

네트워크 효과를 고려한 천연가스산업의 기술적 효율성 분석

Efficiency analysis in the presence of network effect
with DEA method

이 정 동* · 오 경 준**

〈目 次〉

I. 서 론	IV. 실증 분석
II. 기존연구 및 연구배경	V. 결 론
III. 이론 전개	

<Abstract>

This study takes an issue of efficiency analysis in the presence of network effect utilizing the DEA (Data Envelopment Analysis) framework. Network effect has important policy implication for the regulation of local monopolies which undertake their business through physical network, such as electricity, natural gas, local telephony, etc. If the difference in spatial condition between companies is not controlled properly, the performance comparison and associated incentive regulation bear significant bias. In this study, we propose a methodology to measure the true managerial or technical efficiency apart from efficiency difference accruing from the difference in spatial condition. A series of modified DEA efficiency models are combined to investigate the extent of exogenous and endogenous efficiency component in the Korean natural gas distribution companies. Empirical results show that the network effect plays significant role in determining superficial performance difference.

Key words : DEA, Data Envelopment Analysis, Technial efficiency, Network effect, Natural gas industry

* 서울대 기술정책대학원과정 조교수

** 한국가스공사 선임연구원

I. 서론

전통적인 네트워크 산업인 전력, 가스, 그리고 통신 등은 자연 독점적 성격으로 인해 공공사업으로 분류되어 정부의 규제를 받아왔다. 근래 규제완화에 대한 논의가 이루어지면서 전반적으로는 네트워크 산업의 효율성, 나아가 가스산업의 효율성에 대한 관심이 고조되고 있다.

현재 지역 독점체제로 운영되는 천연가스 지역배분산업에 있어서는 적절한 수준의 경쟁이 도입되어야 하며, 잣대경쟁(yardstick competition)의 도입으로 효율을 제고하고, 필요에 따라서는 RPI-X 규제와 같은 산업차원 규제가 이루어져야 하는 것으로 논의되고 있다. 잣대 경쟁을 도입하고 가스 지역배분사업자의 사업 효율제고 노력을 증대시키기 위해서는 사업자의 상대적 효율성(relative efficiency)을 측정하고 이를 공표함으로써 사업자간 경쟁을 유도하는 방안이 있을 수 있다.

네트워크 산업에 대한 다양한 실증분석 연구 결과에서는 여러 가지 사업 수행도 지표가 사업 수행 환경을 나타내는 공간변수(spatial characteristics)와¹⁾ 높은 상관관계를 가지고 있음을 지적하고 있다.²⁾ 이는 전통적인 효율성 지표인 노동생산성, 수익률 등은 네트워크 효과의 영향을 받고 있어, 사업 수행도 등을 상호비교하기 위한 효율성 지표로서는 적절치 못함을 의미한다. 따라서 바람직한 규제정책의 수립과 시행은 사업 수행도를 올바르게 나타내는 지표에 근거

하여 이루어져야 하며, 이를 위해서는 네트워크 효과에 의한 편의(bias)가 배제되어야 한다.

기술혁신 또는 기술변화의 측정과 관련한 주요한 연구 분야는 분석대상의 시간에 따른 생산성 변화 또는 효율성 변화를 측정하는 부문과 경영체간 또는 국가간 생산성 또는 효율성을 비교하는 부문으로 대별될 수 있다. 본 연구에서는 네트워크 산업에서의 경영체간 효율성을 비교 분석함에 있어서, 네트워크 특성으로 인해 발생하는 효율성 지표의 편의와 진정한 기술적 효율성(true technical efficiency)을 분할하는 추정 방법론을 제안하고자 하였다.

전통적인 계량경제학적 분석 방법론에서는 네트워크 특성의 존재에 따른 문제점을 폭넓게 인식하고 있지만 이를 적절히 해결하지 못하였다.³⁾ 이는 시장에서 살아남은 기업을 완전한 효율성을 달성한 것으로 가정하는 분석 방법과 네트워크 효과를 추정하기 위해 사용되는 다변량 사후 회귀분석 방법론(multivariate ex post regression)의 구조적 한계 때문이다. 따라서 본 연구에서는 네트워크 효과를 배제한 진정한 기술적 효율성 또는 경영효율성(managerial efficiency)을 추정하기 위해 공공부문의 효율성 측정에 널리 사용되어 온 비모수 변경추정법(nonparametric frontier method)을 사용하였다. 이를 위해 두 가지 주요한 네트워크 특성으로 소비자 밀도(customer density)와 산출물 구성지수(output composition)를 선정하고 두 가지 네트워크 효과를 함께 고려하기 위해 통합 분석 모형을 구축하였으며, 이를 가스산업에 적용함으로써 순수한 기술혁신과 기술변

1) 공간 변수는 기업의 외생적인 조업 환경을 규정하는 변수로, 본 연구에서는 네트워크 특성을 나타내는 외생 변수를 가리킨다. 네트워크 특성 변수로는 소비자 밀도, 소비용도 구성, 단위 소비규모 등이다.

2) Caves, Christensen, and Trethewat (1981), Hjalmarsson and Veiderpass (1992) 참조.

3) Braeutigam, Daughety, and Turnquist (1982), Calle and Thomas (1992) 참조.

화에 따른 경영체간 효율성 격차를 분석하고자 하였다.

제2장에서는 기존의 연구와 본 연구와의 이론적, 실증적 관계에 대해 논의하고, 제3장에서는 효율성 분석에서 네트워크 효과를 분할하는 방법론에 대해 설명하였다. 제4장에서는 천연가스산업에 대한 실증 분석 결과를, 마지막으로 제5장에서는 결론을 기술하였다.

II. 기존 연구 및 연구 배경

대다수의 기존 연구에서는 외생적인 네트워크 효과를 모형에 고려하기 위해 사전에 추정된 생산함수 또는 비용함수에 네트워크 변수를 포함시키고 이의 효과를 추정해내는 계량경제학적 방법론을 채용하고 있다.⁴⁾ 이러한 계량경제학적 방법론에 대한 대안으로 Fare et al.에⁵⁾ 의해 1차 효율성 분석과 결합된 2차 회귀분석(secondary regression)등의 방법론이 제안되기도 하였다. 이 방법론에서는 먼저 1차 효율성 분석시 네트워크 특성을 무시한 모형을 수립하여 효율성 지표를 추정하고, 추정된 효율성 지표를 재차 네트워크 특성 변수를 포함한 분석 관심 변수에 회귀분석하는 절차를 거치게 된다. 본 연구에서는 네트워크 효과를 내재화하여 기업 차원의 효율성 지표를 추정하기 위해 비모수 변경추정법을 채용하였다.

기존 연구와 비교하여 본 연구는 방법론 측면에서 두 가지 특성을 가지고 있다. 첫째, Fare et al.의 2차

회귀분석과 달리, 본 연구에서는 전통적인 효율성 지표를 외생적인 네트워크 효과와 내생적인 기술효율성으로 분할하기 위해 네트워크 특성 변수를 명시적으로 모형에 도입하였다.

둘째, 계량경제학적 방법론을 취할 경우 분석 대상의 평균기업만의 효율성을 추정할 수 있는 것에 반해, 본 연구에서는 분석 대상 기업 각각의 효율성을 추정할 수 있게 된다.

