



전파가치산정을 위한 AIP 적용사례 및 이슈 분석

여인갑* 안춘수**

우리나라 전파법에 의해 규정된 주파수 할당대가 산정식 중 예상매출액의 규모산정과 산정비율의 타당성에 대한 논란이 계속되면서 주파수 할당대가에 대한 근본적인 제도개선 요구가 제기되고 있으며 대안으로서 AIP 제도의 도입이 검토되고 있다. 그러나 국내에서는 AIP 제도에 대한 이론적 분석이나 배경 등은 많이 소개되어 있는 반면, 구체적인 적용방법이나 실례에 대해서는 연구나 발표가 부족한 실정이다. 따라서 본 고에서는 AIP의 중주국이라 할 수 있는 영국의 AIP 제도를 살펴봄으로써 향후 우리나라에 적용했을 때 제기될 수 있는 이슈들을 발굴하고 대안을 제시하고자 한다. 먼저 Ofcom에서 적용하고 있는 AIP의 구체적인 적용절차 및 방법, 적용사례를 살펴보고, 우리나라의 800MHz 재할당 사례를 가정하여 적용 시 제기될 수 있는 이슈들을 제시하는 한편, 그 대안들로 사용될 수 있는 모형들을 제안하였다. □

목	차
---	---

- I. 개요
- II. AIP 가격 설정 절차 및 방법
- III. Ofcom의 적용사례
- IV. AIP 적용을 위한 주요 이슈

I. 개요

우리나라 전파법 상의 주파수 할당대가는 주파수 배정 후 10년 동안의 예상매출액과 매년의 실제매출액에 방송통신위원회에서 결정한 비율을 곱하여 산출하며 두 비율의 합은 0.03이 되도록 공식이 정해져 있다. 그러나 예상매출액의 규모산정과 매출액의 곱하는 비율의 타당성에 대한 논란이 계속되어오고 있는 것이 사실이다.

이러한 상황에서 주파수 할당대가에 대한 근본적인 제도개선 요구가 제기되고 있으며 대안으로서 AIP 제도의 도입이 검토되고 있다. 그러나 국내에서는 AIP 제도에 대한 이론적 분석이나 배경 등은 소개되어 있는 반면, 구체적인 적용방법이나 실례에 대해서는 연구나 발표가 부족한 실정이다. 제도시행 후 10여년이 지난 영국에서도 이해관계자들은 이론적인

* ETRI 모바일사업전략연구팀/책임연구원
** ETRI 모바일사업전략연구팀/선임연구원

내용보다는 구체적인 절차나 관련 개념들의 시행 시, 적용기준들에 대한 의문을 제기하고 실제 적용방법에 대한 정보를 요구하고 있다[10].

따라서 본 고에서는 AIP의 종주국이라 할 수 있는 영국에서의 AIP 제도 적용절차와 구체적인 적용사례를 살펴봄으로써 향후 우리나라에 적용했을 때 제기될 수 있는 이슈들을 발굴하고 대안을 제시하고자 한다.

영국에서 과거 무한 공유제로 간주되었던 전파는 1904년의 Wireless Telegraphy Act가 제정되면서 관리의 대상이 되었고, 주파수 가격은 규제기관이 전체 원가회수(cost recovery)를 상한으로 일반적으로 행정비용을 커버하는 수준보다 높지 않게 설정되었다. 그러나 무선통신의 사용이 증가하여 주파수 수요가 급증하고 특정 주파수 대역이나 지역에서 주파수 부족현상이 심각하게 나타나게 되면서 주파수의 효율적 사용에 대한 관심이 높아져 의회가 주파수 가격설정 방법에 근본적인 변화를 도입하여 원가회수수준 이상으로 가격을 설정할 수 있도록 하였다. 1998년에 The Wireless Telegraphy Act가 개정되면서 주파수 자원의 효율적인 자원배분기능을 위해 영국에서 최초로 주파수 관리에 시장 메커니즘(Administered Incentive Pricing: AIP, 경매)을 도입하는 계기가 되었다. 특히, 비경매 주파수의 면허권자들이 해당 주파수를 효율적으로 사용하도록 하기 위해 연간면허료(annual licence fee)를 행정비용(administrative cost) 이상으로 설정할 수 있도록 하고, 연간면허료는 특히 주파수의 유용성 및 현재/미래의 주파수 수요를 고려한 일련의 주파수 관리 목표(효율적 관리 및 사용, 경제적 비경제적 효익, 기술혁신, 경쟁)를 반영함으로써 실질적인 AIP 도입의 근거를 마련하였다. 1998년 RA(Radio-communications Agency)가 AIP를 채택하고 일련의 규제조치를 통해 대부분의 면허로 확대 시행하였으며, Communications Act 2003에 의해 새롭게 규제책임을 맡게 된 Ofcom(Office of Communications)도 지속적으로 AIP를 추진하고 있다[9].

AIP 제도의 이론적 근간을 제공한 Smith-NERA(1996)의 연구에서 AIP 제도에 대한 검토기간을 5년으로 권고하였고, 이러한 권고에 기반하여 Ofcom은 2003/4년에 전반적인 재검토를 실시하였으며, 2009/10년에 SRSP(Strategic Review of Spectrum Pricing)가 진행 중에 있다.

