

시스템 다이내믹스를 이용한 주파수 공유 생태계 활성화 정책대안 비교 분석 연구

송희석* · 김재경** · 김태한***

Comparative Analysis of Policies to Vitalize Spectrum Sharing Ecosystem using System Dynamics

Hee Seok Song* · Jae Kyung Kim** · Taehan Kim***

Abstract

Demand of spectrum resource is tremendously increasing and this trend will continue as more IT services such as cloud computing, smart devices, Internet of Things are provided through wireless network. Recent development of spectrum sharing technology has drawn attention to spectrum policy makers as a promising way to overcome the expected spectrum shortage problem. However, technology-based solution to spectrum shortage problem may not be sustainable since the solution affect only one aspect of spectrum sharing ecosystem. To understand the whole picture of spectrum shortage problem, policies to vitalize spectrum sharing ecosystem were proposed based on the analysis of System Dynamics causal map in the previous study. This study compares and analyzes the effect of those proposed vitalization policies by using System Dynamics simulation. Among seven alternative policies, combined application of demand acceleration policy and technology development policy was found to be more effective for better utilization of spectrum. The effect of demand acceleration policy was offset when other policies are applied together except supply acceleration policy which shows better spectrum sharing.

Keywords : Spectrum Sharing, Spectrum Sharing Ecosystem, System Dynamics, Policy Leverage

논문접수일 : 2014년 11월 07일 논문수정일 : 2014년 12월 08일 논문재확정일 : 2014년 12월 08일

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신, 방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음(모바일 빅뱅 시대의 주파수 효율 개선 핵심기술 개발).

* 한남대학교 경영정보학과 교수, e-mail : hssong@hnu.kr

** 교신저자, 한남대학교 경영정보학과, e-mail : kjkkej@hnu.kr

*** 한국전자통신연구원 창의미래연구소, e-mail : taehan@etri.re.kr

1. 서 론

스마트기기와 클라우드 서비스 등의 모바일 콘텐츠 플랫폼 중심의 서비스들과 사물인터넷의 급속한 성장 등 인터넷을 이용한 다양한 서비스의 증가로 인해 야기되는 통신 트래픽의 급속한 증가는 한정된 주파수 자원의 부족문제를 초래하고 있다[김경미 외 2인, 2012]. 이러한 주파수 부족의 해결을 위해서 다양한 방식의 해결책들이 연구되고 있다. 먼저, 주파수 공급량을 늘리는 방법으로 동등 공유와 일-이차 업무간 공유를 위한 주파수 공유 정책들의 개발과 인지무선 기술, 기존 TV주파수의 White Space를 이용한 수퍼 와이파이 기술과 같은 주파수 공유 기술이 제안되었다[고광진 외 7인, 2009; 이상운, 2010; 전형석 외 2인, 2006]. 한편, 이동통신 주파수의 품질과 비용 측면에서 기술적 해결방안을 제시한 연구들도 있다[우훈식 외 1인, 2006; 여재현 외, 2인]. 또 다른 연구 방향으로 광대역 이동통신 주파수가 미치는 영향을 네트워크, 서비스, 단말기, 콘텐츠의 산업부분별로 구분하여 주파수의 수요측면에서 연구하였다[여재현 외 1인, 2009; 장재혁 외 1인, 2014; 정찬형, 2010]. 이러한 주파수 공유를 위한 기존의 연구들은 접근 방법의 개별적인 적용으로 각 기술이 특정 산업이나, 주파수의 공급이나 수요, 품질이나 비용 등 하나의 측면에 대한 효용성을 살펴볼 수 있지만, 각 기술이 전체 주파수 공유 생태계에 끼치는 영향을 확인할 수 없다는 단점이 있다. 예를 들면, 특정 대역의 주파수 공급을 확대시키는 정책이 주파수 생태계 전체에 긍정적인 결과를 초래한다고 볼 수 없는 것이다.

이러한 단점을 극복하기 위하여 본 연구는 주파수 공유에 대한 개별적 기술과정의 효과에 대해 분석한 기존 연구들이 제시하는 결과가 제한적일 수도 있다는 가정 아래, 연구의 주된 초점을 주파수 공유 생태계 전체로 확장시켜서 미래

주파수 공유생태계에서 2차 시장에서의 주파수 수급상황, 주파수 거래비용, 주파수 공유 기술 수준 등이 주파수 공유생태계 활성화에 어떻게 영향을 미치는지와 주파수 공유 활성화에 필요한 효과적인 정책이 무엇인지를 분석하는데 그 목적을 두었다. 이전 연구[송희석 외 1인, 2013]에서는 인과지도 분석을 통해 주파수 공유 생태계의 피드백구조를 파악하고, 이를 바탕으로도 도출된 잠재적인 주파수 공유 생태계의 활성화를 위한 정책들이 도출되었다. 본 연구에서는 이러한 정책들을 성공적으로 설계하기 위해서 주파수 공유 생태계의 동태적 행태 파악을 목표로 저장/유량 흐름도(Stock/Flow Diagram)를 작성하고 시스템 다이내믹스를 활용한 시뮬레이션 모형을 통해 주파수 공유 생태계 인과지도 상의 주파수 정책들의 효과를 비교 분석하여 주파수 공유생태계 활성화에 기여하는 정책들의 개입지점과 정책 지렛대를 살펴보고, 복수개의 정책들이 병행될 경우도 고려하여 주파수 공유 생태계를 활성화하기 위한 효과적인 정책들을 밝힌다.

2. 기존연구

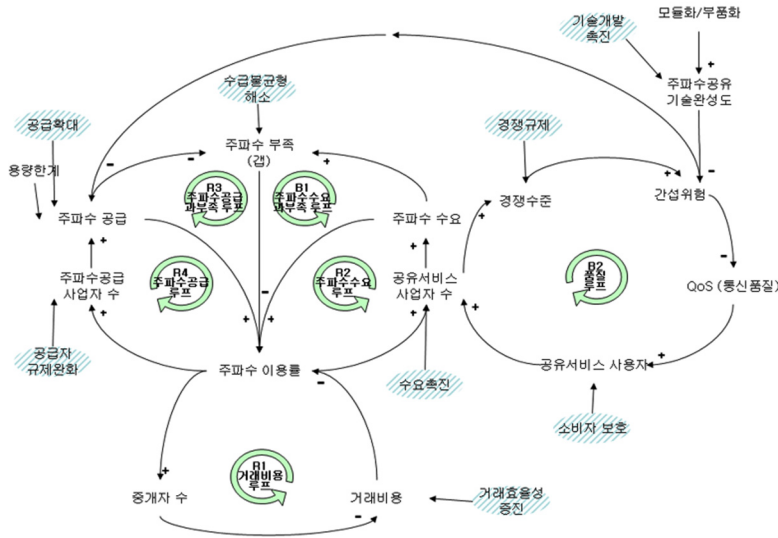
본 연구는 미래 주파수 공유생태계에서 2차 시장에서의 주파수 수급상황, 주파수 거래비용, 주파수 공유 기술 수준 등이 주파수 공유생태계 활성화에 어떻게 영향을 미치는지 그리고 주파수 공유 활성화에 필요한 효과적인 정책이 무엇인지를 시스템 다이내믹스에 의해 분석하였다. 이를 위해 먼저 주파수 공유 생태계와 관련된 기존의 연구를 살펴보고, 구체적인 연구방법론인 시스템다이내믹스에 관하여 살펴본다.

