decisiones en un modelo dinámico	50
4.4.1. Suscripción de los usuarios:	50

4.4.2.	Precio del MSP	51
4.4.3.	Decisiones de los agentes del escenario	53
4.5.	Resultados	53
4.5.1.	Resolución numérica	54
4.5.2.	Modelo estático	55
4.5.3.	Modelo evolutivo de la población de usuarios	56
4.5.4.	Modelo Dinámico	58
4.5.5.	Comparación de resultados	63
4.6.	Conclusiones	66
5.	Competition between service providers. Static model.	69
5.1.	Model description	70
5.1.1.	Users	71
5.1.2.	Service providers	71
5.2.	Analysis	71
5.2.1.	Stage II: subscription game	72
5.2.2.	Stage I: Stackelberg game	76
5.2.3.	Analysis summary	84
5.3.	Results	85
5.3.1.	Effect of SSP coverage ratio	86
5.3.2.	Effect of spectral efficiency	90
5.3.3.	Effect of SSP's available bandwidth	91
5.4.	Conclusions	93

6. Competencia entre SPs. Modelo evolutivo de la población.	95
6.1. Características del Escenario	96
6.1.1. Los usuarios	96
6.1.2. Los Proveedores de Servicios	97
6.2. Teoría de Juegos para la toma de decisiones	97
6.2.1. Etapa II: Juego de Suscripción	98
6.2.2. Etapa I: Juego de Elección de Precios	101
6.3. Resultados	104
6.3.1. Resolución numérica	104
6.3.2. Comportamiento evolutivo de la población	105
6.3.3. Estrategias en equilibrio de los proveedores de servicios	107
6.3.4. Efecto de la tasa de cobertura del SSP	109
6.3.5. Efecto de la eficiencia espectral	115
6.3.6. Efecto de ancho de banda disponible del SSP	116
6.4. Conclusiones	119
7. Competencia entre SPs. Modelo dinámico.	121
7.1. Características del Escenario	122
7.1.1. Los usuarios	122
7.1.2. Los Proveedores de Servicios	123
7.2. Teoría de Juegos para la toma de decisiones óptimas	123
7.2.1. Etapa II: Juego Evolutivo de Suscripción	125
7.2.2. Etapa I: Juego de Elección de Precios	126
7.3. Resultados	131
7.3.1. Resolución numérica	131
7.3.2. Efecto de la eficiencia espectral	132

7.3.3. Efecto del ancho de banda disponible del SSP	135
7.4. Conclusiones	137
8. Competencia entre SPs. Aceptación de nuevos usuarios.	139
8.1. Utilidad percibida por los usuarios con los SPs	140
8.2. Modelo Estático	141
8.3. Modelo evolutivo de la población de usuarios	142
8.4. modelo dinámico	142
8.5. Resultados	145
8.5.1. Resolución numérica	146
8.5.2. Modelo estático	147
8.5.3. Modelo evolutivo de la población de usuarios	149
8.5.4. Modelo dinámico	152
8.6. Conclusiones	154
9. Competencia entre SPs. Modelo con variación de recursos	157
9.1. Escenarios de Estudio	158
9.2. Monopolio	161
9.2.1. Modelo estático	161
9.2.2. Modelo evolutivo de la población de usuarios	162
9.2.3. Modelo dinámico	164
9.3. Duopolio	165
9.3.1. Modelo Estático: Una decisión a lo largo del tiempo	166
9.3.2. Modelo Estático: Una decisión en cada instante	167
9.3.3. Modelo evolutivo de la población de usuarios	169
9.3.4. Modelo Dinámico	170

9.4. Usuarios que podrían suscribir el servicio	174
9.4.1. Modelo Estático: Una decisión a lo largo tiempo	174
9.4.2. Modelo Estático: Una decisión en cada instante	175
9.4.3. Modelo evolutivo de la población de usuarios	177
9.4.4. Modelo dinámico	179
9.5. Comparación de resultados	180
9.5.1. Beneficios de los SPs	181
9.5.2. Bienestar social y bienestar de los usuarios	182
9.6. Conclusiones	183
10. Conclusions	185
Apéndices	189
A. Abreviaturas y acrónimos	189
B. Notación, variables y parámetros más utilizados	191
C. Análisis de la dinámica del replicador en Monopolio	195
D. Análisis de la dinámica del replicador	199
E. Discretización de las funciones	207
E.1. Discretización de la dinámica del replicador	207
E.2. Discretización de la función objetivo	208

Índice de figuras

2.1. Red heterogénea	12
3.1. Escenario de estudio	26
3.2. Small cell i	28
3.3. Escenario de comunicaciones móviles donde compiten los SPs	29
3.4. Eficiencia espectral y distribución de los usuarios en el área.	31
3.5. Estructura de los juegos	40
4.1. Modelo de monopolio en comunicaciones móvil	44
4.2. Evolución de la población con δ bajo	57
4.3. Evolución de la población con δ alto	57
4.4. Evolución del estado de la población con δ bajo	59
4.5. Precio del MSP con δ bajo	59
4.6. Evolución del estado de la población con δ alto	62
4.7. Precio del MSP con δ alto	62
4.8. Estado final de la población ($x_m(T)$) en los modelos	64
4.9. Beneficios medios del MSP en los modelos	64
4.10. UW Medios en los modelos	65