II. AIP 가격 설정 절차 및 방법

먼저 AIP 가격설정의 대상은 면허종별이며 제안된 가격은 일반적으로 해당 면허종별에 속해 있는 모든 면허에 적용된다. 즉, 한 개의 면허종별(licence class)은 일반적으로 여러 개의 주파수 밴드에 걸쳐 있으며, 해당 면허종별에 할당된 한 개 또는 그 이상의 밴드들에 접근할 수 있는

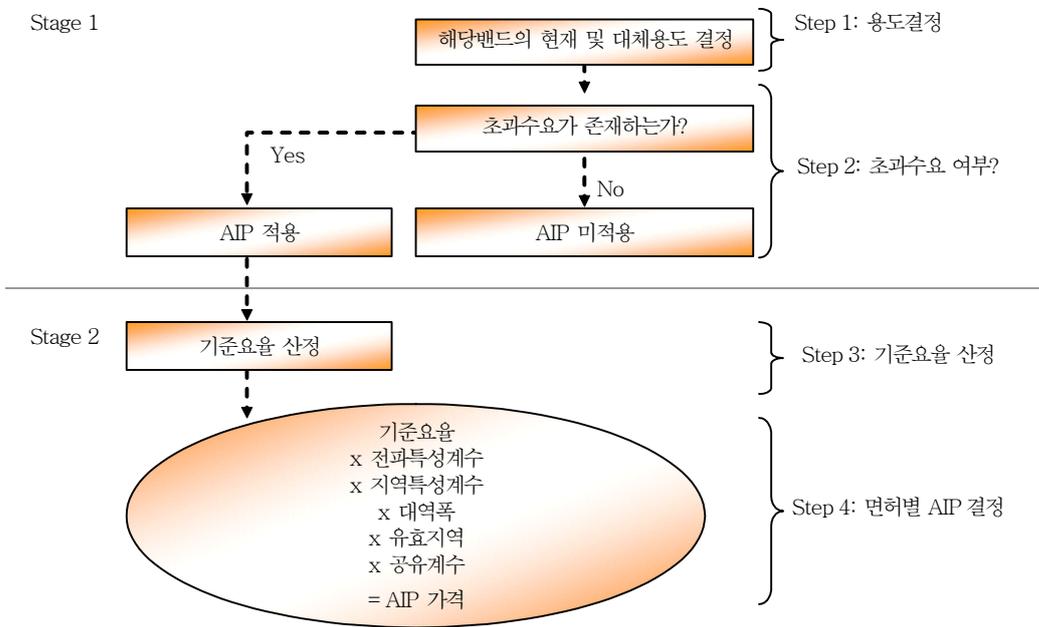
권리를 부여 받은 면허들을 모두 포함한다. 특정밴드에 대한 가격설정은 면허종별에 할당된 밴드에 접근할 수 있는 면허들에 대한 가격설정을 의미한다.

1. AIP 가격설정 절차

Ofcom의 AIP 가격설정 절차는 2개 스테이지에 걸쳐 4개의 스텝으로 구성되어 있다[11].

‘스테이지 1’은 AIP 적용의 타당성을 평가하는 단계이며, AIP 가격이 해당 밴드의 효율적 사용을 촉진할 것인가를 결정하는 단계로 해당 주파수의 환경과 현재 및 잠재적 대체용도를 고려하여 2개의 스텝으로 진행하여 결정하게 된다. ‘스텝 1’은 특정밴드의 현재용도와 ‘적정기간’ 내에 발생할 수 있는 잠재적 대체용도를 확인하는 단계이며, ‘스텝 2’는 해당 주파수의 현재 또는 대체용도에서 초과수요가 존재하는지를 결정하는 단계이다.

‘스테이지 2’는 AIP 적용이 타당한 경우에 해당밴드들의 AIP 가격을 계산하는 단계로 역시 2개의 스텝으로 진행된다. ‘스텝 3’는 해당 밴드 내 주파수의 기회비용을 반영하여 기준요율(reference rate)을 계산하는 단계이고, ‘스텝 4’는 허가 받은 용도의 고유특성을 기준으로 개별 면허에 대한 AIP 가격을 설정하는 단계이다.



(그림 1) Ofcom의 AIP 적용 프로세스

2. 주파수 사용용도의 확인

각 면허종별에서 사용되는 주파수 수요는 해당 주파수의 잠재적 사용용도의 범위를 결정함으로써 평가하는데, 일반적으로 현재 관찰되는 주파수 수요는 현재용도에서 ‘혼잡(congestion)’이라는 형태로 나타날 것이다. 예를 들면, 현재용도의 수요수준은 기존사용자들로부터의 해당밴드(또는 지역)의 새로운 할당요청을 수용할 수 있는지를 보면 알 수 있다.

한편 다른 산업분야로부터의 수요가 존재할 수도 있으며, 대체용도의 수요는 그 용도로의 사용이 허가되어 있지 않는 한 기존 사용자들에게서는 확실하게 나타나지 않을 수 있다. 그러나 대체용도의 사업자는 해당 주파수를 사용할 수만 있다면 해소시킬 수 있는 주파수 부족문제를 갖고 있을 수 있다. 경우에 따라, 현재용도와 대체용도들이 동일 밴드 내에서 공존할 수도 있고 양립하지 못할 수도 있다. 특정 주파수밴드에 대해 존재할 수 있는 대체용도를 확정하기 위해서 해당 대체용도가 ‘적절한 기간(relevant time-frame)’ 내에 해당 주파수를 ‘현실적(realistic)’으로 사용할 수 있는지를 평가할 필요가 있다. 이해자 집단을 대상으로 한 사전 지문활동에서 주파수의 대체용도로부터의 수요가 현실적인지를 고려할 때 적용되는 ‘적절한 기간’과 ‘용도의 가능성’에 대해 결정하기 위해 어떤 요인들이 사용되는지를 명확히 해달라는 요청이 있을 정도로 이 조건에 대한 명확한 정의가 필요한 실정이다[11].

3. 주파수 초과수요의 평가

AIP 적용여부의 결정을 위해서 다음 두 가지 질문에 대한 해답을 구해야 한다.

첫째, 현재용도에 대한 수요가 지금 또는 장래 적절한 기간 안에 공급을 초과하는지?