2.1 주파수 공유 생태계

이전 연구[송희석 외 1인, 2013]에서는 주파수 공유 생태계를 인과지도로 작성함으로써, 어떤

조건에서 성장이 따르지 않는 제로섬 구조로서 분배의 악순환이 발생하는지, 또는 혁신적 가치가 반복 창출되는 양의 피드백구조로서 성장과 분배가 선순환하는 자기강화적 피드백이 이루어지는지를 규명하였다. <그림 1>은 주파수 공유

생태계를 주파수 공급, 수요, 거래비용, 품질 및 기술 측면에서 각 요인들의 피드백 구조와 상호작용형태를 분석하기 위한 인과지도이다. 주파수 공유 생태계 인과지도에서는 자기강화적 피드백 루프로서 주파수 공급 루프(R1), 주파수 수요 루



<그림 1> 정책대안이 반영된 주파수 공유 생태계 인과지도[송희석 외 1인, 2013]

<표 1> 주파수 거래활성화 관련 정책[송희석 외 1인, 2013]

구분	동인	관련 기존 정책 및 대안
주파수 공급 측면	주파수 공급 확대	주파수 공유 대역 확대지정 배타적 이용권자에 대한 공유 의무화[여재현 외 1인, 2009]
	공급자 규제완화 정책	주파수이용 자유화[여재현 외 1인, 2009]
	수급불균형 해소	주파수 수급 모니터링 및 정보제공 체계 강화
주파수 수요 측면	주파수 수요촉진	2차 시장에서의 주파수 이용권의 제정 및 규제완화[Chapin 외 1인, 2007; Delaere 외 1인, 2007; Xavier 외 1인, 2006]
		서비스 품질을 고려한 다양한 응용서비스 발굴 지원 정책
		역무 통합 및 사업허가의 간소화[여재현 외 1인, 2009, Delaere 외 1인, 2007]
품질 및 기술위험 측면	기술개발촉진	주파수 공유 서비스 품질 보장을 위한 기술개발 지원 및 안전기준 마련[Chapin 외 1인, 2007]
	경쟁규제	반 경쟁행위의 규제
	소비자보호	서비스 인증제 및 소비자 정보 보호 대책 마련
거래비용 측면	거래효율성 증진	사용권 이전절차 간소화
		기회탐색 비용 절감을 위한 거래당사자 정보제공[Chapin 외 1인, 2007]
		간섭 발생 시 분쟁 예방 방안 마련

프(R2), 그리고 거래비용 루프(R3)가 나타났고, 시스템을 희망하는 상태로 유지하고자 하는 균형 루프는 주파수 공급 과부족 루프(B1), 주파수 수요 과부족 루프(B2), 그리고 품질 루프(B3)가 발견되었다. 또한, 이러한 자기강화적 피드백 루프와 균형 루프의 상호작용이 주파수 공유 생태계가 활성화 여부에 중요한 영향을 미칠 것이며, 특히 자기 강화루프가 우세하게 발견되기 위한 정책적 대안들을 규명하여 레버리지 효과를 나타내는 정책지렛대를 발견하고 이러한 정책이 개입되는 적정 지점을 설계하는 연구를 통해 <표 1>과 같이 주파수 공급 확대, 공급자 규제완화, 수급불균형 해소, 주파수 수요촉진, 기술개발촉진, 경쟁규제, 소비자보호, 그리고 거래효율성 증진과 같은 주파수 공유 활성화 정책을 설계하였다.

2.2 시스템다이내믹스

시스템 다이내믹스는 하나의 시스템을 구성하고 있는 다양한 요소들 간의 인과구조를 바탕으로 시스템의 행태를 분석하고, 시스템의 행태가 다시 시스템의 구성요소들에게 피드백을 제공함으로써, 시스템의 단선적인 변화가 아니라 시간의 흐름에 따라 동적으로 변하는 시스템의 행태를 이해하고 예측하는데 폭넓게 사용되어져 온 방법론이다[김도훈, 2000]. 규제완화, 전기공급, 에너지문제, 복지 및 건강문제, 교육, 미래비전의 제시, 방송, 국방, 석유, 환경문제 등의 다양한 현상들에 적용되어져 왔으며[문태훈, 2002], 특히 수요와 공급이 이루어지는 시장에서의 실패요인으로서의 투기와 파동에 대한 분석이나[박문서 외 3인, 2006], 정책 분석 및 평가[백우정 외 1인, 2012] 등에 활발히 활용되고 있다. 예를 들면, 정보기술의 발전에 따른 인력수급체계에 관한 연구[정희원 외, 2004; 박상현 외 2인, 2003]에서는 정보보호인력의 수급체계 분석을 위한 시뮬레이션 모형을 작

성하고, 정보보호 인력의 원활한 공급을 위한 정부의 다양한 인력양성 정책의 영향에 따라, 공급과 수요의 변화량을 분석/예측하고, 그러한 변화를 유도하는 주요 변수를 도출, 수급의 안정화를 가져오는 정책대안을 제안하였다.

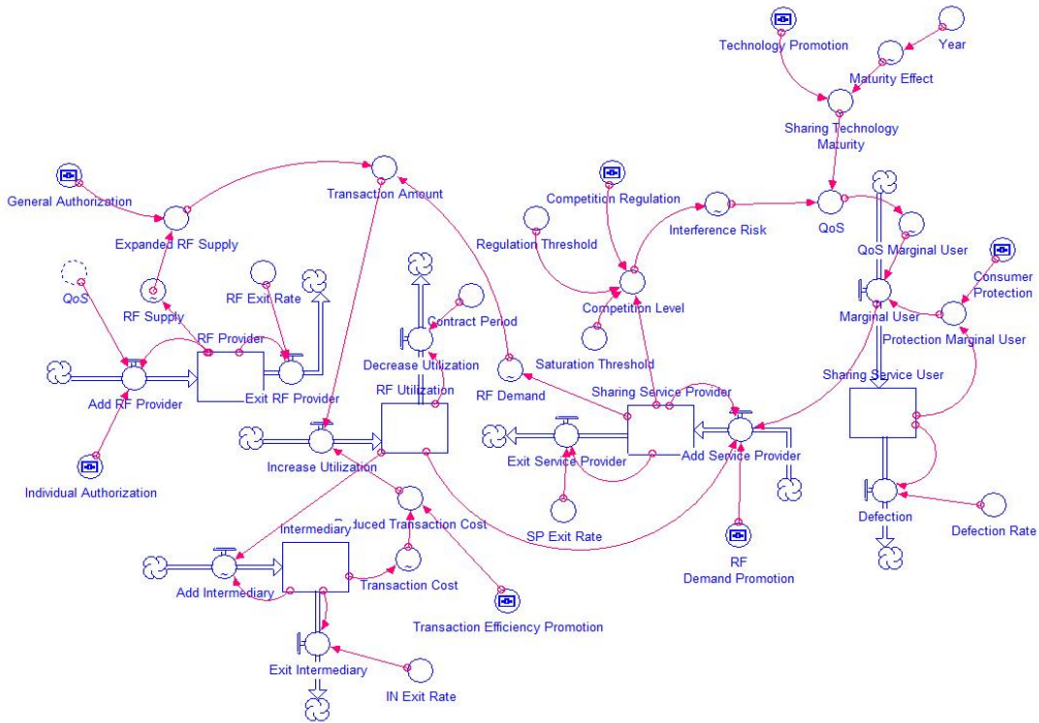
시스템 다이내믹스에서는 수치의 정확성보다는 시스템의 행태변화와 동태성에 관심을 두기 때문에 본 연구에서도 주파수 공유 생태계 안정기에 대한 수치적인 분석 보다는 정책이 주파수 공유 생태계에 미치는 영향과 정책 간 대안비교에 초점을 두고 시뮬레이션 모델을 개발하고 분석을 수행하였다.

3. 주파수 생태계 시뮬레이션 개발

3.1 시뮬레이션 모델 설계

다양한 주파수 공유 생태계 활성화 정책들에 대한 효과분석과 비교를 위해 이전 연구에서 제시된 인과지도에 기초하여 시뮬레이션 도구인 iThink 9.1.3 버전을 이용하여 시뮬레이션 모델을 설계하였다(<그림 2> 참조).

