

論文2002-39TE-2-15

마이크로셀 설계를 위한 전파경로 해석 모델

(Analyze a Propagation Path Model for Planning a Cell in the Microcell)

金松旼 *

(Song-Min Kim)

요 약

본 논문에서는 전파경로를 구할 수 있는 모델을 제안하였다. 이 모델은 가시거리영역에서 마지막으로 이루어지는 반사위치를 입사각의 변화에 따라 다르게 구하였고 도심지역의 다양한 형태를 고려하기 위해 도로폭과 교차각을 각각 변화시켰다. 그 결과 전파경로는 교차각이 $15^\circ \sim 75^\circ$ 로 변화함에 따라 증가하였으며 기존모델 보다 대략 1[dB]~2[dB]정도 감쇄됨을 알 수 있었다.

Abstract

This paper suggested the model which could calculation propagation path. It was calculation in reflection spot which was done last in line of sight according to the change of angle of incidence. And road widths and intersection angles were to be changed to consider various types of urban area. As a result, propagation path increased when angles of an intersection changed to $15^\circ \sim 75^\circ$ and attenuated to roughly 1[dB] ~ 2[dB] than existed model.

Keyword : propagation path Model

I. 서 론

마이크로셀 설계시 전파환경 분석 중 우선적으로 고려되어야 할 사항은 가시거리 통신을 방해하는 요인들이다. 도심지역의 경우 이동통신 사용자의 대부분은 비가시거리 통신지역에 위치할 확률이 높다.^[1-3] 그러므로 고품질의 서비스를 유지하면서 경제적 손실을 줄일 수 있도록 기지국을 배치하기 위해서는 셀 설계 시 목표로 하는 서비스 반경을 정확히 산출하여야한다.^[4, 7]

그 동안 전파경로를 구하기 위해 제안되었던 모델들

은 가시거리영역에서 이루어지는 최종 반사점의 위치가 도로폭이나 교차각 그리고 전파의 입사각과는 무관하게 동일한 지점에서 이루어진다. 그 이유는 도로 양측 건물벽을 무한히 긴 도파관과 같다고 가정하였기 때문이다.^[8-10]

그러나 실제적으로 전파가 비가시거리영역으로 입사하기 위해서는 교차로영역을 통과해야 하므로 반사가 이루어지는 위치가 전파의 입사각에 따라 변해야 가능하다.

이에 본 논문에서는 교차로영역에서 발생하는 전파경로 오차를 줄일 수 있고, 교차각을 변화시켜 다양한 교차로 형태를 고려함은 물론 도로폭에 따라 변화하는 전파경로를 구할 수 있는 모델을 제안하고, 기존 모델^[4] 과 비교하여 그 개선 정도를 구하였다.

* 正會員, 益山大學 電子情報科

(Dept. of Electronic & Information Iksan College.)

接受日字:2002年1月24日, 수정완료일:2002年6月11日

II. 전파경로 해석을 위한 모델 제안

도심지역에서 교차각이 전파경로 계산에 미치는 영향을 알아보기 위해 전파경로해석 모델을 그림 1과 같이 가정하였다.

그림 1에서와 같이 전파는 양측 건물 벽면에 입사와 반사를 반복하면서 도로를 따라 진행하다 도로와 임의의 교차각으로 기울어진 비가시거리영역으로 입사하게 된다.

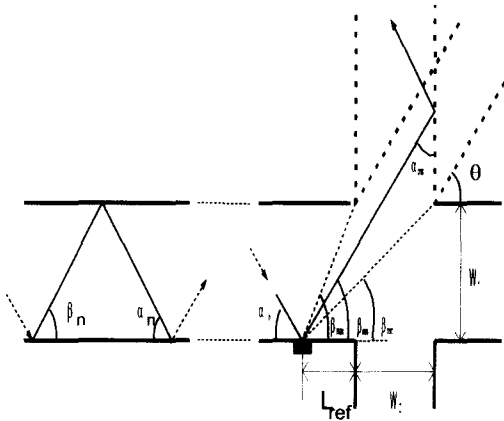


그림 1. 전파경로 해석 모델
Fig. 1. Model of propagation path.

표 1. 도로폭 변화에 따른 최종 반사점
Table 1. The last reflection point by road widths.