둘째, ‘스텝 1’에서 확인된 대체용도에 대한 초과수요를 충족시키기 위해서 적절한 기간 내에 해당 주파수를 사용할 수 있는지?

‘현재용도에서 ‘혼잡’과 ‘다른 밴드의 대체용도 수요’를 초과수요의 지표로 사용한다. ‘혼잡’이라는 개념은 두 가지 측면을 갖는다. 각각의 밴드 또는 지역에서 발생하는 혼잡도는 기존용량(유효공급)과 해당 주파수의 수요에 의해 결정되며, 수요와 공급은 모두 주파수 자체 및 지역적인 측면의 두 가지 차원에서 존재하는 것이다. 면허종별의 개별면허들은 특정 조합의 주파수 상에서 송신할 수 있는 권리를 특정 커버리지 지역 또는 두 지점 간의 기준으로 사용자에게 부여하게 된다. 각 주파수 밴드와 지역에서는 일반적으로 특정시점에 주어진 특정형식의 전송을 수용할 수 있는 용량이 제한적이며, 주어진 특정밴드와 지역에서 수용할 수 있는 할당과 서비스 수의 한계는 주로 수용 가능한 간섭수준의 유지 욕구에 의해 결정될 것이다.

일반적으로 주파수 밴드 간 그리고 지역 간의 주파수 수요의 차이가 존재하게 되며 전파특성 때문에 일부 밴드는 다른 밴드보다 인기가 많다. 또한 같은 밴드라도 어떤 지역에서는 수요가 높고, 다른 지역에서는 낮게 나타날 수 있으며, 지역면허에서 수요는 지역 특성에 따라 달라진다. 따라서 주파수 밴드 간 또는 지역 간에 혼잡도의 큰 변동이 있는 것으로 판단되면, 밴드 간 및 지역 간 평가를 실시하고 결과를 바탕으로 가격을 조정하여야 한다.

가. 현재용도의 '혼잡' 측정방법

목시적 지역면허에 적용된 밴드 및 지역에서의 혼잡을 측정하기 위해서 그리드 기준 방법론을 사용하며 공유사용의 경우, 10km×10km 그리드 내에서 운용되고 있는 특정 공유 PBR 채널에서 최빈시간의 채널로딩(트래픽 수준)을 측정하고 호차단률을 기준으로 각 채널을 'Heavily congested', 'Congested', 'Non-congested'로 구분하였다. 나아가 2007년에는 UK 전국을 대상으로 할당된 수를 기준하여 각 밴드를 'High Popular', 'Medium Popular', 'Less Popular'로 구분하는 것으로 바꾸었으며, 할당시스템 'Unify'를 사용하면 각 밴드의 할당밀도를 평가하고 각 밴드들의 혼잡도를 결정할 수 있는 주파수지도를 작성할 수 있다. 지리적 혼잡의 측정을 위해서 UK를 50km×50km의 그리드로 나누어 각 사각형을 'High Population', 'Medium Population', 'Low Population'으로 구분하여 Business Radio 용도 혼잡평가에서는 인구밀도를 혼잡도의 척도로 사용하였다.

명시적 지역면허에 적용된 밴드 및 지역에서의 혼잡 측정에서는 900MHz와 1,800MHz 셀룰러밴드의 혼잡에 대해서 RA의 기준을 따르고 있다. RA는 셀룰러 분야 트래픽 수요 충족 요구의 기준으로 볼 때 해당 주파수가 너무 작은 수의 사업자들에게 할당되어 있고, 현재 또는 다른 사업자들로부터의 높은 수요가 존재하고 있기 때문에 900MHz와 1,800MHz 셀룰러밴드 모두 UK 전역을 혼잡 상태라고 생각하여 2005년의 가격검토에서도 이러한 이유를 그대로 적용하여 가격에는 변화가 없었다. 지역명시 Business Radio에 대해서는 밴드별 혼잡은 기술 할당면허와 같은 방법('High Popular', 'Medium Popular', 'Less Popular')으로 구분하는 것을 적용하였으며, 지역적 혼잡은 UK 전역에 걸쳐 밴드 간 차이가 없는 것으로 적용하였다.

나. 대체용도의 수요 평가

현실적으로 면허종별에 사용되고 있는 특정밴드의 대체용도 수요를 평가할 때는 대체용도가 사용하는 밴드가 평가하고자 하는 혼잡한 밴드와 전반적으로 대체 가능한지 여부를 결정하고, 대체 가능하다면 그 밴드가 AIP를 통해서 다른 밴드들의 혼잡을 완화시킬 것인지를 평가한다.

평가 결과가 긍정적인 경우, 현재용도에 혼잡이 없는 경우일지라도 해당밴드나 지역에 AIP 를 적용함으로써 현재 사용자가 대역폭을 줄여서 사용하거나 덜 혼잡한 밴드로 이동하여 대체용으로 사용할 수 있는 주파수를 확보할 수 있게 된다.

4. 기준요율의 계산: 가치추정

가. AIP 가격 설정에서 기준요율의 역할

고려중인 면허종별 내의 많은 밴드와 지역에 AIP 를 적용하는 것이 적절하다면, 몇 개의 요율을 추정할 것인지를 결정해야 한다. 서로 다른 시장가치를 가지고 있을 것으로 생각되는 여러 밴드와 지역들에 한 개의 기준요율을 적용하면 ‘스텝 4’에서 전파특성계수, 지역특성계수 등을 적용하여 요율을 조정하여야 한다.