시뮬레이션 모델은 인과지도와 같이 저장/유량도는 주파수수급 루프, 품질루프, 거래비용 루프가 상호작용하는 형태로 구성된다. 먼저 주파수수급 루프에서 저장변수는 주파수 공급자(RF_Provider)와 주파수 활용도(RF_Utilization)이며, 주파수 공급자는 주파수 공급(RF_Supply)을 창출하고 주파수 수요(RF_Demand)와의 갭을 통해 거래(Transaction_Amount)로 이어지며 이는 다시 주파수 활용도 증대(RF_Utilization)를 유발하게 된다. 품질루프에서는 공유서비스 사업자(Sharing_Service_Provider)와 공유서비스 사용자(Sharing_Service_User)가 저장변수이며, 공유기술의 성숙도(Sharing_Technology_Maturity)에 의해 서비스 품질(QoS)이 결정되며, 높은 서비스 품질은 공유서비스 사용자 증가(Marginal_User) 요인이 되어 공유서비스 사용자



〈그림 2〉 주파수 공유 생태계 저장/유량도(Stock Flow Diagram)

(Sharing_Service_User)가 많아지며, 사용자 증가는 공유서비스 사업자(Sharing_Service_Provider)로 하여금 사업매력도를 증가시켜 더 많은 사업자를 유인하게 된다. 공유서비스 사업자가 많아지면 주파수 수요(RF_Demand)가 증대할 뿐 아니라 경쟁수준(Competition_Level)을 높여 간섭위험(Interference_Risk)을 발생시키는 원인이 되기도 한다. 마지막으로 거래비용 루프의 저장변수는 중개자(Intermediary)이며 주파수 활용도가 높아질수록 중개자의 시장 참여 매력을 높리게 되고 결국 중개자로 인한 거래비용 (Transaction_Cost) 감소로 연결된다. 거래비용이 감소하면 보다 원활한 주파수 거래가 이루어 질 것이므로 주파수 활용도(RF_Utilization) 또한 증가하게 된다.

3.2 시뮬레이션 수행 환경 설정

시뮬레이션 수행에 필요한 환경설정 사항은 다

음과 같다. 먼저 본 연구에서는 시뮬레이션 구간을 월간 단위로 설정한다. 자세한 분석을 위해 주별 또는 일별 분석도 가능하지만 본 연구는 거시적 관점에서 주파수 공유 활성화 정책의 효과를 파악하는데 목적이 있으므로 세부 단위 분석보다는 월간 단위의 분석이 적절한 것으로 파악하였다. 두 번째는 시뮬레이션 기간이다. 본 연구에서는 시뮬레이션 기간을 2014년부터 5년간으로 설정하였다. 이는 주파수 공유기술의 상용화가 임박하였고, 미국과 일부 유럽국가들뿐 아니라 우리나라에서도 이미 TV유휴 대역에서의 주파수 공유 시범 서비스를 실시하는 것 등을 토대로 볼 때 2차 시장에서의 주파수 활용이 빠른 시간 내에 상용화 될 것이며, 3G와 LTE 등의 이동 통신 서비스의 급속한 시장 확대와 스마트폰 등 정보통신 단말장치의 시장 확대 속도를 감안할 때 5년이면 주파수 공유 활용서비스 시장도 도입기를 벗어나

성장기 또는 성숙기를 맞을 것으로 판단하였기 때문이다. 한편, 주파수 공유 생태계에 대한 시나리오는 크게 긍정적인 시나리오와 부정적인 시나리오로 나누어 질 수 있다. 그러나 주파수 공유 서비스는 주파수 부족 문제를 해결하기 위한 몇 가지 접근법 중 가장 적극적인 수단이라는 점에서 시장에 의해 선택되는 서비스라기보다는 반드시 실현이 필요한 서비스라 볼 수 있다. 따라서 기존서비스와의 충돌 또는 시장에서의 실패와 같은 부정적인 시나리오를 가정하는 것은 현실적이지 못하므로 긍정적인 관점에서 주파수 공유 생태계가 궁극적으로 활성화될 것으로 전제하고 시뮬레이션 모형을 구성하기로 하였다.

3.3 시뮬레이션 모델 방정식

시스템 행태를 관찰하기 위한 시뮬레이션 모델을 개발하는 과정에서 모형개발자의 주관에 개입될 소지가 많아 시뮬레이션 결과에 대한 신뢰성이 저하되는 경우가 많다. 또한 미래 시스템에 대한 불확실성이 크고, 인과지도를 구성하는 각 변수들이 정량화되기 어려운 개념으로 구성되어 있는 경우, 시뮬레이션 입력자료 수집에 한계가 존재하게 된다. 이와 같이 추상적인 인과지도로부터 개발자의 주관을 최소화 할 뿐 아니라 정량화되기 어려운 개념변수에 대한 시뮬레이션이 용이하도록 지원하는 방법으로 기초관계 균등단위 모델링(NUMBER : Normalized Unit Modelling By Elementary Relationship)이 있다[김동환, 2000]. 기초관계 균등단위 모델링은 인과지도로부터 저장/유량모델로 전환하는 과정을 자동화하도록 지원하는 방법이다. 기초관계 균등단위 모델링을 사용할 수 있는 적합한 분야로는 정책대안에 대한 효과비교가 필요한 경우이다. 이는 정책 효과에 대한 분석이 주목적이 아니라 두 정책에 대한 상대적인 효과 비교가 중요하기 때문에 현실의

입력자료를 활용하지 않더라도 일정수준 결과비교가 가능하기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 정책변수들을 포함한 각종 변수별 시뮬레이션 모델방정식은 기초관계 균등단위 모델링에서 제시한 모델링 프레임워크에 준하여 의사결정변수와 보조변수 중 직접 입력이 필요한 모든 값은 0에서 1사이의 값으로 스케일링하여 모형을 구성하였다 [김동환, 2000]. 이는 미래 주파수 공유 생태계에 대한 경험적 실증데이터가 존재하지 않으며 상대적, 직관적 자료를 사용하더라도 시스템의 상대적 결과에 대한 행태를 관찰하고 주요 정책의 효과를 비교 평가하는 목적을 달성하는데 전혀 무리가 없기 때문이다[이용석 외 3인, 2011]. <표 2>는 주파수 정책 대안을 나타내는 모델변수들에 대한 설명과 실례를 담고 있다. 또한, 시뮬레이션을 위한 각종 변수별 모델 방정식은 부록에 요약되어 있다.

3.4 시뮬레이션 모델 타당성 검증

시스템 다이내믹스 모델의 가장 큰 단점으로 지적되고 있는 것은 모델에 대한 검증이다. 이는 모델에서 취급하는 변수의 상당 부분이 자료수집이 곤란하거나 가정을 해야 하는 경우가 많기 때문이다. 일반적으로 모델을 검증하는 방법으로는 과거 자료와 비교하거나 다른 방법론으로 도출된 결과와 비교하는 방법이 존재한다. 과거자료와의 비교는 모델의 검증방법 중 가장 효과적이지만 주파수 공유 생태계를 대상으로 하는 시스템 다이내믹스 모델의 경우 과거에 없던 미래 환경을 대상으로 한다는 점에서 과거자료와의 비교가 곤란하고, 다른 방법으로 해결할 수 있는 대안적 방법론이 존재하지 않기 때문에 실행이 곤란하다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 시스템 다이내믹스 모델을 검증하는 대안적 방법으로 보조변수, 의사결정변수(정책변수), 그리고 목표