네트워크 산업의 사업 수행도를 측정한 기존의 관련연구에서는 네트워크의 지리적 구성과 네트워크 산출물의 규정이 네트워크 산업의 효율성 분석에 있어서 매우 중요한 요소임을 제시하였다. 본 연구에서는 네트워크 특성 변수로 소비자 밀도(customer density)와 산출물 구성지수(output composition)를 선정하고 네트워크 산업에 속한 기업의 효율성을 분석하였다. 소비자 밀도는 네트워크 산업의 지리적 구성을 나타내는 지표로 단위 네트워크 지표당 소비자수로 정의되며, 소비자 밀도가 증가함에 따라 전통적인 효율성 지표는 증대되는 것으로 인식되어 왔다.⁶⁾ 천연가스 지역배분사업의 경우 소비자 밀도는 단위 배관 길이당 가스 수용가수를 나타낸다. 두 번째로 고려된 네트워크 특성 변수인 산출물 구성지수는 분석 대상 기업이 복수 산출물을 생산하는 경우 산출물 공간에서의 위치를 나타내는 지표로 가정용 소비자수와 비가정용 소비자수의 비율로 정의된다. 가스 지역배분 사업에 있어서는 가정용과 비가정용의 복수 산출물을 생산하고 있는 것으로 간주할 수 있으며, 분석 대상 기업들이 동일한 규모의 서비스 지역에 동일한 소

4) Kim and Lee (1996)에서는 네트워크 특성을 반영한 헤도닉 비용함수를 이용하여 효율성을 분석하였다. Cowing and Steven-son (1981) 참조.

5) Fare et al. (1994) 참조

6) Weyman-Jones (1991), Hjalmarsson and Veiderpass (1992) 참조.

비자수를 확보하고 있어도, 회사별 소비자가 가정용(residential)과 비가정용(non-residential)으로 분리되어 있고 이들의 비율이 다른 경우, 단위 가스 공급량당 기업의 비용구조가 상이하게 된다. 이는 비가정용 가스 소비자가 일반적으로 소비자당 가스 소비량이 커, 비가정용 가스 소비자의 구성 비율이 높으면, 단위 가스 공급량당 투입이 감소하고 평균 비용을 하락시키기 때문이다. 상기 두 가지 네트워크 특성은 외생적으로 결정될 가능성이 높으며, 이는 기업이 처한 사업 환경으로 간주될 수 있어 기업이 규제하에 있을 경우 이러한 환경 차이가 규제 정책 수립 및 시행 과정에서 적절히 감안되어야 할 것이다.

가스산업에 대한 실증 분석은 상대적으로 주목을 적게 끌어왔으나, 에너지 산업에서의 가스가 차지하는 위상을 고려해 보면 향후에는 동 산업에 대한 관심이 증대되어야 할 것으로 판단된다. 가스산업에 대한 관심 부족은 네트워크 특성을 효율성 분석에서 고려하는 것이 비교적 어려운 과제로 인식되고 있다는 반증일 수도 있다. 천연가스 산업에 대한 기존 연구로 Callan과 Aivazian et al. 등은 미국 천연가스 수송 사업에서 생산성 결정 요소를 분석하는 연구를 수행한 바 있다. 그러나 이들은 초월대수 생산함수(translog production function)를 추정하는 계량경제학적 접근법을 이용하여 산업 차원에서의 평균적인 생산성 증대에 대한 분석을 수행하는데 그쳤다. 또한 이들의 연구는 네트워크 특성을 전혀 고려하지 못한 결점을 가지고 있다. 기타 에너지 부문에서의 기존 연구로 Robert는 계량경제학적 접근법을 이용하여 전력 배전사업의 생산 구조를 분석한 바 있으며, Weyman-Johnes와 Hjalmarsson & Veiderpass는 간단한 비모수적 분석 방법을 적용하여 전력 배전사업의 상대적 효율성(comparative efficiency)을 측정하였다. 그러

나 이들의 연구에서도 네트워크 특성을 고려하지 못하였다.

III. 이론 전개

비모수 변경추정법은 Farrell에 의해 발전되었으며, 이러한 발전의 토대는 다중 투입(multiple inputs)과 다중 산출(multiple outputs)의 개념을 정립시킨 Charnes, Cooper, & Rhodes, 그리고 Fare et al. 등의 연구에서 제공되었다.

먼저 비모수 변경추정법을 이용하여 네트워크 특성을 반영하지 않은 전통적인 기술 효율성(technical efficiency)을 도출하는 방법론에 대해 살펴보고자 한다. 기업을 나타내는 변수로 k 를 사용하여 ($k=1, \dots, K$), K 개의 기업이 비교 분석되는 것으로 가정하였으며, 관측된 산출과 투입을 각각 y_k, x_k 로 나타내어 m 개의 산출과 n 개의 투입이 있는 것으로 상정하였다. k 기업의 산출과 투입은 $y_k \in R_+^m$ 과 $x_k \in R_+^n$ 로 나타내며, 전체 분석대상 기업 전체 K 에 대해 산출 벡터는 $(m \times K)$ 를 M 으로, 투입 벡터는 $(n \times K)$ 을 N 으로 표시하였다. 집계산출(aggregated output)량은 $Y_k = iy_k$ 로 표시하며, i 는 $(1 \times m)$ 인 1로 이루어진 벡터이다. 또한 분석대상 기업 전체 K 에 대한 산출 벡터 $(1 \times K)$ 를 U 로 표시한다.

집계산출 벡터 Y 에 근거하여, 네트워크 효과를 고려하지 않은 생산가능 집합(production possibility set) P_B 는 다음과 같이 표현된다.

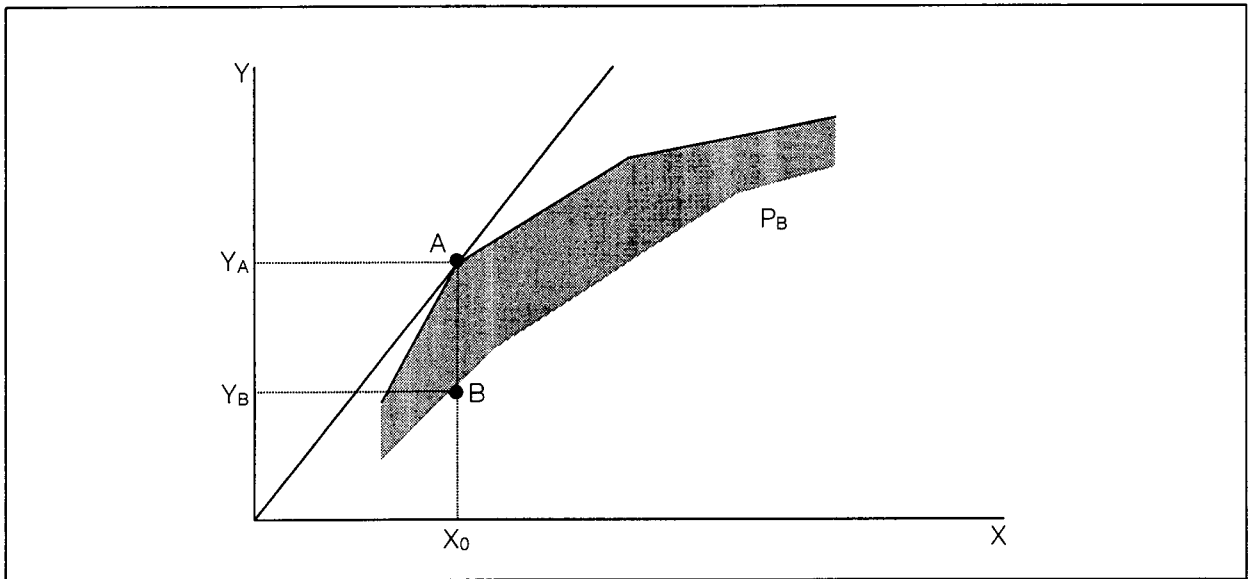
$$P_B(X) = \left\{ Y : Y \leq U_z, N_z \leq X, z \in R_+^K \right\} \quad (1)$$

여기서 z 는 $(K \times 1)$ 인 가중 변수(intensity variables) 벡터이다.