조정하는 방법은 ① 각 면허종별마다 한 개의 요율을 계산하고 다른 면허종별들에 공동으로 적용될 평균요율을 계산하여 해당 면허종별들에 속한 모든 밴드에 적용하는 경우,¹⁾ ② 면허종별이 사용하는 모든 밴드나 지역에 한 개의 요율을 적용하는 경우,²⁾ ③ 면허종별이 사용하는 개별 AIP 밴드별로 요율을 적용하는 경우³⁾ 등이 있다.

나. 현재의 기준요율 계산 방법론

‘스텝 1. 2’에서 전파의 혼잡을 현재용도와 대체용도에서 파악하였으므로 기준요율 계산을 위해서도 두 가지 가치를 계산한다. 현재용도의 가치(기회비용)는 현재 해당밴드를 사용 중인 ‘평균적인 사용자’에게 추가적으로 작은 양의 주파수 불럭을 배분하였을 때의 가치로 현재용도에서의 주파수 가치를 측정하고, 대체용도의 가치(기회비용)를 다른 잠재적 용도로 사용할 때의 주파수 가치로 ‘적정한 기간’ 내에 현실화 될 수 있어야 한다.

현재 사용하는 기준요율 추정절차는 ‘스텝 1’에서 확인한 현재용도 및 대체용도의 가치를 계산한 후, 더 높은 가치를 갖는 대체 가능한 용도가 없을 경우 현재용도에서 기준요율을 결정하지만, 더 높은 가치를 갖는 대체가능 용도가 있을 경우 기준요율을 두 가치 사이에서 낮은 쪽을 지향하여 결정한다.

1) 예, 셀룰러 모바일과 두 개의 Business Radio 면허종별에 적용된 STU(Spectrum Tariff Unit)을 설정했던 방법으로 밴드나 지역 간 가치차이는 ‘스텝 4’에서 전파특성 및 지역요인을 적용하여 조정됨
2) 정령크에서 사용하는 1.35GHz 와 57GHz 사이의 모든 밴드들은 한 개의 요율을 도출하고 ‘스텝 4’에서 전파특성계수를 통해 조정됨
3) 전파특성계수의 적용이 불필요해지며 PMSE(Programme Making and Special Events)에 적용

다. 현재용도에서 가치의 계산

현재, 가치의 계산방법은 최소비용대체법(Least Cost Alternative: LCA)을 사용하고 있으며, 할인이익법(Discounted Profit: DP)이 일부 대안으로 제안되고 있다

(1) LCA 법

Smith-NERA(1996)가 개발하고 Indepen 등(2004)이 발전시킨 방법으로 모든 면허종별의 가격설정에서 기준요율을 계산하여 사용하고 있는 방법이다. 해당밴드에서 작은 주파수 블럭을 사용할 수 없게 되었을 때 비교적 효율적인 대표 서비스 공급자의 대응을 고려한 것으로, 동일한 수준의 산출물을 유지하기 위해 공급자에게 발생하는 최소추가비용(또는 원가절감)이 공급자에게 있어서 주파수 가치를 나타내는 것으로 정의한다.

LCA 법은 주파수 사용으로부터 동일한 산출물을 유지하기 위해 투입요소를 대체하는 방안을 사용하는 것으로서 주파수와 다른 자원(즉 설비)의 사용비율을 조정할 수 있을 때 공급자는 동일한 수준의 서비스를 제공하는 여러 방법들 중 선택을 할 수 있게 된다. 주파수 감소에도 불구하고 동일한 산출물을 유지할 수 있는 다른 투입요소의 대체 방법으로 일반적으로 다음과 같은 대안들이 제안되고 있다.

- 더 많은 네트워크 인프라에 대한 투자(즉, 기지국 추가)
- 협대역 장비를 사용
- 대체 서비스로 전환(즉, PMR 같은 사설통신보다 PAMR 같은 공공 서비스로)
- 대체기술로 전환(고정무선통신보다 광섬유 또는 전용선)
- 수요가 적은 밴드로 전환

한계 주파수(블럭)의 가치추정은 먼저 각 대체방법의 비용을 계산한 다음, 현재 수준에서 서비스를 제공하는 비용과 최소비용 대체 안의 비용을 비교하여 그 차이를 현재용도의 가치로 추정하게 된다.

LCA 법을 적용하기 위해서 다음사항에 대한 가정이 선결되어야 한다.

첫째, 한계 주파수(블럭)을 정의하여야 한다. 한계주파수의 양은 사용자에게 실질적인 이익을 가져다 주는 단위로 서비스의 종류에 따라 다르게 나타난다(예, Business Radio 에서는 2×12.5kHz 채널).

둘째, 해당밴드의 대표사용자로 정의된 ‘평균사용자’에 대한 정의가 필요하다. 주파수 사용량이 비슷한 사용자들로 구성된 경우도 있고 크게 다른 사용자로 구성된 경우도 있을 수 있다. 다른 사용자 그룹별로 가치를 따로 추정하여 사용량에 따른 가중평균으로 계산하기도 한다.

셋째, 대체안 비용계산을 위한 비용기준에 대한 가정이 필요하다. 설비원가, 설비수명, 네트워크 성숙도, 자본설비 투자에 대한 자본할인비용(WACC) 및 할인기간 등의 가정이 우선되어야 현실적인 가치의 계산이 가능해진다.

(2) DP 법

Indepen 등(2004)이 방송 서비스 주파수 가격설정에 LCA 법의 대안으로 권고한 방법으로, LCA 법에서 채택하고 있는 “주파수 변화에도 동일한 수준의 서비스 제공”이라는 가정이 현실적이지 않을 경우 사용할 수 있는 대안이다.