		L_{ref}			
W_1		10[m]	20[m]	30[m]	40[m]
α_n					
5		114.3	228.6	343	457.2
10		56.7	113.5	170.2	226.9
15		37.3	74.7	112	149.3
20		27.5	55	82.4	109.9
25		21.5	42.9	64.4	85.8
30		17.3	34.7	51.7	69.3
35		14.3	28.5	42.9	57.2
40		11.9	23.9	35.8	47.7
45		10	20	30	40
50		8.4	16.8	25.2	33.6
55		7	14	21	28
60		5.8	11.5	17	23
65		4.7	9.4	14	18.7
70		3.7	7.3	10.5	14.5
75		2.7	5.4	8	10.5
80		1.8	3.5	5.3	7
85		0.9	1.8	2.6	3.5

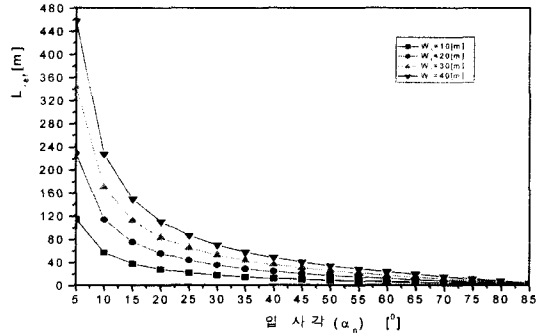


그림 2. 입사각에 따른 최종 반사점
Fig. 2. The last reflection point by incidence angles.

여기서 입사각 α_n , 반사각 β_n , 교차각 θ ,
가시거리영역도로폭 W_1 ,
비가시거리영역도로폭 W_2

1. 가시거리영역 최종 반사점 위치계산
가시거리영역에서 마지막으로 이루어지는 반사파의 위치는 반사각에 따라 식 (1)과 같이 결정된다.

$$L_{ref} = \frac{W_1}{\sin \alpha_n} \times \cos \alpha_n \quad (1)$$

표 1, 그림 2는 가시거리 영역의 도로폭 변화에 따라 다르게 이루어지는 최종 반사점을 구한 결과이다.

2. 가시거리영역 최종 반사각 계산
비가시거리영역으로 입사되는 전파의 각과 파수는 가시거리영역에서의 최종 반사점의 위치와 도로폭에 따라 결정된다.

가시거리영역에서 이루어지는 최종 반사각의 최대, 최소 값은 식 (2), 식 (3)과 같다.

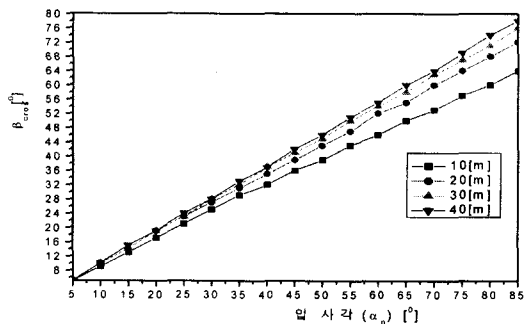


그림 3. 입사각에 따른 최적 반사각
Fig. 3. The optimum of reflection angles by incidence angles.

$$\beta_{max} = \tan^{-1} \frac{W_1}{L_{ref}} \quad (2)$$

$$\beta_{min} = \tan^{-1} \frac{W_1}{L_{ref} + W_2} \quad (3)$$

그림 3은 반사점 위치에 따른 최적 반사각(β_{cros})을 구한 결과이다. 최적 반사각은 식 (2)와 식 (3)의 사이 값을 가져야 한다.

3. 교차로에서 전파경로 계산

그림 4는 가시거리영역에서 비가시거리 영역으로 바뀌게 되는 교차로영역에서 전파경로 계산을 위한 모델이다.

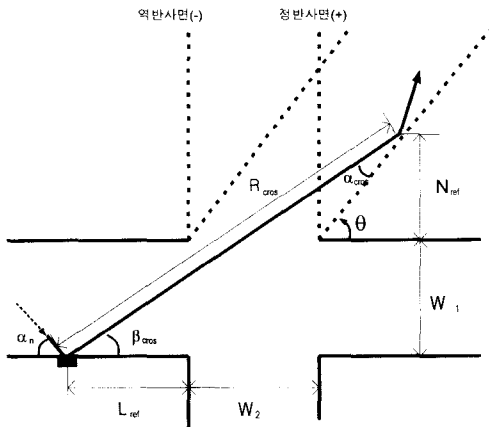


그림 4. 교차로 전파경로 모델
Fig. 4. Propagation path model of an intersection.

그림 4 에서와 같이 비가시거리영역으로의 입사각은 가시거리영역에서 마지막으로 이루어지는 반사각에 의해 식 (4)와 같이 결정된다.

$$\alpha_{cros} = \theta - \beta_{cros} \quad (4)$$

여기서 교차각은 $0 \leq \theta \leq \pi/2$

식 (4)의 결과 값이 + 이면 정반사면으로 입사하는 경우이고, - 이면 역반사면으로 입사되는 경우이다.