기업 k 에 있어서 상기의 생산가능 집합에 상응하는 거리 함수(distance function)는 Farrell의 산출확장 효율성의 역수 형태를 취한 선형계획법에 의해 표현된다.

$$D_B(Y_k, X_k) = \min \left\{ \theta_B : \left(\frac{Y_k}{\theta} \right) \in P_B(X_k) \right\} \quad (2)$$

여기서 θ 는 양(positive)의 비례 승수(scaling factor)로⁷⁾ 정의에 의해 항상 1보다는 같거나 작게 된다.



[그림 1] 생산가능 변경과 거리함수

[그림 1]에서와 같이 $P_B(X)$ 집합은 볼록성(convexity)과 최소보간(minimum extrapolation)의 가정에 근거하고 있으며, 이는 생산가능 집합의 변경은 분할된 직선 조합(piece-wise linear surface)으로 이루어져 있어, 직선 변경에서는 한계 생산성(marginal productivity)이 일정함을 의미한다. 관측점 B의 거리 함수는 생산 가능 변경 상의 점 A에 위치시키는 비례 승수로 정의되며, Y_B/Y_A 로 표현될 수 있다.

이러한 분석 구조하에서 k 번째 기업의 소비자 밀도(customer density)를 ρ_k 라 하고 이를 비교 대상인 비교기

준 기업(reference firm)의 소비자 밀도 수준인 ρ_i ($\rho_i > \rho_k$)와 비교하게 된다. 만약 비교대상 동등 그룹(peer group)의 소비자 밀도가 ρ_k 수준이거나 이보다 작은 경우에는 비교기준 기업의 선정에 문제가 없게 된다. 이러한 밀도 효과를 고려하기 위해서 Banker와 Morey의 연구에서 적용한 가정을 수정하여 활용하였다. 이들의 연구에서는 통제 불가능한 외생변수를 포함하고 있으나 이는 0과 1로 이루어진 이산변수(discrete variables)이다. 본 연구에서는 연속적인 밀도 수준에 따른 생산가능집합(production possibility set), P_D 을 정의하였다.

7) Fare et al. (1994) 참조.

$$P_D(X | \bar{\rho}) = \left\{ Y : Y \leq U_z, N_z \leq X, \rho_i \leq \bar{\rho}, z \in R_+^K \right\} \quad (3)$$

여기에서 $\bar{\rho}$ 는 분석대상 기업의 밀도를 나타내며, 수준을 가리킨다. 이러한 생산가능집합 P_D 에 근거하여 거리함수를 나타내면 다음과 같다.

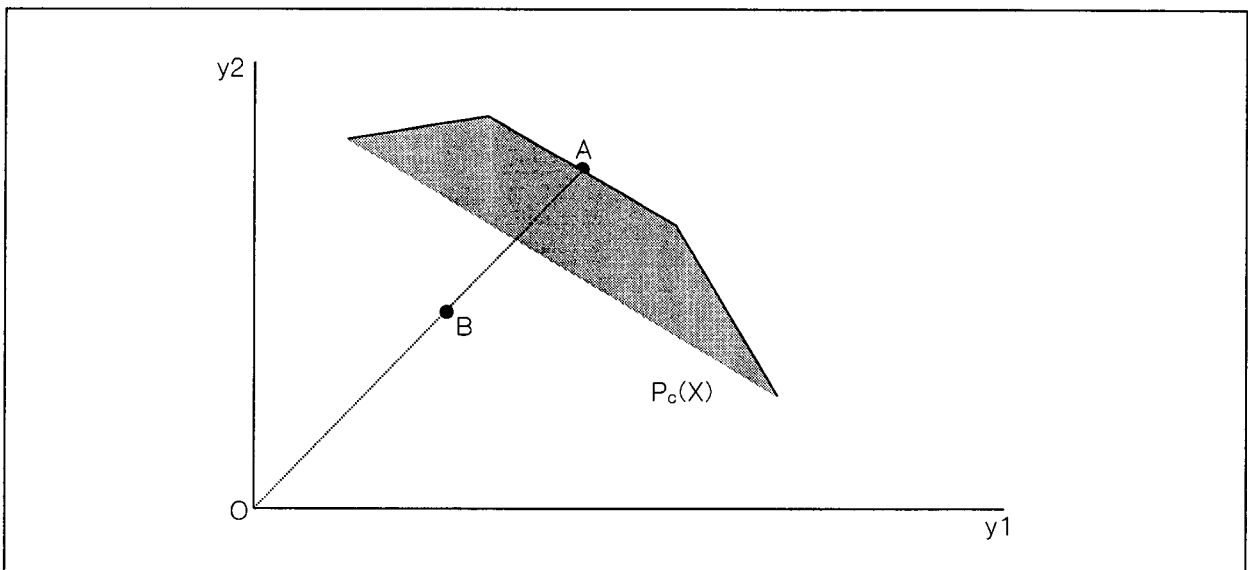
$$D_D(Y_k, X_k | \rho_k) = \min \left\{ \theta_D : \left(\frac{Y_k}{\theta} \right) \in P_D(X_k | \rho_k) \right\} \quad (4)$$

여기까지의 수식 전개에서는 기업이 단위 산출물을 생산하는 것으로 가정하였으며, 이는 단일 산출 지수로 산출물 수준을 표현할 수 있음을 의미한다. 한편 산출물 구성 효과(composition effect)를 도입하기 위해서 다중 산출(multiple outputs)의 생산가능 집합 P_C 와 거리함수 D_C 를 다음과 같이 표현하였다.

$$P_C(X | \bar{\rho}) = \left\{ y : y \leq M_z, N_z \leq X, \rho_i \leq \bar{\rho}, z \in R_+^K \right\} \quad (5)$$

$$D_C(y_k, X_k | \rho_k) = \min \left\{ \theta_C : \left(\frac{y_k}{\theta} \right) \in P_C(X_k | \rho_k) \right\} \quad (6)$$

생산가능집합 P_C 에서는 가장 효율적인 생산 조합을 가진 기업은 생산 변경에 위치하게 되며, 이 기업의 거리함수 값은 1이 된다. [그림 2]에 복수산출물의 생산 가능 집합을 도시하였으며, 관측점 B의 거리함수 값은 OB/OA 로 표현된다.