DP 법은 평균사용자가 해당밴드 주파수의 한 블록에 접근하는 면허에 대한 경매에서 지불할 의향이 있는 금액을 계산하여 면허소유(또는 상실)가 사용자의 현금흐름에 미치는 영향을 추정하는 것으로 추정가치는 면허로부터 기대되는 미래현금 흐름의 현재 가치와 동일한 것으로 본다. 먼저 면허로부터의 창출될 미래 현금흐름 또는 유출을 추정하고 이러한 현금흐름에 적절한 시장 할인률을 적용하여 계산한다.

라. 대체용도에서 가치의 계산

이론상으로, 대체 서비스의 평균공급자가 해당밴드의 주파수 블록에 접근함으로써 얻을 수 있는 비용절감을 기준으로 LCA 법을 대체용도에서 밴드의 가치를 추정하는데 사용할 수 있고, 대체 서비스의 평균공급자가 해당밴드의 주파수 블록에 접근할 수 있는 경매에 지불할 의향이 있는 금액을 참고하여 DP 법이 가치를 추정하는데 사용될 수도 있다.

그러나, 실제로는 대체 서비스가 사용하는 밴드와 유사한 밴드의 현재용도 가치추정치를 해당밴드의 대체용도 가치로 일반적으로 사용하며 필요할 경우 일부 조정을 실시한다.

5. AIP 요금의 설정

기준요율을 사용하여 특정면허에 대한 AIP 가격을 산출하기 위해서 두 가지 측면의 조정이 필요하다. 먼저 각 면허자에게 배타적으로 주어진 주파수의 실제 양을 반영하는 과정으로, 할당 대역폭, 유효지역, 채널의 독점 또는 공유시간 등을 반영하는 것이다. 다음으로 해당 주파수의 가치에서 차이를 반영하는 것으로 기준요율의 기준이 되었던 밴드와 지역의 상대적 가치를 반영한다.

Ofcom 에서 적용하고 있는 일반적인 AIP 알고리즘은 다음 산식과 같다.

$$\text{AIP} = \text{기준요율} \times \text{할당대역폭} \times \text{유효지역} \times \text{공유계수} \times \text{전파특성계수} \times \text{지역특성계수}$$

- 대역폭(Bandwidth): 면허자가 요구하는 실제대역폭을 반영하며, kHz, MHz 또는 다른 적절한 기준을 사용
- 유효지역(Area denied or sterilized): 면허가 적용되는 지리적 점유상황을 측정하며 지역 면허에서는 일반적으로 km^2 단위를 사용
- 독점 또는 공유(Exclusive or shared use): 주파수를 배타적으로 점유하거나 채널을 타인과 공유하는 경우 시간을 반영
- 전파특성계수(frequency band factor): 동일 기준요율의 적용을 받고 있는 밴드들 간의 가치차이를 반영하기 위한 요소로, 특히 평균사용자가 서비스를 제공하려고 생각하고 있는 밴드 즉, 기준밴드(reference band)에 대비하여 면허자가 운영하는 밴드의 차이를 반영
- 지역특성계수(Location factor): 동일 기준요율의 적용을 받고 있는 지역들 간의 가치 차이를 반영하기 위한 요소로, 특히 평균사용자가 서비스를 제공하려고 생각하고 있는 지역 즉, 기준지역(reference location)에 대비하여 면허자가 운영하는 지역의 차이를 반영

III. Ofcom 의 적용사례

1. Indepen 등(2004)에서 셀룰러 서비스의 현재용도 가치계산 및 기준요율 결정

가. 한계기회비용 도출을 위한 기본가정

- 한계변화량에 대한 가정: $2 \times 2.4\text{MHz}$ 주파수
- 셀룰러 분야에서 가정한 주파수 사용자 및 망 특성
 - * 추가 주파수는 도심지역 핫스팟의 혼잡을 해결하는데 사용하는 것으로 가정함
 - * 섹터 당 수용 가능한 트랜스시버의 최대 숫자는 4 로 가정하여 섹터 당 3 개와 4 개의 트랜스시버를 커버하는 주파수 사이 즉, $2 \times 7.2\text{MHz}$ 와 $2 \times 9.6\text{MHz}$ 가 선택의 기준
 - * 섹터 당 트랜스시버의 숫자에 대한 물리적 한계를 극복하기 위해 네트워크는 Multi-layer cellular plan 을 사용하고 각 레이어는 $2 \times 9.6\text{MHz}$ 까지 주파수를 사용할 수 있다고 가정하며, 영국의 셀룰러 사업자들은 $2 \times 23\text{MHz}$ 와 $2 \times 30\text{MHz}$ 주파수를 보유하고 있기 때문에 가장 높은 수요지역에서 적어도 3 개의 레이어를 사용할 수 있게 될 것이라는 의미
 - * 그러므로 이런 지역에서 트래픽의 1/3 이 각 레이어 상에서 전송될 것이라고 가정함
 - * 망은 성숙단계(mature)에 있는 것으로 가정함(즉, 셀 크기가 커버리지보다는 용량을 고려하여 결정되므로 한계가치는 900MHz 나 1800MHz 망에서 같은 것으로 봄)

- 자본할인율에 대한 가정: 할인기간 10년, 연 10% 실질할인율을 적용함

나. 비용 및 트래픽 자료

- Oftel 을 위해 개발된 LRIC 모델분석으로부터 입수함
- 신규 기지국 사이트에 대한 총비용(3섹터 매크로셀)
 - * 사이트 취득비용: 총 £ 25,000 = £ 8,333/섹터 = £ 1,233/년(10년간 10% 할인)
 - * 설비자본비용: £ 33,000/섹터 = £ 4,882/년
 - * 설비운영비용: £ 3,960/년(자본비용의 12%)
 - * 사이트 임대비용: £ 6,000 = £ 2,000/섹터/년
 - * 기존 섹터의 추가무선설비 자본비용(추가 주파수의 사용을 위한): £ 5,880 = £ 870/년
 - * 추가 무선설비의 운영비용: £ 705/년
 - * 최번 시 네트워크 총 트래픽: 128,000 Erlangs(Oftel LRIC 모델의 2003년 4월 추정치)
 - * 고수요지역(주요 커버리지를 위해 필요한 주파수요구량을 초과한 곳)의 트래픽 비율: 50%
 - * 고수요지역의 총트래픽: 64,000 Erlangs
 - * 고수요지역에서 셀룰러 레이어당 총트래픽: 21,330 Erlangs(즉, 총트래픽의 1/3)