〈표 2〉 주파수 정책 대안을 나타내는 모델변수들에 대한 설명

주파수 정책 대안 (모델변수)	설명	실례
1. 수요촉진정책 (RF_Demand_Promotion) ::의사결정변수(0~1)	주파수활용 효율 향상을 위해 미활용 주파수에 대한 주파수 공유 활용촉진 정책을 수행할 수 있다. 주파수 수요촉진정책의 강도는 0에서 1사이의 값을 가지는 것으로 모형화한다.	2차 시장에서의 주파수 이용권의 제정 및 규제완화, 서비스 품질을 고려한 다양한 응용서비스 발굴 지원, 역무 통합 및 사업허가의 간소화
2. 기술개발촉진정책 (Technology_Promotion) ::의사결정변수(0~1)	기술개발촉진정책의 수준을 나타내는 변수로 의사결정변수이다. 기술개발촉진정책의 수준에 따라 0부터 1사이의 값을 취한다.	주파수 공유 서비스 품질 보장을 위한 기술개발 지원 및 안전기준 마련
3. 주파수 공급확대정책 - 공유대역 확대지정 (General Authorization) ::의사결정변수(0~1)	주파수 공급 확대촉진정책(Individual Authorization)이 기업들로 하여금 주파수 공급을 유도하는 간접적인 주파수 공급확대 정책이라면 주파수 공유대역 확대지정(General Authorization)은 주파수 당국의 직접적인 공급확대 정책이라 볼 수 있다. 주파수 공유대역 확대지정 정책의 강도에 따라 0에서 1사이의 값을 부여한다.	면허불요 1차 공유 : FACS, MICS, RFID 면허불요 2차 공유 : Unlicensed TVBD, DFS Wi-Fi, UWB
4. 주파수 공급 확대정책 - 주파수 공급 확대촉진 (Individual Authorization) ::의사결정변수(0~1)	주파수 공급 확대촉진정책은 Individual Authorization으로 표현되며 배타적으로 주파수를 할당 받은 기존 면허기업이 유휴주파수에 대해 2차적인 이용이 가능하도록 허용함으로써 자신의 미활용 주파수를 2차 시장에 적극 공급하도록 유인하는 정책이다. 주파수 공급 확대촉진 정책의 강도에 따라 0에서 1사이의 값을 부여한다.	배타적 이용권 : 이동통신, TRS, 1차 공유 면허 : WAPECS, TV방송 과 PLMR(미국), Exclusion Zone 2차 공유 면허 : ASA(Authorized Shared Access)
5. 거래효율성 촉진정책 (Transaction_Efficiency_Promotion) ::의사결정변수(0~1)	거래효율성 촉진정책(Transaction_Efficiency_Promotion)은 주파수 당국이 거래효율성을 증진함으로써 거래비용을 감소시킬 목적으로 수행하는 정책이며 그 강도에 따라 0에서 1의 값을 취한다	사용권 이전절차 간소화, 기회탐색 비용 절감을 위한 거래당사자 정보제공, 간섭 발생 시 분쟁 예방 방안 마련
6. 소비자보호정책 (Consumer_Protection) ::의사결정변수(0~1)	공유서비스 사용자가 확대되면서 공유서비스의 안정성 인증제도나 소비자 정보보호 규정 등의 소비자보호 정책이 필요하게 된다. 소비자 보호정책의 강도는 0에서 1사이의 값을 가지는 것으로 모형에 반영한다.	서비스 인증제 및 소비자 정보보호 대책 마련

변수에 대한 3단계 검증방법을 사용하였다.

보조변수에 대한 검증은 시뮬레이션을 수행한 결과 보조변수에 적용된 모델방정식이 기대했던 결과를 만들어내는지 확인함으로써 모델의 타당성을 검증하는 방법이다. 예를 들면 공유기술 성숙도가 시간에 따라 기하급수적으로 높아지도록 모델방정식을 구성하였다면 시뮬레이션 결과에서도 시간에 따라 기하급수적인 증가양상을 보이는지 또는 그렇지 않다면 왜 다른 양상을 보이게 되었는지를 고민하는 방법으로 모델의 타당성을 검토하는 것이다.

둘째, 의사결정변수(정책변수)에 대한 검증에 의한 모델의 타당성 검증은 의사결정변수가 직

접적으로 영향을 주는 변수에 대해 시뮬레이션 결과를 확인함으로써 의사결정 변수가 당초 의도했던 결과를 만들어 내는지를 확인함으로써 모델의 타당성을 검증하는 방법이다. 예를 들면, 경쟁규제라는 의사결정변수의 수준을 달리하면서 인접한 보조변수인 경쟁수준에 미치는 영향이 어떻게 달라지는지 확인함으로써 정책이 적절히 모델에 반영되었는지 확인하는 방법이다.

마지막으로 목표변수 또는 저장변수에 대한 검증으로 주파수 공유 생태계가 전형적인 모델 Behavior와 일치하는지를 비교하는 방식으로 모델의 타당성을 검증하는 방법이다. 일반적으로 저장-유량도를 개발할 때, 알기 쉬운 형태의 모델

Behavior를 만드는 것을 일차적인 목적으로 한다. 알기 쉬운 전형적 모델 Behavior 형태로는 정상상태(Steady State), 지수함수적 증가(Exponential Increase), 지수함수적 감소(Exponential Decrease), 진동(Oscillation), S-곡선(S-Curve), 종모양(Bell Shape) 등이 있다. 복잡한 모델의 경우 시뮬레이션 초기에 불안정한 Behavior를 보이는 경우가 많이 발생한다. 이 경우 그 불안정한 요소가 실제현상을 나타내는 것인지 아니면 초기값을 잘못 처리해서 인지, 모델의 구조가 잘못되어서 인지 판단하기가 용이하지 않다. 그러나 전형적인 패턴을 만들어 보면 무엇이 잘못된 것인지 명확히 판단할 수 있다. 복잡한 모델의 경우 위에서 열거한 전형적인 패턴을 만드는 과정에서 많은 수식을 교정할 수 있다.

4. 시뮬레이션 결과

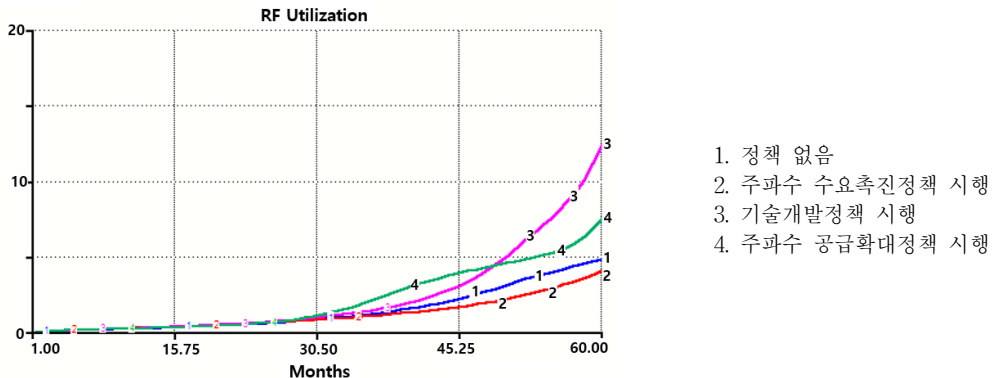
미래 주파수 공유 생태계에 대한 시뮬레이션 분석결과는 각 정책 대안이 저량변수(목표변수 포함)에 미친 영향분석 관점에서 설명한다. 서론에서 언급하였듯이 본 시뮬레이션의 목표는 목표변수의 성장패턴과 시기를 분석하는 것이 아니라 정책 시행의 효과를 비교하기 위함이기 때문에 개별 목표변수의 성장패턴에 대해서는 의

미를 부여하지 않기로 한다.

4.1 정책대안이 주파수 활용도(RF Utilization)에 미친 영향분석

4.1.1 정책대안의 독립시행

별도의 주파수 당국의 관여가 없다면 주파수 활용도는 매우 완만히 증가하는 형태를 보이게 된다(<그림 3>의 1번 그래프). 주파수 수요촉진 정책만 시행되었을 때는 2차 시장에서의 주파수 공급이 제한된 상황에서 주파수 수요만의 증가는 주파수 거래의 확대로 연결되지 않을 뿐 아니라(주파수 수요는 37개월부터 1.0이 되는데 비해 주파수 공급은 60개월에도 0.59에 머무르고 있음) 사업자간 경쟁을 통한 간섭위험만 높이기 때문에 기대와 달리 주파수 활용도는 정책 시행 전보다 오히려 더 완만히 성장하는 행태를 보이고 있다(<그림 3>의 2번 그래프). 기술개발촉진정책만을 시행했을 때는 기술개발촉진정책은 주파수 공유 기술성숙도를 높임으로써 주파수 활용도를 급격히 성장시키는데 기여하는 것을 볼 수 있으며, 다른 정책에 비해 보다 효과적으로 주파수 활용도를 높일 수 있는 정책으로 볼 수 있다(<그림 3>의 3번 그래프). 주파수 공급확대정책인 공유대역 확대지정(General Authorization) 정책



<그림 3> 정책대안이 주파수 활용도에 미친 영향분석

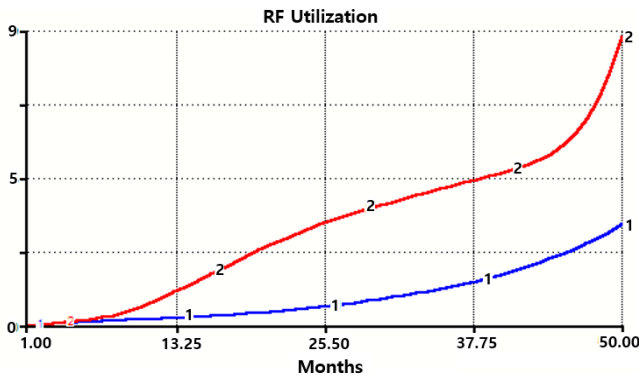
또는 주파수 공급확대 촉진(Individual Authorization) 정책을 시행했을 때는 특히 30개월에서 50개월까지의 중기에 주파수 활용도 증가에 가장 기여할 수 있는 정책이라 할 수 있다(<그림 3>의 4번 그래프). 기타 다른 정책대안의 시행이 주파수 활용도의 성장패턴의 변화에 미친 영향은 상대적으로 미미하여 분석결과를 수록하지 않았다.