4.11. SW Medios en los modelos	66
5.1. Scenario.	70
5.2. Game structure	72
5.3. Different regions.	79
5.4. Population ratios as a function of A_s/A_m	87
5.5. Prices and UW as a function of A_s/A_m	88
5.6. Population ratios as a func. of A_s/A_m with heterogeneous θ_{is}	89
5.7. Prices and UW as a function of A_s/A_m with heterogeneous θ_{is}	89
5.8. Fracciones de la población en función de θ_m	90
5.9. Prices and UW as a function of θ_m	91
5.10. Population ratios as a function of B_s	92
5.11. Prices and UW as a function of B_s	92
6.1. Estructura del juego	98
6.2. Solución estacionaria	106
6.3. Evolución de la población con el tiempo	106
6.4. Evolución de la población con el tiempo	108
6.5. Evolución de la población con el tiempo	108
6.6. Equilibrio de precios para $T = 10$	110
6.7. Equilibrio de precios para $T = 100$	110
6.8. Fracciones de la población en función de A_s/A_m	111
6.9. Precios en función de A_s/A_m	112
6.10. UW en función de A_s/A_m	112
6.11. Frac. de población en función de $\frac{A_s}{A_m}$ con θ_{is} heterogéneos.	113
6.12. Precios en función de A_s/A_m con θ_{is} heterogéneos.	114

6.13. UW en función de A_s / A_m con θ_i s heterogéneos.	114
6.14. Fracciones de la población en función de θ_m	116
6.15. Precios en función de θ_m	116
6.16. UW en función de θ_m	117
6.17. Fracciones de la población en función de B_s	117
6.18. Precios en función de B_s	118
6.19. UW en función de B_s	118
7.1. Estructura del juego	124
7.2. Precios de los SPs a lo largo del tiempo en función de θ_m	132
7.3. Comportamiento evolutivo de la población en función de θ_m	133
7.4. Π_m, Π_s, SW y UW en función de θ_m	134
7.5. Precios de los SPs a lo largo del tiempo en función de B_s	135
7.6. Comportamiento evolutivo de la población en función de B_s	136
7.7. Π_m, Π_s, SW y UW en función de m	137
8.1. Efecto de los usuarios sobre los precios	147
8.2. Efecto de los usuarios sobre la población	148
8.3. Efecto de los usuarios sobre los beneficios, UW y SW	149
8.4. Efecto de los usuarios sobre los precios	150
8.5. Efecto de los usuarios sobre la población	150
8.6. Efecto de los usuarios sobre los beneficios, UW y SW	151
8.7. Efecto de los usuarios sobre los precios	153
8.8. Efecto de los usuarios sobre la población	153
8.9. Efecto de los usuarios sobre los beneficios, UW y SW	154
9.1. small cell i	158

9.2. Escenario de estudio.	159
9.3. Estudio del tráfico TCP en la Universidad de Washington.	160
9.4. Ancho de banda utilizado para el Servicio de Internet.	160
9.5. Ancho de banda disponible para el SSP	162
9.6. Evolución de la población	163
9.7. Evolución de la población	164
9.8. Camino de acción óptimo del MSP	165
9.9. Distribución de la población	168
9.10. Precios en equilibrio de los SPs	168
9.11. Evolución de la población	170
9.12. Evolución de la población de los usuarios del MSP	171
9.13. Evolución de la población de los usuarios del SSP	172
9.14. Precios en equilibrio del MSP	172
9.15. Precios en equilibrio del MSP	173
9.16. Usuarios que podrían suscribir el servicio	176
9.17. Precios en equilibrio de los SPs en cada instante de tiempo	176
9.18. Distribución de los usuarios en cada instante de tiempo	177
9.19. Distribución de los usuarios con el tiempo	178
9.20. Usuarios que podrían suscribir el servicio	179
9.21. Distribución de los usuarios en cada instante de tiempo	180
9.22. Beneficios de los SPs en todos los modelos	181
9.23. Bienestar social y bienestar de los usuarios	183

Índice de tablas

2.1. Dilema de los Presos.	20
4.1. Parámetros	54
4.2. Resultados del modelo estático	56
4.3. Resultados cuando la población evoluciona con δ bajo	58
4.4. Resultados cuando la población evoluciona con δ alta	58
4.5. Resultados del modelo dinámico con δ bajo	61
4.6. Resultados cuando la población evoluciona con δ alta	63
5.1. Population ratio when $p_s > p_m / \theta_{m_i}$	74
5.2. Population ratio when $p_s < p_m / \theta_{m_i}$	75
5.3. Population ratio when $p_s = p_m / \theta_{m_i}$	75
5.4. Parameter setting	86
6.1. Parámetros del escenario	104
7.1. Parámetros del escenario	131
8.1. Parámetros del escenario	145
9.1. Parámetros del MSP	159

9.2. Resultados del modelo estático en un mercado monopolista . . . 162

9.3. Result. del modelo evolutivo de la población en monopolio . . . 163

9.4. Resultados del modelo dinámico en un mercado monopolista . 165

9.5. Resultados del modelo estático con una única decisión 166

9.6. Resultados del modelo estático con múltiples decisiones 167

9.7. Resultados del modelo evolutivo de la población de usuarios . 169

9.8. Resultados del modelo dinámico 173

9.9. Resultados del modelo estático con una única decisión 175

9.10. Resultados del modelo estático con múltiples decisiones 175

9.11. Resultados del modelo evolutivo de la población de usuarios . 178

9.12. Resultados del modelo dinámico 180

D.1. La fracción de la población cuando $p_s > p_m/\theta_{m_i}$ 203

D.2. La fracción de la población cuando $p_s < p_m/\theta_{m_i}$ 203

D.3. La fracción de la población cuando $p_s = p_m/\theta_{m_i}$ 205