다. 한계가치 추정: 두 대안의 비교

- 각 레이어에서 필요한 섹터 수의 계산

구분	주파수 미추가	주파수 추가	추가변화
사용가능 주파수	2×7.2MHz	2×9.6MHz	2×2.4MHz
섹터 당 RF 채널(N)	3	4	1
섹터 당 GSM 트래픽 채널(8N-1)	23	31	8
섹터 당 용량(Erlangs)*	14.5	21.2	-
필요한 섹터 수	1,471	1,006	465

* 열량손실공식(Erlang B 공식)에서 호차단률(call blocking probability)을 1%로 가정

- 두 대안의 비용차이 비교

추가 주파수 사용	섹터 추가비용
- 자본비용: $1,006 \times \text{£}870 = \text{£}875,220/\text{년}$	- 사이트 취득비용: $465 \times \text{£}1,233 = \text{£}573,345/\text{년}$
- 운영비용: $1,006 \times \text{£}705 = \text{£}709,230/\text{년}$	- 설비자본비용: $465 \times \text{£}4,882 = \text{£}2,270,130/\text{년}$
- 총주파수 추가비용: $\text{£}1,584,450/\text{년}$	- 설비운영비용: $465 \times \text{£}3,960 = \text{£}1,837,440/\text{년}$
	- 사이트 임대비용: $465 \times \text{£}2,000 = \text{£}930,000/\text{년}$
	- 총 섹터 추가비용: $\text{£}5,610,915/\text{년}$
비용차이: $\text{£}4,026,465 (= \text{£}5,610,915 - \text{£}1,584,450)$ - 2×1MHz 당 비용 차이: $\text{£}1,677,694 (= \text{£}4,026,465/2.4)$	

라. 기준요금 계산에의 적용결과

원래 Smith-NERA 연구에서는 PMR, PAMR, 셀룰러(GSM900), PCN(GSM1800) 서비스에 대해 각각 별개의 한계가치를 결정하였으나, RA는 산업계의 자문을 따라 모든 모바일 서비스에 대해 공동의 STU(Spectrum Tariff Unit)를 적용하기로 결정하고, 공동 STU는 4개의 개별적인 가치들을 사용하는 대역폭의 양을 기준으로 가중평균한 값으로 £1.65/MHz/km²가 되었다.

2. 기준요금 및 전파특성계수의 적용사례

모바일 기준요금 ‘£1.65/MHz/km²’은 원래 RA에 의해서 추정된 기준요금으로 Business Radio와 셀룰러 등 모바일 면허종별에 공동으로 적용되었다. 여기에 각 서비스 특유의 대역폭과 유효 지역을 반영하여 AIP를 설정하면, 2G 셀룰러 용도(2×200kHz 전국 채널)의 AIP는 £158,400 (= £1.65×240,000(영국면적)×2×0.2), Business Radio 용도(2×12.5kHz 전국 채널)의 AIP는 £9,900 (= £1.65×240,000(영국면적)×2×0.0125)가 각각 산출된다.

또한 Business radio(26MHz~466MHz)의 £9,900 요금은 밴드별 혼잡도를 기준으로 한 전파특성계수를 사용하여 조정되었으며, 지역명시면허의 경우 1과 0.83 또는 0.33, 기술적 할당 면허의 경우 1과 0.83을 사용하였다.

한편 고정 링크요금 ‘£88/2×1MHz/양방향 링크’는 1.35~57GHz 사이에서 밴드 간의 가치 차이를 반영하여 6개의 전파특성계수 요인을 적용하여 조정되었다.

<표 1> 무선 애플리케이션에 대한 기준요금 예시

Use	Reference rate	Unit
Business Radio and Cellular 2G	£1.65	Per MHz per km ²
Fixed Links(1.35~57GHz)	£28	Per 2×1MHz for each bidirectional link

IV. AIP 적용을 위한 주요 이슈

우리나라에서 재할당을 앞두고 주파수 가치산정의 현안이 되고 있는 800MHz 대역의 주파수를 대상으로 AIP를 실제 적용하는 과정에서 고민하고 선택하여야 할 이슈들은 무엇인가? Ofcom의 실제 적용과정을 기준으로 보면, 셀룰러 서비스 대역의 경우 AIP 적용대상여부를 판단하는 사용용도와 초과수요의 문제는 영국과 유사한 시장수요 상황으로 비교적 간단하게 결정될 수 있으며, 기준요금의 결정을 위한 한계기회비용의 추정에 관련된 주요 변수들이 이슈가 될 것이다.

1. 주파수를 대체하기 위한 망 설계 기준의 결정

주파수를 대체하는 기준이 되는 망을 어떻게 결정할 것인가에 대한 이슈이다. 일반적으로 가장적인 대체 망을 시뮬레이션을 통해 설정할 때, 망설계의 최종목표가 무엇인지를 제시해 주어야 할 것이다. AIP의 기본논리인 최소비용대체법의 개념을 적용한다면 최신기술을 반영한 효율성이 가장 좋은 가상망의 설계가 필요하다. Indepen(2004)에서의 적용은 표준사용자의 가정을 통한 전형적인 망구조와 현실적인 수요를 반영하였는데, 이는 영국의 시장상황과 관련이 있어 보인다. 영국의 셀룰러 시장은 지배적 사업자가 없이 소수의 사업자들이 시장을 균점하고 있는 형태로 어느 정도 망의 동질성을 가정할 수 있을 것이다. 망설계 기준과 관련한 선택대안은 이상적인 효율적 망설계기준과 표준사용자의 가정을 통한 망설계기준을 들 수 있다.