비가시거리영역에서 최초로 이루어지는 반사점은 식 (5)와 같다.

$$N_{ref} = \left[\frac{\cos^2(90 - \theta)}{\sin(90 - \theta)} W_2 \right] \times \sin \theta \quad (5)$$

표 2, 그림 5는 비가시거리 영역의 도로폭 변화에 따라 다르게 이루어지는 최초 반사점을 구한 결과이다.

표 2. 도로폭에 따른 최초 반사점

Table 2. The first reflection point by road widths.

		N _{ref}			
		10[m]	20[m]	30[m]	40[m]
θ	W ₂				
	15	0.2	0.4	0.5	0.7
30	1.4	2.9	4.3	5.8	
45	5	10	15	20	
60	13	26	39	52	
75	34.8	69.6	104.5	39.3	
90	0.0	0.0	0.0	0.0	

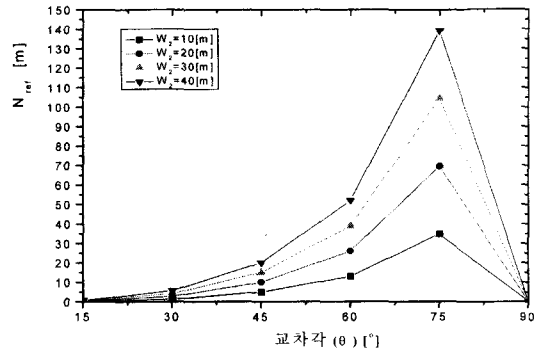


그림 5. 교차각에 따른 최초 반사점
Fig. 5. The first reflection point by angles of an intersection.

그러므로 교차로영역에서의 전파경로는 식 (6)과 같다.

$$R_{cros} = \frac{N_{ref} + W_1}{\sin \alpha_{cros}} \quad (6)$$

III. 시뮬레이션 및 검토

교차로영역에서 전파경로 계산을 위해 그림 4와 같이 가정하였고, 교차각은 15°~90°까지 15° 간격으로 변화시키고, 전파의 입사각과 반사각을 5°~85°까지 5° 간격으로 변화시키고, 도로폭은 각각 10[m]~40[m]까지 10[m] 간격으로 변화시키면서 시뮬레이션한 사양은 표 3과 같다.

표 3. 시뮬레이션 사양
Table 3. Simulation specifications.

전파경로 모델	그림 4
주파수	1.8 [GHz]
송신전력	250 [mW], (CH 당 최대 전력)
송수신 안테나 높이 차	0, ($h_t = h_r$)
교차각	15° ~ 90°
입사각, 반사각	5° ~ 85°
도로 폭	10 [m] ~ 40 [m]
비유전율	25

1. 제안 모델의 전파경로

가시거리영역에서 이루어지는 반사파의 각에 따라 최종 반사가 이루어지는 위치가 달라지며 이는 전파경로 변화에 영향을 준다.

도심지역의 다양한 교차로 형태를 고려하기 위해 교차각을 변화시키면서 도로폭 변화에 따라 변화하는 전파경로를 구한 결과는 그림 6, 그림 7, 그림 8, 그림 9 와 같다.

그림 6, 그림 7, 그림 8, 그림 9에서와 같이 전파경로는 도로폭이 넓어질수록 길어지고, 도로폭과는 무관하게 가시거리영역의 입사각은 작을 수록 길어지며 교차각이 75° 가장 길어지고, 90° 일 때 가장 짧아짐을 알 수 있었다.

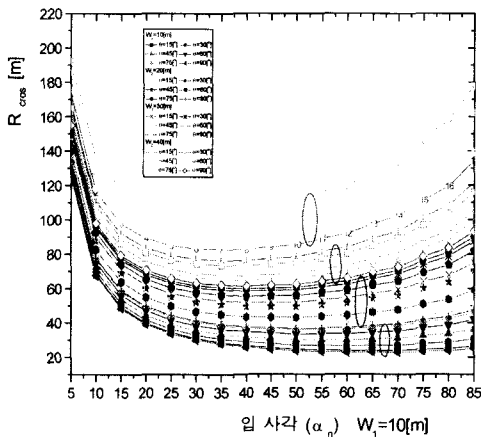


그림 6. 사각에 따른 교차로의 전파경로 [10m]
Fig. 6. Propagation path at the intersection by incidence angles [10m].