[그림 2] 복수 산출물의 생산 가능 집합

앞서 살펴본 거리함수들의 직관적인 의미는 다음과 같다. 먼저 D_B 는 모든 네트워크 효과를 포함하고 있는 전통적인 효율성 지표이며, D_D 는 외생적으로 주어져 단기적으로는 통제할 수 없는 밀도 효과를 고려하여 조정한 효율성 지표이다. 또한 D_C 는 밀도와 산출물 구성 효과를 모두 고려하여 이들의 효과를 배제한 효율성 지표가 된다.

거리함수를 이용하여 네트워크 효과를 고려한 효율성 분석을 수행하기 위해 다음의 정의를 설정하였다.

정의 1 : 밀도 수준이 ρ_k 인 기업 k 의 밀도 효과는 다음과 같이 정의된다.

$$DE(k) = \frac{D_B(Y_k, X_k)}{D_D(Y_k, X_k | \rho_k)} \quad (7)$$

$DE(k)$ 는 기업 k 가 적절치 못한 밀도 조건에 처하게 되어 발생할 수 있는 잠재적인 효율성 손실 (potential efficiency loss)을 나타내고 있다. 만약 밀도 변수가 효율성에 영향을 미치지 않게 되면 $DE(k)$ 는 1이 되며, 만약 D_B 가 자신의 비교대상집합에서 ρ_k 보다 높은 밀도를 가진 기업을 포함하게 되면 $DE(k)$ 는 1보다 작은 값을 갖게 된다.

정의 2 : 밀도효과가 반영된 후의 남아 있는 산출물 구성효과는 다음과 같다.

$$CE(k) = \frac{D_D(Y_k, X_k | \rho_k)}{D_C(Y_k, X_k | \rho_k)} \quad (8)$$

$CE(k)$ 는 밀도효과에서 미처 고려되지 못한, 남아 있는 산출물 구성효과(residual composition effect)를 나타내며, 바람직하지 못한 산출물 구성으로 인한 효율성 손실을 의미한다. D_C 가 D_D 에 비해 k 기업이 생산 변경에 위치할 가능성을 높게 해주는데 이는 산출물 벡터 공간(output vector space)이 확대되기 때문이다. 따라서 $CE(k)$ 값은 1과 같거나 작게 된다. $DE(k)$ 값과 마찬가지로 $CE(k)$ 값이 작게 되면 산출물 구성 효과(composition effect)에 의한 효율성 손실이 커지게 된다. 이와 같은 네트워크 효과 정의에 따라, 전통적인 효율성 지표(conventional efficiency measure) D_B 는 다음과 같이 요소 분할된다.

$$D_B = \frac{D_B}{D_D} \cdot \frac{D_D}{D_C} \cdot D_C = DE(k) \cdot CE(k) \cdot D_C \quad (9)$$

식(9)는 전통적인 효율성 지표가 밀도 효과, 산출물 구성 효과, 그리고 순수한 기술 효율성(pure technical efficiency)으로 분할될 수 있음을 나타내고 있다.

식(1), (3), 그리고 (5)로 표시된 생산가능집합은 모두 규모의 불변경제(constant returns to scale)를 가정하고 있다. 그러나 순수한 기술 효율성, D_C 는 1보다 작게 되는데, 이는 완전히 기술적 또는 경영 비효율성에 기인하지는 않는다. 예를 들어 기업 규모 등이 효율성에 영향을 미칠 수 있다. 기업의 규모가 적절하지 못한데 따른 비효율을 고려하기 위해 각 기업의 현재의 조업 규모(operational scale)에서의 효율성 지표를 추정하였다. 현재의 조업 규모에서의 효율성을 D_V 로 표시하고, 아래 첨자 V 는 기술이 규모의 가변 경제임을 나타낸다. 이와 같은 기술의 규모의 가변 경제를 가정한 경우의 생산가능 집합 P_V 와 이에 상응하는 거리함수 D_V 는 다음과 같이 표현된다.

$$P_V(X | \bar{\rho}) = \left\{ y : y \leq M_z, N_z \leq X, \rho_i \leq \bar{\rho}, iz = 1 \right\} \quad (10)$$

$$D_V(y_k, X_k | \rho_k) = \inf \left\{ \theta_V : \left(\frac{y_k}{\theta} \right) \in P_V(X_k | \rho_k) \right\} \quad (11)$$

여기에서 i 는 $(1 \times K)$ 인 1로 이루어진 벡터이다. 가중 변수 z 의 함으로부터 정의된 기술이 규모의 경제인지, 규모의 불변경제인지, 규모의 불경제인지를 추정할 수 있게 한다. 거리함수 D_V 는 0과 1사이의 값으로 D_C 와 동일한 방법으로 해석될 수 있다. 이와 같은

거리함수 D_V 와 D_C 를 이용하여 다음과 같은 규모의 효율성(scale efficiency), $SE(k)$ 를 정의할 수 있으며, 이는 최적의 생산 규모를 벗어남으로써 발생하게 되는 효율성 손실을 나타낸다.

$$SE(k) = \frac{D_C(y_k, X_k | \rho_k)}{D_V(y_k, X_k | \rho_k)} \quad (12)$$

이와 같은 규모의 효율성을 고려하여 전통적인 효

율성 지표인 D_B 는 다음과 같이 요소 분할될 수 있다.

$$D_B = \frac{D_B}{D_D} \cdot \frac{D_D}{D_C} \cdot \frac{D_C}{D_V} \cdot D_V = DE(k) \cdot CE(k) \cdot SE(k) \cdot D_V \quad (13)$$

식(13)의 우변에 있는 요소는 각각 밀도 효과, 산출물 구성효과, 규모의 효과, 그리고 순수한 기술 효율성을 나타내고 있다.

제가 동일한 수준이어서, 이와 같은 조업 환경 격차에 따른 편의를 사전적으로 배제할 수 있기 때문이다.

가스의 지역배분 사업을 수행한 도시가스 회사는 규제 당국으로부터 인정받은 공급권역(franchised area)에서 독점권을 행사하며, 전국적으로 동일한 산출물 가격을 적용받고 있다. 이러한 가격구조 및 규제체계하에서 기업의 이윤 규모는 기업이 처한 네트워크 환경에 영향을 받게 된다. 예를 들어, 특정 도시가스 회사가 타 회사에 비해 1 km의 배관당 2배의 소비자가 연결되어 있는 경우, 소비자 그룹이 가정용 소비자만으로 구성되어 있고 소비자당 소비 규모가 동일하다면 특정 도시가스사는 상대적으로 높은 수입과 수익을 실현하게 될 것으로 판단된다.

IV. 실증 분석

1. 실증 자료

앞서 전개한 이론을 실증분석하기 위해서 한국 가스산업의 지역배분 기업인 도시가스 회사를 실증 분석 대상으로 선정하였다. 가스산업의 도시가스 회사를 분석대상으로 선정한 것은 산출과 투입 자료가 물리적인 단위로 잘 정립되어 있고, 투입요소의 하나인 노동 가격의 지역 편차가 거의 없고 기업에 대한 규

본 연구에서 사용된 자료는 1987년부터 1994년까지 16개 도시가스 회사의 운영 통계이다. 앞서 전개한 이론을 실증 적용하기 위해서는 물리적 단위로 표시된 투입과 산출 자료만이 필요하며, 집계 산출 Y 는 입방미터(m^3)로 표시된 도시가스 공급량으로 표시된다. 또한 산출물 구성으로 가정용과 비가정용을 상정하고 이들의 산출량인 y_i 도 물리적 단위인 입방미터로 표시하였다.