이상적이고 효율적인 망 설계기준의 경우, 공학적, 기술적 효율성을 목표로 할 경우 트래픽 수요의 고려 없이 기술적으로 가장 좋은 아웃풋을 보이는 망 설계를 지향하고 있어서 가격결정 이론 관점의 경제성 개념이 결여되는 단점을 갖게 된다. 따라서 경제적 효율성을 지향하여 주어진 트래픽 수요와 제품품질 수준을 만족시키면서 가장 작은 투자를 유발하는 망 설계가 최소비용대체와 보수적인 가격선정이라는 AIP의 기본논리를 잘 반영할 수 있다. 이 경우, 트래픽 수요 예측 및 제품품질 수준의 결정이라는 새로운 변수의 추정과 위험이 존재한다.

표준사용자의 망설계 기준은 Indepen 적용방식으로 표준사용자를 정의하고 현실을 반영하여 전형적인 망설계 방식을 채택하는 것이다. 영국의 경우 Ofcom 자료를 바탕으로 표준사용자를 정의하고 있으며, 셀룰러의 경우 사업자들이 유사한 시장지위와 기술력 등을 보유하고 있어서 사업들의 전형적인 망구조와 운영을 채택하고 있다는 가정이 성립할 수 있다. 현실을 잘 반영할 수 있지만 표준사용자의 개념적용이 모호할 수 있고, AIP가 상대적으로 크게 계산될 우려가 있어서 본래의 목적인 전파의 유효이용을 저해할 가능성도 존재한다.

최종적인 대안의 선택은 경제적 효율성을 목표로 하는 망설계를 선택하는 것이 바람직한 것으로 생각된다. 최소비용 대체와 보수적인 가격선정이라는 AIP의 기본논리를 잘 반영하고 있고, 우리나라의 경우, 표준사업자의 정의가 어려우며, 사업자들의 망 구축이 일시적으로 효율성을 추구하며 이루어지지 않았기 때문에 표준사용자 망의 개념적용이 부적합한 것으로 보인다.

2. AIP 산정을 위한 망설계 대상지역에 관한 이슈

할당 받은 전체 주파수가치의 산정이라는 측면에서 볼 때, 서비스지역 전체를 대상으로 할당량의 변화에 따른 한계효용의 총합이 적합할 수 있지만 AIP의 적용조건이 초과수요의 존재라는

측면에서 볼 때, 고수요 지역에서의 망설계를 통한 AIP의 선정이 합리적일 수도 있다.

핫스팟지역을 대상으로 한계가치를 계산하는 안은 추가 주파수의 사용가치가 핫스팟지역의 초과수요를 해소하는데 있으므로 AIP의 적용논리에 따라 핫스팟지역에서의 주파수 가치에 대해 한계가치를 계산하는 것이 타당하다는 논리적 근거에 기반하고 있으며 Indepen의 셀룰러 한계가치 계산사례에 적용되었다[3].

반면, 전국을 대상으로 망설계 분석을 수행하는 안은 할당주파수의 전체가치를 AIP 가격으로 반영한다는 논리에서 주파수를 사용하는 효용가치를 계산하는 것으로 수요 정도에 따라 샘플링(도심, 시외, 시골 등) 후 전국화하는 방법을 사용하고 있으며, Ofcom의 주파수 회수비용 계산 사례와 ETRI의 주파수가치 산정 계산사례에 적용되었다[1],[4].

현실적인 대안의 선택은 핫스팟 지역 우선 적용 후, 보조적으로 전국화 방안을 고려할 수 있을 것이다. 우선적으로 한계가치로 AIP를 설정하는 경제학적 의미의 가격설정 기본논리에 충실하면서 주파수 가치산정과 AIP 가격설정의 차이를 반영하여 효용가치와 가격이라는 별개 개념의 상호보완을 추구할 수 있을 것이다.

핫스팟 대상지역의 구분 및 선정(고수요지역의 구분)은 수요추정을 통한 현실수요를 반영한 최종 한계주파수량의 배정이 필요한 지역(클러스터)으로 정하고 핫스팟지역에 대한 특성분석(트래픽 점유율, 망구성 등)이 필요하다.

3. 가입자 수요 및 데이터 트래픽의 결정

경제적인 가상의 초기 망설계 시, 망과 관련된 서비스의 가입자 수요 및 데이터 트래픽의 결정은 주요 이슈 중 하나로서 망설계 시 과도하게 설계되거나 효율적인 이용을 하지 못하게 설계되는 것에 대한 문제점을 해결하는 속성이 되며, 경제적 효율성을 갖춘 이용자 중심의 망 설계에 있어서 중요한 의사결정이 된다. 망설계 시 해당 서비스에 대한 수요 및 트래픽을 고려하는 것은 최소한의 기지국 등 설비를 산정하고, 미래지향적 기술인 LTE 서비스가 안정적인 서비스가 되도록 최소한의 경제적인 망설계를 하는데 있다.

망설계 관련 해당 서비스의 수용 가능한 가입자 수요에 대한 선택대안은 어느 시점을 기준으로 망설계 관련 해당 서비스의 가입자 수요 및 데이터 총 트래픽을 선정할 것인가에 대한 선택을 들 수 있으며, 이동통신사업자들의 네트워크 전략을 참조하여 각 사업자들이 가입자를 예측하고 전체 가입자를 추이하는 방안을 고려할 수 있다.