4.1.2 정책대안의 병행 시행

2차 시장에서의 주파수 수요촉진과 공급확대 정책이 동시에 병행 시행 되었을 때는(<그림 4>의 2번 그래프) 주파수 수요촉진정책만 시행되었을 경우에 비해 오히려 주파수 활용도의 성장이 저해되었고, 주파수 공급확대정책만 단독 시행되었을 경우에는 30개월경부터 주파수 활용도의 증가현

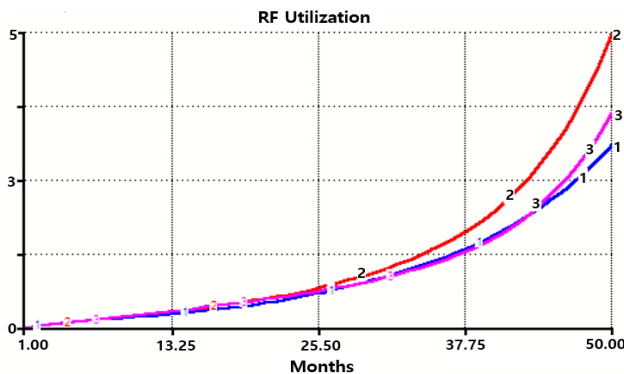
상이 나타났으나 수요촉진과 공급확대를 병행 시행 시 5개월경부터 주파수 활용도가 정책시행 전보다 높아지기 시작하여 45개월경부터는 급속도로 증가하는 패턴을 보여주고 있어 주파수 수급정책은 병행적으로 시행될 필요가 있음을 보여주고 있다.

<그림 5>는 주파수 수요촉진 정책과 공유기술 촉진정책이 병행 시행되었을 때의 주파수 활용도의 성장패턴을 보여주고 있다. 수요촉진정책은 공급확대 정책과 병행 시행되지 않고 기술촉진정책과 병행 시행될 경우, 다른 정책의 시행효과를 상쇄하는 역할을 하는 것으로 나타났다. 즉 3번 그래프와 같이 두 정책이 병행 시행될 경우, 기술촉진정책만 시행했을 때의 2번 그래프에 비해 주파수 활용도의 성장패턴을 완만하게 만드는 효과가 있음을 여기서도 확인할 수 있다.



- 1. 정책 없음
- 2. 수요촉진정책과 공급확대정책 병행시행

<그림 4> 정책대안의 병행시행이 주파수 활용도에 미친 영향분석 1



- 1. 정책 없음
- 2. 공유기술촉진정책 단독
- 3. 수요촉진정책과 공유기술촉진정책 병행시행

<그림 5> 정책대안의 병행시행이 주파수 활용도에 미친 영향분석 2

4.2 정책대안이 주파수 공급자(RF_Provider)에 미친 영향분석

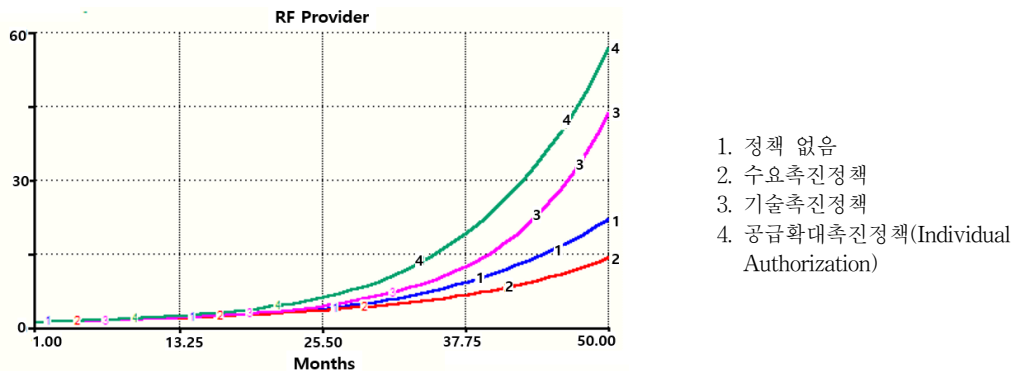
4.2.1 정책대안의 독립시행

별도의 주파수 당국의 관여가 없다면 주파수 공급자 수는 완만히 증가하다가 35개월경부터 증가세가 가속화되는 형태를 보이게 된다(<그림 6>의 1번 그래프). 2차 시장에서의 주파수 공급이 제한된 상황에서 주파수 수요촉진정책의 시행에 의한 주파수 수요만의 증가는 주파수 공급자 확대와는 관계가 없을 뿐 아니라 사업자간 경쟁을 통한 간섭위험만 높이기 때문에 기대와 달리 주파수 공급자는 정책 시행 전 보다 오히려 더 완만히 성장하는 행태를 보이고 있다(<그림 6>의 2번 그래프). 반면에 기술개발촉진정책은 공유서비스의 품질을 높임으로써 공유서비스 사용자를 확대하고 이는 주파수 공급자를 급격히 성장시키는데 기여한 것으로 판단된다(<그림 6>의 3번 그래프). 또한, 주파수 공급확대 촉진(Individual Authorization) 정책은 다른 정책에 비해 가장 효과적으로 주파수 공급자를 확대할 수 있는 정책으로 나타났다(<그림 6>의 4번 그래프). 총 6개의 정책대안 중 2차 시장에서의 주파수 수요촉진, 공유기술 개발촉진, 주파수 공급확대 등 3개의 정책에서 정책 시행에 따른 주파수 공급자 성장패

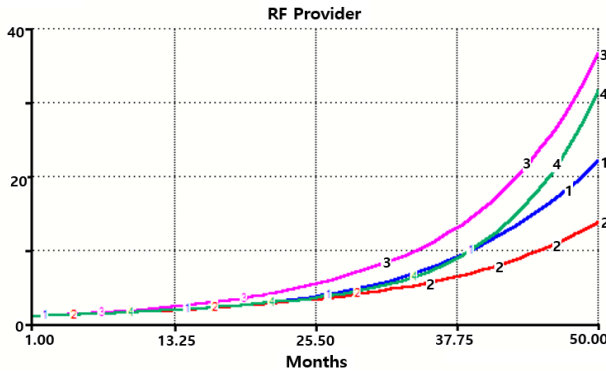
턴이 유의한 변화를 보여주는 것으로 나타났으며, 기타 다른 정책대안의 시행이 주파수활용도의 성장패턴의 변화에 미친 영향은 상대적으로 미미하여 분석결과를 수록하지 않았다.