지역배분사업의 투입물(primary inputs)은 자본과 노동으로 설정하고, 자본의 대리 변수로 가스 배관 길이(pipeline length, km)를 상정하였다.⁸⁾ 또한 노동 투입은 배관을 유지 보수하며, 가스를 수송하는 역할을 하는 것으로 연간 노동인력의 수(annual number of employees)로 표시하였다. 네트워크 특성으로 소비자 밀도와 산출물 구성을 설정하였다. 소비자 밀도(customer density)는 단위 배관 길이당 소비자수로 정의되고 산출물 구성(output composition)은 가정용 소비자수와 비가정용 소비자수의 비율로 나타낸다. 부록에 투입자료에 대한 자세한 설명을 기술하였다.⁹⁾

2. 평균 효율성 분석

도시가스 회사를 대상으로 효율성 실증 분석을 수행하기 위해 먼저 16개 분석 대상 회사의 평균적인 효율성 수치(efficiency scores)를 산정하였으며, <표 1>에 산정 결과를 나타내었다. <표 1>에 따르면 산정 결과 분석 대상 회사의 효율성 수치는 모형 설정 가정에 따라 상당히 민감한 것으로 나타났다. 네트워크 효과를

분리해내지 않은 전통적인 효율성 수치(conventional measure of efficiency score)인 D_B 는 평균적으로 0.47에서 0.65 사이의 수치를 나타내었다. 이러한 효율성 수치는 투입 수준의 증대없이 두 배 정도의 산출 증대를 가져올 수 있음을 의미한다. 이러한 비효율성은 현실적으로 인정하기 힘들며, 통제할 수 없는 외생적인 조업환경에 따라 기업의 효율성이 감소되었을 것이라는 추정을 가능한 결과로 해석될 수 있다.

네트워크 효과중 밀도 효과(density effect)를 고려하여 효율성을 산정한 값이 D_D 인데, 추정 결과 모든 기업의 효율성 수준이 개선되었으며, 추정 값은 0.61에서 0.89 사이로 나타났다. 밀도 효과와 소비 구성 효과를 함께 고려한 D_D 의 경우에는 기업별로 매우 안정적이고 높은 값인 0.94와 0.97 사이에서 효율성이 추정되었다. 이러한 추정 값은 규모의 불변 경제하에서 네트워크 효과에 의해 왜곡되지 않고 나타나는 순수한 기술 효율성 값이 된다.

한편, 네트워크 효과 위에 규모 효과(scale effect)를 고려한 D_V 는 0.96에서 0.99 사이에서 측정되었는데, 이는 투입량이 변동되지 않은 상태에서 최적의 조업을 실현하다 하더라도 1%에서 4% 정도의 산출 증대만이 가능함을 나타내고 있다. 네트워크 효과와 규모 효과를 모두 고려한 D_V 값이 매우 높은 것은 대부분의 기업들이 가장 효율적인 생산 가능 변경에 가까이 위치해 있음을 의미한다. 이는 가스 지역배분사업의 기술이 비교적 단순하고 동질적이어서(homogeneous) 기업의 노하우에 차이가 거의 없음을 암시하고 있다고 판단된다.

8) 국내 가스산업의 생산 공정상의 이유로 생산 투입요소로 고려될 수 있는 연료 투입이 불필요하게 되어 투입요소에서 제외하였으며, 동일한 배관을 통해 가정용과 비가정용 산출물이 생산되는 것으로 가정하였다. 도시가스 회사의 자산의 대부분은 배관이 차지하고 있으며, 기타 건물, 토지, 기계 장치 등의 비중은 상대적으로 낮아, 가스 배관만을 자본 투입으로 간주하였다.

9) 효율성 분석을 위한 도시가스 회사별 투입 및 산출 자료는 한국도시가스협회에서 발간하는 "도시가스사업편람"과 연구자의 질의 답변 자료를 통하여 구득하였다.

〈표 1〉 평균적 효율성 추정 및 요소 분할 결과

	효 율 성	평 균	표준편차	최 소 값	최 대 값	No. of is for D_B	No. of is for D_V
1987 (N=16)	D_B	0.4674	0.2800	0.1731	1.0000	1	14
	D_D	0.6103	0.3009	0.1984	1.0000		
	D_C	1.9599	0.1103	0.6424	1.0000		
	D_V	0.9841	0.0535	0.7873	1.0000		
1988 (N=16)	D_B	0.5482	0.2835	0.1637	1.0000	2	14
	D_D	1.7809	0.2705	0.2930	1.0000		
	D_C	0.9672	0.0791	0.7171	1.0000		
	D_V	0.9840	0.0570	0.7719	1.0000		
1989 (N=16)	D_B	0.5027	0.2904	0.1239	1.0000	2	13
	D_D	0.6972	0.3023	0.2437	1.0000		
	D_C	0.9430	0.1068	0.6938	1.0000		
	D_V	0.9717	0.0707	0.7373	1.0000		
1990 (N=16)	D_B	0.5732	0.3156	0.1776	1.0000	2	13
	D_D	0.6980	0.2978	0.2524	1.0000		
	D_C	0.9615	0.0885	0.7324	1.0000		
	D_V	0.9758	0.0632	0.7633	1.0000		
1991 (N=16)	D_B	0.5490	0.2883	0.1884	1.0000	2	13
	D_D	0.7797	0.2614	0.3045	1.0000		
	D_C	0.9394	0.1280	0.6000	1.0000		
	D_V	0.9665	0.0863	0.6719	1.0000		
1992 (N=16)	D_B	0.5835	0.2956	0.1902	1.0000	2	12
	D_D	0.8079	0.2221	0.3745	1.0000		
	D_C	0.9242	0.1146	0.6870	1.0000		
	D_V	0.9603	0.0856	0.6880	1.0000		
1993 (N=16)	D_B	0.6351	0.2875	0.2511	1.0000	3	12
	D_D	0.8966	0.1673	0.4878	1.0000		
	D_C	0.9628	0.0564	0.8254	1.0000		
	D_V	0.9839	0.0370	0.8796	1.0000		
1994 (N=16)	D_B	0.6493	0.2673	0.3064	1.0000	3	12
	D_D	0.8853	0.1704	0.5059	1.0000		
	D_C	0.9609	0.0640	0.7890	1.0000		
	D_V	0.9878	0.0308	0.8837	1.0000		

3. 지역적 효율성 격차 분석

가스 공급 권역, 즉 지리적인 공급 권역의 위치도 효율성 수치에 차이를 가져올 수 있다. 비록 기업별로 가스 공급 기술이 일률적이지만 기업의 지리적인 위치가 수도권에 있느냐, 아니면 수도권이 아닌 지방에 위치해 있느냐에 따라 효율성 분석 결과의 차이를 가

져올 수 있다.¹⁰⁾ 이는 수도권 지역의 도시화율이 높고 인구 밀도가 보다 조밀한 요소의 지역적 차이가 효율성에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 이와 같은 인구·지리적 지표 차이가 분할되지 않고 그대로 반영된 효율성 지표가 D_B 이며, 이러한 지표가 수도권과 지방에서 차이가 난다는 것은 네트워크 효과가 기업의 전통적인 효율성 지표에 차이를 가져올 수 있다는 간접적

10) 수도권과 비수도권의 효율성 격차는 네트워크 효과 이외에도 사업 운영연혁 등의 차이에 의해서도 발생할 수 있지만 가장 큰 영향요소는 네트워크 효과인 것으로 판단하였다.