또한 LTE 서비스 관련 수용 가능한 가입자를 현재의 이동통신 가입자로 할 것인지 데이터 이용 위주의 스마트폰 가입자 중심의 가입자로 할 것인지에 대한 선택도 필요하다. 특히, LTE

서비스는 데이터 중심의 서비스로서 LTE 서비스를 이용할 가입자를 현재의 3G 가입자 중 데이터 서비스를 주로 이용하는 스마트폰 이용자를 대상으로 향후 증가 추이 등을 통해 데이터 트래픽을 예측하는 것도 하나의 방안이라 할 수 있다.

LTE 서비스 가입자 수요를 결정하기 위해 이동통신사업자들의 LTE 전국망 계획에 맞추어 현재의 3G 가입자 중 어느 정도가 LTE 서비스를 수용할 것인지에 대한 분석이 필요하다. 현재의 시장점유율을 준용함으로써 각 사업자들의 가입자 수요를 예측하고, 이 수요에 따른 초기 망 설계가 필요하다. LTE 가입자 수요 및 데이터 총 트래픽에 대한 예측은 각 이동통신사업자들의 월평균 데이터 트래픽 자료 및 현재 3G 가입자들의 트래픽 추이, 고수요지역의 정의 및 트래픽 비율에 대한 또 다른 이슈가 제기될 수 있다.

4. 경제적 망설계 대상 서비스의 QoS

최신기술을 반영한 LTE 서비스에 대한 망설계에서 사용자들에게 어느 정도의 QoS 를 제공하느냐에 따라 셀 커버리지 및 최소한의 설비 수에 영향을 미친다. 따라서 망설계 시 해당 서비스 이용자들이 만족할 수 있는 수준의 최소한 QoS 에 대한 요구조건을 충족할 수 있도록 망설계가 이루어져야 한다.

<표 2> LTE 사용 주파수 대역폭에 따른 최대 속도

구분	하향 주파수 이용 대역폭(2×2 MIMO 기준)					
	1.4MHz	3MHz	5MHz	10MHz	15MHz	20MHz
최대 속도	8.7Mbps	22Mbps	36Mbps	73Mbps	110Mbps	150Mbps

특히, QoS 중 데이터 전송속도 측면에서 LTE 는 보유 주파수 자원의 대역폭에 따라 8.7~150Mbps 로 제공속도에 있어 편차가 발생하는 등 이용자들을 위한 적정수준의 QoS 결정은 망설계에 있어 중요한 이슈가 되고 있다. LTE 서비스의 QoS 에 대한 선택대안은 3GPP 의 QoS 기준과 이동통신사업자들이 설정한 QoS 기준을 고려할 수 있다. 3GPP 에서 정의하고 있는 LTE 의 트래픽 유형별 QoS 제약사항은 <표 3>과 같다[2].

<표 3> 트래픽 유형별 QoS 제약사항

Traffic type	QoS parameters			
	Delay(msec)	Delay Variance(msec)	Paket loss(%)	Data rate(Kbps)
Voice	< 200	< 1	< 1	8~64
Streaming	< 150	< 2,000	< 1	20~384
Interactive data	< 300	-	0	1~10
Best effort	< 300	-	0	10~10,000

최종적인 대안의 선택은 3GPP의 QoS 요구조건을 만족할 수 있는 망설계가 효율적이라고 할 수 있다. 이동통신사업자가 고려하고 있는 QoS는 최대한의 요구조건을 기준으로 하고 있으며, 3GPP에서 요구하는 QoS 조건은 최소한의 요구조건으로서 본 고에서 추구하는 경제적으로 효율적인 초기 망설계에 부합된다고 볼 수 있다.

또한 다른 사업자와의 형평성 관점에서 3GPP의 QoS를 준용하는 것이 합리적이라고 볼 수 있다. 즉, 사업자들은 타 사업자와의 경쟁 차별화를 위해 LTE에 대한 QoS 목표를 과도하게 설정하고 있으며, 이는 이상적인 망설계 기준으로서의 타당성이 미약함을 알 수 있다.

<참 고 문 헌>

- [1] 전파의 공학적, 경제적 가치산정 연구, 한국전자통신연구원, 2006. 12
- [2] “이동 및 무선통신(2010년 단기 계속 강좌 강의자료),” 한국통신학회, 2010. 8.
- [3] INDEPN, AEGIS Systems and Warwick Business School. An Economic Study to Review Spectrum Pricing, 2004.
- [4] Malcom Sellars and Andy Barnard. Case Study: Estimated changes to the number of 2G cell sites or sectors as a consequence of reduced spectrum holding at 900MHz, Ofcom, 2008. 7.
- [5] NERA and Smith System Engineering Limited, Study into the use of spectrum pricing. 1996.
- [6] Spectrum Pricing: A statement on proposals for setting Wireless Telegraphy Act licence fees, Ofcom, 2004.
- [7] Notice of Ofcom’s proposals to make regulations: The Wireless Telegraphy(Licence Charges) Regulations 2005, Ofcom, 2005.
- [8] The Wireless Telegraphy(Licence Charges) Regulations 2005, Ofcom, 2005.
- [9] Policy evaluation report: AIP, Ofcom, 2009.
- [10] SRSP: The revised Framework for Spectrum Pricing-Proposals following a review of our policy and practice of setting spectrum fees, Ofcom, 2010. 3. 29.
- [11] An appendix to SRSP: The revised Framework for Spectrum Pricing-Appendix A: Our current practice in setting AIP fees, Ofcom, 2010. 3. 29.
- [12] Spectrum Pricing: A consultation on proposals for setting Wireless Telegraphy Act licence fees, Ofcom, 2004.

* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 NIPA의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.