4.2.2 정책대안의 병행 시행

별도의 주파수 당국의 관여가 없다면 주파수 공급자 수가 완만히 증가하다가 35개월경부터 증가세가 가속화되는 형태를 보이게 된다(<그림 7>의 1번 그래프). 당초 주파수 수요촉진과 주파수 공급확대정책을 병행 시행할 경우 주파수 공급자의 성장세가 보다 클 것으로 예상했으나 주파수 수요촉진과 공유주파수 대역확대(General Authorization) 정책의 병행 시행은 주파수 공급자의 성장패턴을 오히려 저해하는 결과를 초래하였다(<그림 7>의 2번 그래프). 반면에 2차 시장에서의 주파수 수요촉진과 주파수 공유 확대촉진(Individual Authorization) 정책이 동시에 병행 시행될 경우 주파수 공급자의 성장패턴은 더욱 가파르게 성장하는 것 보여주고 있다(<그림 7>의 3번 그래프). 이는 동일한 주파수 공급확대 정책이라도 어떤 정책을 병행하는가에 따라 매우 다른 결과를 보여준 예이다. 마지막으로 4번 그래프는 2차 시장에서의 주파수 수요촉진과 공유기술 개발촉진 정책이 병행 시행된 경우의 그래프로 두 정책의 병행 시행은 주파수 공급자



<그림 6> 정책대안이 주파수 공급자에 미친 영향분석



1. 정책 없음
2. 주파수 수요촉진과 공유주파수 대역확대(General Authorization) 정책 병행시행
3. 주파수 수요촉진과 주파수 공유 확대촉진(Individual Authorization) 정책 병행시행
4. 주파수 수요촉진과 공유기술 개발촉진 정책 병행시행

〈그림 7〉 정책대안의 병행시행이 주파수 공급자에 미친 영향분석

증가에 긍정적 영향을 주지는 않는 것으로 나타났다.

4.3 정책대안이 중개자(Intermediary)에 미친 영향분석

4.3.1 정책대안의 독립시행

별도의 주파수 당국의 관여가 없다면 중개자 수가 완만히 증가하는 형태를 보이게 된다(<그림 8>의 1번 그래프). <그림 8>의 2번 그래프와 3번 그래프는 각각 공유주파수 대역확대(General Authorization) 정책과 주파수 공유 확대촉진(Individual Authorization) 정책을 최대강도로 시행했을 때의 중개자 성장패턴을 나타낸다. 이는 주파수 공급이 확대되면 2차 시장에서의 주

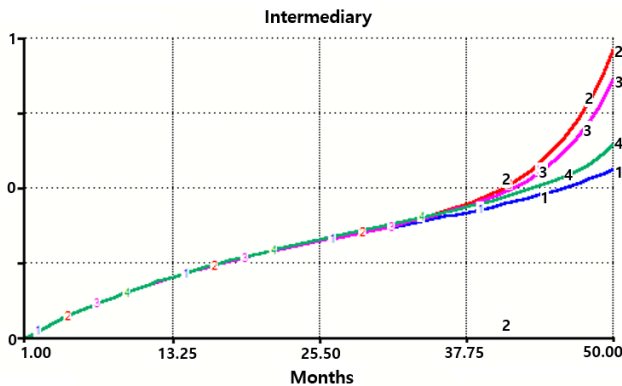
파수 거래량 확대로 연결되고 이는 중개자로 하여금 사업의 매력을 자극하여 중개자 수에 영향을 주었기 때문이다. 한편 거래효율성 촉진정책(Transaction_Efficiency_Promotion, 4번 그래프)이 중개자 성장을 가속화 할 것으로 예상했으나 거래효율성 촉진정책에 따른 중개자 성장패턴의 유의한 변화는 발견되지 않았다.

4.4 정책대안이 공유서비스사업자

(Sharing_Service_Provider)에 미친 영향분석

4.4.1 정책대안의 독립시행

별도의 주파수 당국의 관여가 없다면 공유서비스사업자 수는 S자 곡선 형태의 성장패턴을



1. 정책 없음
2. 공유주파수 대역확대(General Authorization) 정책
3. 주파수 공유 확대촉진(Individual Authorization) 정책
4. 거래효율성 촉진정책 (Transaction_Efficiency_Promotion)

〈그림 8〉 정책대안이 중개자에 미친 영향분석

보이게 된다(<그림 9>의 1번 그래프). 주파수 수요촉진 정책은 직접적으로 공유서비스 사업자 증가를 유도하는 정책인 만큼 그 영향도가 예상대로 크게 나타났다(<그림 9>의 2번 그래프). 기술개발 촉진정책은 공유서비스사업자의 성장패턴을 가속화하는 것으로 나타났다(<그림 9>의 3번 그래프). 기술개발 촉진정책은 공유서비스 품질제고를 통해 더 많은 사용자의 참여를 유도하게 되고 이는 공유서비스 사업자의 사업 매력도를 증가시키게 된 결과로 볼 수 있다.

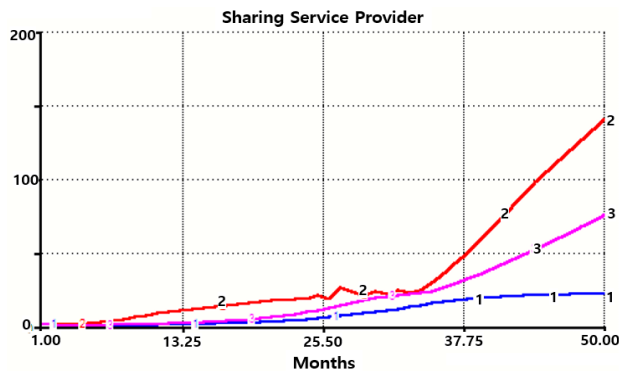
4.4.2 정책대안의 병행시행

주파수 수요촉진 정책과 기술개발 촉진정책의 병행시행은 공유서비스사업자의 성장패턴을 더욱 가속화하는 것으로 나타났다.

4.5 정책대안이 공유서비스사용자

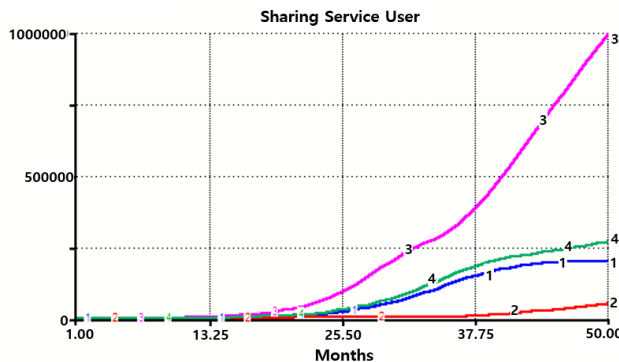
(Sharing_Service_User)에 미친 영향분석

별도의 주파수 당국의 관여가 없다면 공유서비스사용자 수는 S자 곡선 형태의 성장패턴을 보이게 된다(<그림 10>의 1번 그래프). 주파수 수요촉진 정책은 공유서비스 사업자를 증대시킬뿐 아니라 공유서비스 사업자도 확대할 것으로 생각하였으나 공유서비스 사업자의 증가가 오히려 간섭위험을 증대시킴으로써 서비스 품질 저하를 일으키고 이로 인해 공유서비스 사용자의 성장은 오히려 현저히 저하되는 결과로 나타났다(<그림 10>의 2번 그래프). 기술개발 촉진 정책은 공유서비스사용자의 성장패턴을 가속화하는 것으로 나타났다(<그림 10>의 3번 그래프).



- 1. 정책 없음
- 2. 주파수 수요촉진정책
- 3. 기술개발 촉진정책

<그림 9> 정책대안이 공유서비스 사업자에 미친 영향분석



- 1. 정책 없음
- 2. 주파수 수요촉진정책
- 3. 소비자 보호정책

<그림 10> 정책대안이 공유서비스 사용자에게 미친 영향분석

<표 3> 주파수 공유생태계에 대한 정책대안에 따른 영향(표의 빈공간은 유의한 변화 없음을 나타냄)

정책대안		주파수 활용도 RF_Utilization	주파수 공급자 RF_Provider	중개자 Intermediary	공유서비스 사업자 Sharing Service Provider	공유서비스 사용자 Sharing Service User
정책없음		완전히 증가	증가하다 35개월부터 급증	완전히 증가	S자 곡선 성장패턴	S자 곡선 성장패턴
단 독 시 행 효 과	1. 수요촉진정책	성장저해	유의한 변화		유의한 변화	유의한 변화
	2. 기술개발촉진정책	급격히 성장시킴	유의한 변화		유의한 변화	유의한 변화
	3. 주파수 공급확대정책 - 공유대역 확대지정 (General Authorization)	기여하는 바 큼		유의한 변화		
	4. 주파수 공급확대정책 - 주파수 공급확대 촉진 (Individual Authorization)	기여하는 바 큼	유의한 변화	유의한 변화		
	5. 거래효율성 촉진정책 Transaction Efficiency Promotion					
	6. 소비자보호정책					상대적으로 적은 영향
병 행 시 행 효 과	수요촉진·공급확대정책 (주파수 공급확대 촉진 : Individual Authorization)	45개월부터 급격히 증가	더욱 가파르게 성장			
	수요촉진·주파수 공급확대촉진 (공유대역 확대지정 : General Authorization)		오히려 저해			
	수요촉진 & 공유기술 촉진정책	공유기술촉진 정책만 시행했을 때에 비해 저해됨	긍정적 영향이 없음		성장패턴 더욱 가속화	

이는 기술개발 촉진정책이 공유서비스 품질제고를 통해 더 많은 사용자의 참여를 유도하였기 때문으로 해석된다. 소비자 보호 정책은 공유서비스 사용자 증가에 직접적인 영향을 미칠 것으로 보았으나 그 영향이 상대적으로 적은 것으로 나타났다(<그림 10>의 4번 그래프).