46 네트워크 효과를 고려한 천연가스산업의 기술적 효율성 분석

인 설명이 될 수 있다. 다음의 <표 2>에서는 수도권과 비수도권에서의 효율성 지표 차이를 나타내었다.

<표 2>에서 네트워크 효과에 대한 고려가 없는 경우, 수도권 지역 도시가스 회사의 효율성 지표 평균값이 비수도권 지역의 도시가스 회사 평균값보다 높음을 알 수 있다. 이러한 효율성 지표의 차이가 통계적으로 유의한지를 살펴보기 위해 Wilcoxon-Mann-

Whitney의 검증을 실시하였다. 검증은 128개의 효율성 지표 패널 자료에 대해 실시하였다. 검증 결과 99.9% 신뢰도 수준에서 비수도권 지역 도시가스사의 D_B 가 수도권 지역의 값보다 작지 않다는 가설을 기각할 수 없었다. 이러한 결과는 네트워크 효과가 전통적인 효율성 지표에 영향을 미친다는 본 연구의 분석 동기를 통계적으로 뒷받침하는 결과로 여겨진다.

<표 2> 수도권과 비수도권 효율성 격차 분석 결과

	효 율 성	수 도 권		지 방	
		평 균	표 준 편 차	평 균	표 준 편 차
1987	D_B	0.5812	0.3252	0.3788	0.2180
	D_D	0.6858	0.3184	0.5515	0.2913
	D_C	0.9595	0.1071	0.9603	0.1192
	D_V	0.9940	0.0158	0.9764	0.0709
1988	D_B	0.7646	0.2608	0.3799	0.1639
	D_D	0.8628	0.2604	0.7172	0.2755
	D_C	0.9596	0.1069	0.9731	0.0553
	D_V	0.9674	0.0862	0.9968	0.0095
1989	D_B	0.7740	0.2110	0.2916	0.1009
	D_D	0.8525	0.1847	0.5763	0.3290
	D_C	0.9563	0.1157	0.9326	0.1053
	D_V	0.9625	0.0993	0.9788	0.0429
1990	D_B	0.8905	0.1448	0.3264	0.1196
	D_D	0.9144	0.1368	0.5297	0.2818
	D_C	0.9845	0.0410	0.9436	0.1122
	D_V	0.9849	0.0401	0.9688	0.0784
1991	D_B	0.8400	0.1434	0.3227	0.0933
	D_D	0.9490	0.1039	0.6480	0.2747
	D_C	0.9814	0.0492	0.9067	0.1618
	D_V	0.9835	0.0437	0.9532	0.1099
1992	D_B	0.8875	0.1202	0.3471	0.0965
	D_D	0.9647	0.0818	0.6859	0.2219
	D_C	0.9872	0.0339	0.8752	0.1327
	D_V	0.9873	0.0335	0.9392	0.1085
1993	D_B	0.9273	0.0940	0.4079	0.1247
	D_D	0.9711	0.0764	0.8386	0.1986
	D_C	0.9900	0.0265	0.9417	0.0655
	D_V	0.9948	0.0137	0.9755	0.0473
1994	D_B	0.9180	0.1054	0.4403	0.1153
	D_D	0.9683	0.0179	0.8208	0.1996
	D_C	0.9828	0.0456	0.9440	0.0733
	D_V	0.9943	0.0150	0.9828	0.0393

네트워크 효과를 반영한 효율성 지표 D_D 와 D_C 에 대해 동일한 분석을 수행한 결과 가설을 기각할 수 없는 신뢰성 수준이 90%로 떨어졌고, 규모의 효과까지 고려한 D_V 의 경우에는 신뢰도 수준이 89% 떨어졌다. 이는 본 연구에서 전통적인 효율성 지표에서 네트워크 효과를 적절히 분리해냈음을 의미한다.

4. 네트워크 효과 분석

네트워크 효과에 대한 분석결과를 <표 3>에 나타내었다. 앞서 살펴본 바와 같이 DE 값이 크면 클수록 효율성 손실이 적은 것을 나타내며, CE 의 경우도 마찬가지이다. <표 3>에 의하면 밀도 효과는 시간에 따라 특별한 추이를 나타내지 않고 있으나, 구성 효과는 시

간에 따라 증가하여 1에 수렴하고 있음을 알 수 있다.

이는 구성 효과에 의한 손실이 줄어들고 있음을 나타내며, 분석기간의 후반부로 다가갈수록 기업의 소비비용도 구성이 균일해지고 있음을 의미한다.

규모 효과 추정 값의 범위가 0.96에서 0.98 사이에서 분석되었는데 이는 최적 조업 상태에서 2%에서 4%사이의 산출물 증대가 가능함을 나타낸다. 이는 네트워크 효과에 따른 효율성 손실에 비해 상당히 적은 규모이다.

<표 3>에 의하면 표준편차와 최저값 부문에서도 시간에 따른 추이가 관찰되는데, 시간이 지남에 따라 도시가스 회사간 외생 효과의 표준편차가 줄어들고 최저값이 높아졌다. 이는 앞서 구성 효과에서 살펴본 바와 같이 기업간의 특성차이가 점점 사라져 동질적인(homogeneous) 기업이 되어 감을 의미한다.

<표 3> 네트워크 효과 분석 결과

	네트워크 효율성	평균	표준편차	최소값	최대값
1987 (N=16)	DE	0.7461	0.1451	0.5892	1.0000
	CE	0.6232	0.2847	0.2769	1.0000
	SE	0.9727	0.0755	0.7478	1.0000
1988 (N=16)	DE	0.7145	0.2387	0.1701	1.0000
	CE	0.7979	0.2516	0.3804	1.0000
	SE	0.9820	0.0400	0.8755	1.0000
1989 (N=16)	DE	0.7766	0.2875	0.1239	1.0000
	CE	0.7258	0.2774	0.2761	1.0000
	SE	0.9692	0.0685	0.7454	1.0000
1990 (N=16)	DE	0.8535	0.2633	0.1776	1.0000
	CE	0.7168	0.2814	0.3323	1.0000
	SE	0.9844	0.0517	0.7944	1.0000
1991 (N=16)	DE	0.7219	0.2542	0.1884	1.0000
	CE	0.8239	0.2262	0.3045	1.0000
	SE	0.9723	0.0995	0.6000	1.0000
1992 (N=16)	DE	0.7008	0.2280	0.2605	1.0000
	CE	0.8648	0.1795	0.4183	1.0000
	SE	0.9635	0.0903	0.7265	1.0000
1993 (N=16)	DE	0.6978	0.2533	0.2517	1.0000
	CE	0.9256	0.1414	0.5636	1.0000
	SE	0.9256	0.0476	0.8254	1.0000
1994 (N=16)	DE	0.7212	0.2263	0.2472	1.0000
	CE	0.9250	0.1370	0.6338	1.0000
	SE	0.9728	0.0562	0.7890	1.0000