이상의 주파수 공유생태계에 대한 정책대안에 따른 영향을 표로 정리하면 <표 3>과 같다.

5. 결론

본 연구는 주파수 공유 생태계의 구조적 측

면에서 생태계 활성화에 필요한 가장 효과적인 정책이 무엇인지를 규명하는 것을 최종 목표로 하고 있다. 이를 위해 기존 연구에서 작성된 주파수 공유 생태계 인과지도를 바탕으로 저장/유량도를 작성하고 시물레이션 모델을 구성하여 각 정책대안들이 주파수 공유 생태계 활성화에 어떻게 기여하는지를 비교 분석하였다. 시물레이션을 활용한 분석은 주파수 공유 생태계에 대한 보다 깊이 있는 이해를 가능케 할 뿐 아니라 각 정책간의 효과를 모형을 통해 정량적으로 비교하고 정책간 시너지 관계와 상쇄관계를 파악할 수 있다는 점에서 강점을 가진다. 또한 시물

레이션 과정에서 예상치 못한 결과가 나오는 경우도 발생하였으며 결과에 대한 원인규명과정에서 잘못된 생각을 바로 잡을 수 있었다.

시뮬레이션 결과 목표변수인 주파수 활용도 향상을 위한 정책은 다음과 같이 요약된다. 별도의 주파수 당국의 관여가 없다면 주파수 활용도가 매우 완만히 증가하는 형태를 보이게 된다. 주파수 수요촉진정책이 시행되었을 때 주파수 수요를 창출하여 주파수 활용도 증가로 이어질 것으로 기대하였으나, 2차 시장에서의 주파수 공급이 제한된 상황에서 주파수 수요만의 증가는 주파수 거래의 확대로 연결되지 않을 뿐 아니라 사업자간 경쟁을 통한 간섭위험만 높이기 때문에 기대와 달리 주파수 활용도는 정책 시행 전 보다 오히려 더 완만히 성장하는 행태를 보이고 있다. 주파수 수요촉진정책과는 달리 기술개발촉진정책은 주파수 공유 기술성숙도를 높임으로써 주파수 활용도를 급격히 성장시키는데 기여할 것으로 예상된다. 주파수 공유 기술개발촉진정책은 다른 정책에 비해 보다 효과적으로 주파수 활용도를 높일 수 있는 정책으로 볼 수 있다. 주파수 공급확대정책은 주파수 수요 확대에 비해 주파수 활용도에 기여하는 바가 크다고 할 수 있다. 특히 30개월에서 50개월까지의 중기에 주파수 활용도 증가에 가장 기여할 수 있는 정책이라 할 수 있다.

각 정책대안의 병행시행이 주파수 활용도(RF Utilization)에 미친 영향을 분석한 결과는 다음과 같다. 먼저 2차 시장에서의 주파수 수요촉진과 공급확대 정책은 병행적으로 시행될 필요가 있음을 보여주었다. 또한 수요촉진정책은 공급확대 정책과 병행 시행되지 않고 다른 정책과 병행 시행될 경우, 다른 정책의 시행효과를 상쇄하는 역할을 하는 것으로 나타났다.

제시된 인과지도를 통해 살펴본 주파수 공유 생태계는 자기강화적 구조에 의해 확대될 것으

로 볼 수 있는 견해와 확대를 억제하는 피드백 루프가 상존하는 구조이다. 이에 향후 연구에서는 긍정론적 시나리오와 부정론적 시나리오를 함께 검토함으로써 어떤 조건에서 긍정론적 시나리오가 발현되고 어떤 조건에서 부정론적 시나리오가 발현될 것인지를 분석하는 것도 필요할 것이다. 한편 주파수 공유 기술의 상용화가 시작되고 시장자료에 대한 획득이 가능해지면, 다양한 통계자료를 수집하여 보다 정교하고 현실적인 시뮬레이션 모형을 구축하는 것이 가능해질 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 고광진, 박창현, 송명선, 엄중선, 유성진, 임선민, 정희윤, 황성현, “TV White Space에서의 CR 기술동향”, 전자통신동향분석 연구보고서, 2009.
- [2] 김경미, 공성식, 김민석, “주파수자원 확보 및 이용전략 연구”, 국립전파연구원 연구보고서, 2012.
- [3] 김도훈, 문태훈, 김동환, 시스템 다이내믹스, 대영문화사, 2000.
- [4] 김동환, “인과지도의 시뮬레이션방법론: NUMBER”, 한국시스템다이내믹스연구, 제1권 제2호, 2000, pp. 91-111.
- [5] 문태훈, “시스템다이내믹스의 발전과 방법론적 위상”, 한국시스템다이내믹스연구, 제3권 제1호, 2002, pp. 61-77.
- [6] 박상현, 연승준, 김상욱, “인력 수급 계획 수립을 위한 시스템 다이내믹스의 활용: UIT 도입에 따른 정보 보호 환경 변화를 중심으로”, 한국시스템다이내믹스연구, 제4권 제1호, 2003, pp. 93-119.
- [7] 박문서, 이만형, 김성태, 이현수, “주택시장의 활성화, 통제 및 대안: 831 주택정책의 분

- 석”, *대한건설학회논문집*, 제22권 제8호, pp. 159-169.
- [8] 백우정, 최종덕, “시스템사고를 통한 사교육 비경감정책 평가 : 노무현 정부와 이명박 정부를 중심으로”, *한국시스템다이내믹스연구*, 제12권 제4호, 2012, pp. 5-35.
- [9] 박유리, 김민식, 이기훈, “스마트 기기 이용 행태 실증분석”, 정보통신정책연구원 연구 보고서, 2011. 12.
- [10] 송희석, 김태환, “인과지도에 기반한 미래 주파수 공유 생태계 분석”, *Journal of Information Technology Applications and Management*, 제20권 제4호, 2013, pp. 19-31.
- [11] 여재현, 임동민, 이일주, “주파수 공유기술 적용을 위한 전파관리 모형 연구”, 정보통신정책연구원, 2009.
- [12] 여재현, 임동민, “소비자 수요 기반의 광대역 이동통신 주파수 소요량 분석”, KISDI 연구 보고서, 2011. 12.
- [13] 우훈식, 황선태, “이동통신 네트워크에서의 듀얼 호밍 셀 스위치 할당을 위한 유전자 알고리즘”, *Journal of Information Technology Applications and Management*, 제13권 제2호, 2006, pp. 29-39.
- [14] 이상윤, “주파수 공유정책 도입 동향”, *전파방송통신저널*, 제22권 제14호, 2010, pp. 4-24.
- [15] 이용석, 정재림, 박상현, 김상욱, “와이브로 시장 활성화를 위한 정책 방안 연구”, *한국시스템다이내믹스 연구*, 제12권 제2호, 2011, pp. 37-67.
- [16] 장재혁, 여재현, “광대역 이동통신 주파수 할당의 경제적 효과 : 투입산출분석”, *정보통신정책연구*, 제21권 제3호, 2014, pp. 79-107.
- [17] 전형석, 김창주, 이혁재, “Cognitive Radio 기술의 분석 및 연구 방향”, *전파기술*, 제17권 제3호, 2006, pp. 17-25.
- [18] 정찬형, “700MHz 대역 주파수 소요조사 분석 및 효율적 이용방안 연구”, 한국전파진흥협회 연구보고서, 2010.
- [19] 정회원, 김태성, 전효정, 박상현, 장석호, “시스템 다이내믹스 방법론을 이용한 정보보호 인력수급체계 분석”, *한국통신학회논문지*, 제29권 제2B호, 2004년 5월, pp. 228-237.
- [20] Chapin, J. M. and Lehr, W. H., “The Path to Market Success for Dynamic Spectrum Access Technology”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 45, No. 5, 2007, pp. 96-103.
- [21] Delaere, S. and Ballon, P., “The business model impact of flexible spectrum management and cognitive networks”, *INFO*, Vol. 9, No. 5, 2007, pp. 59-67.
- [22] Xavier, P. and Ypsilanti, D., “Policy issues in spectrum trading”, *INFO*, Vol. 8, No. 2, 2006, pp. 34-61.

〈부 록〉 모델 방정식

Intermediary(t) = Intermediary(t-dt)+(Add_Intermediary-Exit_Intermediary)*dt

INIT Intermediary = 0

INFLOWS:

Add_Intermediary = GRAPH(RF_Utilization*Intermediary*0.1)

(0.00, 0.015), (0.1, 0.0298), (0.2, 0.0644), (0.3, 0.109), (0.4, 0.198), (0.5, 0.366), (0.6, 0.678), (0.7, 0.861), (0.8, 0.926), (0.9, 0.98), (1, 0.995)

OUTFLOWS:

Exit_Intermediary = Intermediary*IN_Exit_Rate

RF_Provider(t) = RF_Provider(t-dt)+(Add_RF_Provider-Exit_RF_Provider)*dt

INIT RF_Provider = 1

INFLOWS:

Add_RF_Provider = (RF_Provider*0.1)*(1+Individual_Authorization)*(1+QoS)

OUTFLOWS:

Exit_RF_Provider = RF_Provider*RF_Exit_Rate

RF_Utilization(t) = RF_Utilization(t-dt)+(Increase_Utilization-Decrease_Utilization)*dt

INIT RF_Utilization = 1

INFLOWS:

Increase_Utilization = Transaction_Amount/Reduced_Transaction_Cost

OUTFLOWS:

Decrease_Utilization = RF_Utilization/Contract_Period

Sharing_Service_Provider(t) = Sharing_Service_Provider(t-dt)+(Add_Service_Provider-Exit_Service_Provider)*dt

INIT Sharing_Service_Provider = 1

INFLOWS:

Add_Service_Provider = Marginal_User*0.02*RF_Demand_Promotion*RF_Utilization/Sharing_Service_Provider

OUTFLOWS:

Exit_Service_Provider = Sharing_Service_Provider*SP_Exit_Rate

Sharing_Service_User(t) = Sharing_Service_User(t-dt)+(Marginal_User-Defection)*dt

INIT Sharing_Service_User = 1

INFLOWS:

Marginal_User = QoS_Marginal_User+Protection_Marginal_User

OUTFLOWS:

Defection = Sharing_Service_User*Defection_Rate

Competition_Level = if Sharing_Service_Provider <= Regulation_Threshold then

Sharing_Service_Provider*Sharing_Service_Provider

else if (Sharing_Service_Provider>Regulation_Threshold)

AND (Sharing_Service_Provider <= Saturation_Threshold) then

Sharing_Service_Provider*((Competition_Regulation*Regulation_Threshold)+((1-Competition_Regulation)*Sharing_Service_Provider))

else

Saturation_Threshold*((Competition_Regulation*Regulation_Threshold)+((1-Competition_Regulation)*Saturation_Threshold))

Competition_Regulation = 0.01

Consumer_Protection = 0.01

Contract_Period = 12

Defection_Rate = 0.05

Expanded_RF_Supply = RF_Supply+(General_Authorization*0.3)

General_Authorization = 0.01

Individual_Authorization = 0.01

IN_Exit_Rate = 0.05

Protection_Marginal_User = Sharing_Service_User*0.05*Consumer_Protection

QoS = MAX(0, Sharing_Technology_Maturity - Interference_Risk)

Reduced_Transaction_Cost = MAX(0.01, Transaction_Cost/Transaction_Efficiency_Promotion*0.2)

Regulation_Threshold = 15

RF_Demand_Promotion = 0.01

RF_Exit_Rate = 0.05

Saturation_Threshold = 35

Sharing_Technology_Maturity = Maturity_Effect*(1+Technology_Promotion)

SP_Exit_Rate = 0.1

Technology_Promotion = 0.01

Transaction_Amount = MIN(Expanded_RF_Supply, RF_Demand)

Transaction_Efficiency_Promotion = 0.01

Year = TIME

Interference_Risk = GRAPH(Competition_Level)

(1.00, 0.01), (50.9, 0.0173), (101, 0.026), (151, 0.039), (201, 0.0506), (251, 0.0709), (300, 0.0941), (350, 0.127), (400, 0.159), (450, 0.214), (500, 0.3)

Maturity_Effect = GRAPH(Year)

(1.00, 0.01), (6.90, 0.02), (12.8, 0.048), (18.7, 0.088), (24.6, 0.172), (30.5, 0.272), (36.4, 0.393), (42.3, 0.443), (48.2, 0.47), (54.1, 0.482), (60.0, 0.498)

QoS_Marginal_User = GRAPH(QoS)

(0.00, 0.00), (0.1, 21000), (0.2, 84000), (0.3, 192000), (0.4, 354000), (0.5, 594000), (0.6, 876000), (0.7, 1e+006), (0.8, 1.1e+006), (0.9, 1.2e+006), (1, 1.2e+006)

RF_Demand = GRAPH(Sharing_Service_Provider)

(0.00, 0.015), (5.00, 0.0991), (10.0, 0.203), (15.0, 0.302), (20.0, 0.406), (25.0, 0.51), (30.0, 0.599), (35.0, 0.713), (40.0, 0.797), (45.0, 0.911), (50.0, 1)

RF_Supply = GRAPH(RF_Provider)

(0.00, 0.00), (5.00, 0.114), (10.0, 0.203), (15.0, 0.302), (20.0, 0.401), (25.0, 0.5), (30.0, 0.604), (35.0, 0.703), (40.0, 0.797), (45.0, 0.896), (50.0, 1)

Transaction_Cost = GRAPH(Intermediary)

(0.00, 1), (1.00, 0.911), (2.00, 0.822), (3.00, 0.713), (4.00, 0.599), (5.00, 0.505), (6.00, 0.396), (7.00, 0.317), (8.00, 0.213), (9.00, 0.114), (10.0, 0.01)

■ 저자소개



송 희 석

고려대학교 경영학과에서 학사, 한국과학기술원에서 석사 및 박사학위를 취득하였다. 대우전자와 대우정보시스템에서 15년간 근무하였고 현재 한남대학교 경영정보학과 교수로 재직 중이다. Artificial Intelligence Review, Knowledge-based Systems, Expert Systems, Expert Systems With Applications 등 다양한 국내외 저널에 논문을 출판하였다. 관심 분야는 CRM과 Data Mining, 유비쿼터스 비즈니스, 비즈니스모델, 소셜네트워크 등이다.



김 태 한

2005년 KAIST 산업공학과에서 박사학위를 취득하였다. 현재 한국전자통신연구원 창의미래 연구소에 재직 중이며, University of Science and Technology의 정보통신기술경영학과 조교수를 겸직하고 있다. 관심 연구 분야는 주파수 정책, 정보통신 기반 비즈니스 모델 등이다.



김 재 경

2009년 미국 University of Nebraska-Lincoln에서 MIS분야 박사학위를 취득하였으며 현재 한남대학교 글로벌IT경영학과 교수로 재직 중이다. Expert Systems with Applications, Omega, Decision Support Systems 등 국내외 저널에 논문을 출판하였다. 관심 연구 분야는 IT 서비스, 비즈니스 모델, e-business, 지식경영, 인간-기계 상호작용 등이다.