<표 4>에서는 개별 도시가스 회사의 비효율성 지표를 백분율로 분할한 결과를 나타내었다. 예를 들어 제5번 회사의 1990년 100% 비효율은 9.8%가 밀도 효과이고, 67.6%가 구성 효과이며, 0.54%가 규모 효과, 그리고 나머지 21.9%가 기업 경영 비효율이 것으로 나타났다. 이 표는 기업 경영에 있어서 핵심적인

참고 지표를 제공하고 있다. <표 4>를 분석함으로써 기업 비효율의 원천을 파악하고, 기업이 가진 자원을 집중적으로 투입해야 할 부문을 확인할 수 있게 된다. 예를 들어 기업 8의 경우, 밀도 효과가 가장 심각한 비효율 요소인 것으로 분석되어, 이를 감소시키기 위한 노력을 경주해야 할 것으로 판단된다.¹¹⁾

〈표 4〉 기업별 비효율성 분할 요소 분석 결과 (% 분석)

기 업	연 도	밀도효과 (%)	구성효과 (%)	규모효과 (%)	기술적 비효율성 (%)
기업 3	1987	78.703	21.297	0.000	0.000
	1988	100.000	0.000	0.000	0.000
	1989	76.767	23.233	0.000	0.000
	1990	100.000	0.000	0.000	0.000
	1991	100.000	0.000	0.000	0.000
	1992	100.000	0.000	0.000	0.000
	1993	0.000	0.000	0.000	0.000
	1994	0.000	0.000	0.000	0.000
기업 5	1987	0.000	79.394	17.966	2.641
	1988	0.000	72.916	5.997	21.087
	1989	16.790	42.284	6.811	34.115
	1990	9.795	67.698	0.540	21.967
	1991	38.607	35.519	3.046	22.828
	1992	30.598	43.058	0.344	26.000
	1993	10.773	60.469	14.163	14.595
	1994	0.000	39.976	41.157	18.867
기업 8	1987	57.242	42.758	0.000	0.000
	1988	47.277	32.016	17.017	3.690
	1989	14.151	61.831	12.0470	11.971
	1990	4.479	63.780	4.212	27.529
	1991	18.073	40.305	2.456	39.167
	1992	39.507	15.311	0.174	45.007
	1993	77.508	3.763	0.003	18.726
	1994			0.488	0.017
기업 12	1987	26.765	73.235	0.000	0.000
	1988	25.103	74.897	0.000	0.000
	1989	2.161	97.840	0.000	0.000
	1990	9.814	90.186	0.000	0.000
	1991	31.805	68.195	0.000	0.000
	1992	72.669	27.331	0.000	0.000
	1993	89.308	10.692	0.000	0.000
1994	77.797	22.203	0.000	0.000	

11) 밀도효과에 의한 비효율은 적극적인 마케팅 활동 등을 통해 개선될 수 있는데, 신규 소비자가 기존 네트워크의 확장없이 확보될 수 있다면, 이는 소비자 밀도의 증대를 가져와 비효율을 감소시킬 수 있기 때문이다.

네트워크 효과를 고려한 제한적인 효율성 지표인 D_D 와 D_C 는 생산자적 측면에서 네트워크 특성으로 인해 발생하게 될 잠재적인 산출 손실을 의미한다. 생산자 k 의 집계 산출은 Y_k 이며, 산출 손실은 $Y_k \cdot (1/D_B(k) - 1/D_C(k))$ 로 표현된다. 이 추정값은 네트워크 효과로 인해 발생하게 될 손실을 계량화할 수 있도록 한다. <표 5>에 네트워크 효과에 따른 산출 손실을 나타내었다.

<표 5>에 따르면 시간에 따라 16개 분석 대상 기업의 평균적인 산출 손실은 10,012,000 m^3 에서 70,623,000 m^3 로 나타났다. 그러나 총 산출 증가가 손실 증대보다 빠르게 이루어져 총 산출에 대한 손실의 상대적인 비율이 점차 줄어들고 있음을 알 수 있다. 이는 효율성을 결정하는데 있어서 점차 네트워크 효과가 차지하는 비중이 감소하고 있음을 의미한다.

〈표 5〉 네트워크 효과에 따른 산출 손실

(1,000 m^3)

Year	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Firm 1	8756	3687	0	0	0	0	26818	48006
Firm 2	27494	13533	0	4660	25888	51798	64290	130437
Firm 3	15526	9881	29402	3697	45854	4132	0	0
Firm 4	10752	8895	14113	8114	17131	18575	4543	0
Firm 5	5860	12940	18337	19942	34945	32879	32407	21384
Firm 6	4201	0	21803	19579	39931	26525	0	21505
Firm 7	0	0	6563	0	0	0	0	0
Firm 8	19774	24572	52923	66917	85065	85677	130269	159760
Firm 9	23362	28690	53801	74610	143473	182689	214372	209370
Firm 10	13795	14860	29832	42517	57254	72681	57690	54456
Firm 11	4052	8955	18165	17921	29021	28292	42679	36803
Firm 12	9687	12045	22287	30938	41621	54111	46225	65357
Firm 13	2412	4592	10207	15055	23441	28231	29136	30128
Firm 14	4236	6100	10427	17700	15869	27910	23908	28934
Firm 15	5813	9721	38433	36021	118698	123398	182166	218578
Firm 16	4470	12479	38188	56603	74356	105098	101925	105251
평균	10011.9	10684.5	22780.1	25892.1	47034.2	52624.2	59776.7	70623.1
손실율(%)	84.5	53.1	63.2	44.6	53.9	42.4	35.0	31.1

주) 손실율은 16개 분석대상 도시가스회사의 총 산출에 대한 총 손실의 비율로 정의됨.

V. 결 론

본 연구에서는 네트워크 산업에서의 기술적 효율성을 추정하는 방법론을 제안하였으며, 제안된 방법론을 가스산업의 지역배분 사업에 실증 적용하였다. 이러한 네트워크 산업의 특성을 고려하기 위하여 네트워크 효과를 반영한 여러 가지 비모수 방법론을 이용한 효율성 측정 모형을 제시하였다. 주요한 네트워크 효과로 소비자 밀도(density)와 산출물 구성(composition)을 상정하고, 전통적인 기술적 효율성으로부터 이들 효과를 분할해 내었다. 효율성 요소분할 방식을 적용하여 기존의 전통적인 기술적 효율성을 기업의 경영 효율성으로 파악하기에는 심각한 오류가 있으며, 전통적인 기술적 효율성은 내부적인 경영 효율성 또는 기술적 효율성과 외생적인 네트워크 효과가 혼합되어 있음을 분석하였다.

전통적인 네트워크 산업인 가스산업을 실증 분석 대상으로 선정하고, 전통적인 기술적 효율성에서 네트워크 효과를 분할해 내고, 이의 시사점을 분석하였다. 실증분석 결과, 소비자 밀도 효과와 산출물 구성 효과가 효율성 지표에 상당한 영향을 미치고 있고, 이와 같은 네트워크 효과에 의한 비효율을 제거하고 난 후의 효율성이 상당 수준 개선되었음을 알 수 있었다. 네트워크 효과 중, 산출물 구성 효과보다는 소비자 밀도 효과가 기업 비효율성에 큰 영향을 미치고 있으며, 특히 분석기간의 후반부에 두 효과가 기업 비효율성에서 차지하는 비중이 감소하고는 있지만 밀도 효과의 영향은 두드러지는 것으로 분석되었다.

본 연구에 이어서 소비자 밀도나 산출물 구성 이외의 보다 다양한 외생 변수를 고려한 효율성 분석 연구가 이루어져야 할 것으로 판단되며, 기업의 산출물

가격이 서로 다른 경우의 효율성 분석에 대한 연구가 시도되어야 할 것으로 보인다. 또한 자본관련 자료 등을 추정함에 있어 엄밀성을 향상시켜야 할 것을 보여준다. 아울러 네트워크 산업에 있어서의 효율성 분석 방법론이 가스산업 이외의 다른 네트워크 산업에 실증 적용되어, 산업적 특성을 반영한 산업 규제 정책의 수립과 시행을 위한 올바른 정보를 제공할 필요가 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Aivazian, V. A., J. L. Callen, M. W. L. Chan, and D. C. Mountain, "Economies of scale vs technological change in the natural gas transmission industry", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 69, pp. 556-561, 1987.
- Banker, R. D. and R. C. Morey, "The use of categorical variables in data envelopment analysis", *Management Science*, Vol. 32, pp. 1613-1627, 1986.
- Braeutigam, R. R., A. F. Daughety, and M. A. Turnquist, "The estimation of a hybrid cost function for a railroad firm", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, pp. 80-87, 1982.
- Callen, J. L., "Production, efficiency and welfare in the natural gas transmission industry", *American Economic Review*, Vol. 68, pp. 311-323, 1978.
- Callen, J. L. and J. M. Thomas, "Cost differentials composition", *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. 19-34, 1992.
- Caves, D. W., L. R. Christensen, and M. W. Tretheway, "US Trunk Air Carrier, 1972-1977: A multilateral comparison of total factor productivity",

- Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press, 1981.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhode, "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444, 1978.
- Cowing, T. G. and R. E. Steveson, *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press, 1981.
- Fare, R., S. Grosskopf, and C. A. K. Lovell, *Production Frontiers*, Cambridge University Press, 1994.
- Fare, R., S. Grosskopf, S. Yaisawarng, S. K. Li, and Z. Wang, "Productivity growth in Illinois electric utilities", *Resources and Energy*, Vol. 12, pp. 383-398, 1990.
- Farrell, M. J. "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A., General, 120, Part 3, pp. 255-282, 1957.
- Forsund, F. R., "A comparison of parametric and non-parametric efficiency measures: The case of Norwegian ferries", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3, No. 2, pp. 25-43, 1992.
- Foster, C. D., *Privatization, public ownership and the regulation of natural monopoly*, Blackwell, 1992.
- Hjalmarsson, and A. Veiderpass, "Productivity in Swedish electricity retail distribution", *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 94, Supplement, pp. 193-205, 1992.
- Kim, T. Y. and J. D. Lee, "Cost analysis of gas distribution industry with spatial variables", *The Journal of Energy and Development*, Vol. 20, No. 2, pp. 247-267, 1996.
- Robert, M. J., "Economies of density and size in the production and delivery of electric power", *Land Economics*, Vol. 62, pp. 378-387, 1986.
- Weyman-Jones, T. G., "Productive efficiency in a regulated industry: The case of electricity boards of England and Wales", *Energy Economic*, pp. 116-122, 1991.

52 네트워크 효과를 고려한 천연가스산업의 기술적 효율성 분석

〈부록〉 효율성 분석 투입 자료: 지역배분사업의 현황

	총산출	가정용	비가정용	배관길이	노동투입	밀도	총매출	이윤
1987								
평균	11855.16	5696.96	6158.20	131.19	97.44	251.06	4951.50	-623.75
표준편차	10815.13	8170.44	6780.26	139.59	54.85	269.56	4091.03	926.12
최소값	1003.77	164.33	420.36	14.30	22.00	44.02	724.00	-2390.00
최대값	32012.08	28373.16	23882.00	587.53	183.00	1111.72	12151.00	1640.00
1988								
평균	20112.22	8790.37	11321.84	160.38	101.56	260.46	7103.19	-105.63
표준편차	17381.10	10638.03	11094.42	155.60	53.26	235.36	5363.38	754.91
최소값	1752.46	324.43	931.47	20.64	32.00	52.05	855.00	-1026.00
최대값	49806.49	36172.43	35059.46	670.05	184.00	856.97	17618.00	1688.00
1989								
평균	36035.02	14264.92	21770.10	200.07	107.94	263.66	11101.94	243.50
표준편차	33131.06	14222.15	23778.34	182.67	55.73	198.35	9211.32	789.07
최소값	2270.19	730.93	1161.06	29.28	33.00	50.24	1093.00	-745.00
최대값	98799.79	48177.75	84016.64	794.55	200.00	731.02	28107.00	2588.00
1990								
평균	58014.19	25963.23	32050.95	245.43	115.38	278.13	16928.81	772.94
표준편차	52459.31	25242.44	33978.39	210.02	61.83	170.93	14449.91	1322.15
최소값	3251.94	1449.50	1513.26	35.57	29.00	110.15	1444.00	-348.00
최대값	156587.42	86514.08	114276.54	904.33	210.00	591.00	45464.00	4592.00
1991								
평균	87197.43	45670.31	41527.12	294.68	123.75	300.78	24271.25	914.75
표준편차	78812.82	45505.75	40847.31	246.37	64.92	158.99	19675.23	1120.72
최소값	5440.28	3364.26	2076.02	43.67	30.00	135.16	2151.00	-187.00
최대값	237617.91	142101.94	133028.46	1040.02	229.00	677.94	68324.00	4570.00
1992								
평균	124216.55	73315.47	50901.08	356.17	132.19	345.29	34669.69	1181.75
표준편차	115696.95	72108.32	50521.40	291.89	70.49	160.68	28778.30	884.59
최소값	7229.13	4986.26	2220.61	48.01	25.00	153.79	2740.00	-9.00
최대값	366181.05	248977.28	142659.02	1183.44	242.00	763.89	104203.00	2778.00
1993								
평균	170909.84	105498.96	645410.89	443.95	138.13	352.92	53691.38	1817.63
표준편차	160699.15	99974.48	65759.59	384.07	76.03	137.38	51716.46	1338.33
최소값	10514.08	7700.09	2542.61	58.18	31.00	168.26	4133.00	-574.00
최대값	537082.87	351012.47	186070.40	1518.71	249.00	613.24	174460.00	3867.00
1994								
평균	227237.79	145871.75	81366.04	530.10	160.56	376.60	70201.44	2776.75
표준편차	224515.00	151188.35	80806.17	485.18	100.34	133.65	68287.03	1876.63
최소값	14398.63	10478.97	3273.80	60.44	30.00	199.88	5506.00	38.00
최대값	776336.22	561507.19	237618.82	1896.42	355.00	611.89	218433.00	5955.00