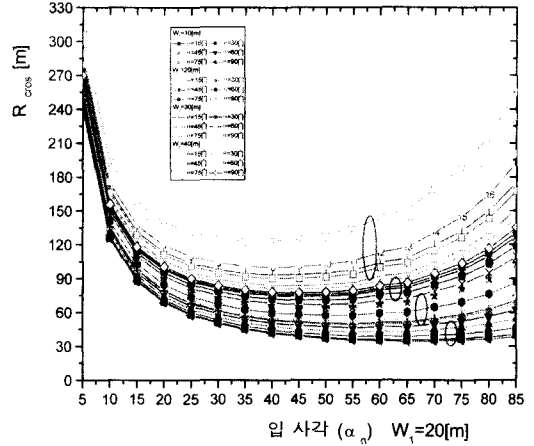


그림 7. 입사각에 따른 교차로의 전파경로 [20m]
Fig. 7. Propagation path at the intersection by incidence angles [20m].

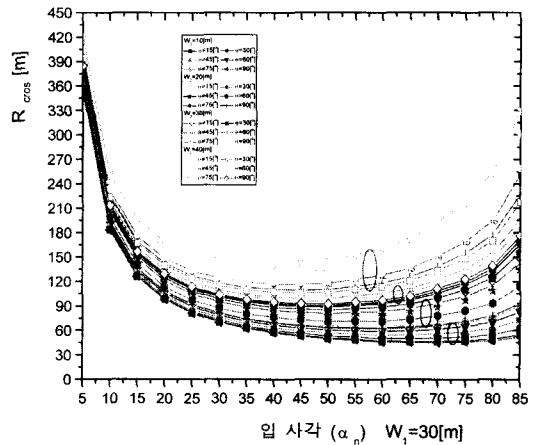


그림 8. 입사각에 따른 교차로의 전파경로 [30m]
Fig. 8. Propagation path at the intersection by incidence angles [30m].

또한 가시거리영역에서 전파의 입사각이 5° 일 때 도로폭이나 교차각에 상관없이 전파경로가 가장 길었다.

전파경로가 최소가 되는 입사각을 가시거리영역의 도로폭을 기준으로 살펴보면 다음과 같다.

도로폭 10[m]인 경우 입사각은 60° ~ 70°, 20[m]인 경우 입사각은 45° ~ 60°, 30[m]인 경우 입사각은 4° ~ 60°, 40[m]인 경우 입사각은 35° ~ 55°였다.

전파경로 길이가 짧아지는 경우 도로폭이 좁아지면 입사각은 커졌으며, 도로폭이 넓어지면 입사각은 줄어들었다.

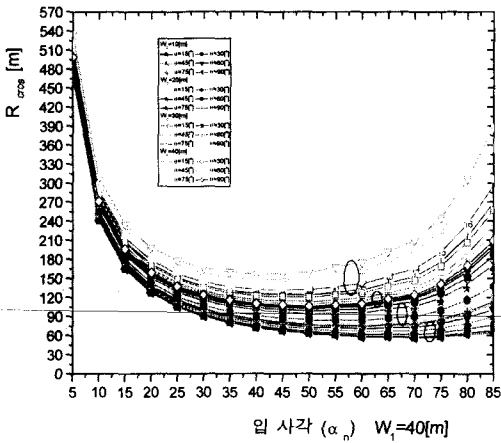


그림 9. 입사각에 따른 교차로의 전파경로 [40m]
Fig. 9. Propagation path at the intersection by incidence angles [40m].

2. 전파경로 차 비교

도로폭 변화에 따른 두 모델의 전파경로차를 최대, 최소 그리고 평균값을 구한 결과는 다음 표와 같다.

표 4는 가시거리영역 도로폭이 10[m]인 경우 두 모

표 4. 전파경로 차 비교 [10m]

Table 4. Comparison of propagation paths difference [10m].

θ	$W_1=10[m], W_2=10[m]$						$W_2=20[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	10.6	12.5	15.1	17.5	19.4	10	21.4	25.1	30.1	35.1	38.8	20.1
최대	16.4	20.5	26.2	31.9	36.1	14.8	40.7	49	60.5	71.9	80.2	37.6
평균	13	16	21	25	28	16	28	33	41	49	55	30

θ	$W_2=30[m]$						$W_2=40[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	32.1	37.6	45.2	52.7	58.2	30.1	42.8	50.2	60.2	70.3	77.6	40.2
최대	65	77.6	94.7	111.8	124.3	60.5	89.4	106.1	128.9	151.7	168.4	83.3
평균	42	51	62	73	81	44	57	68	82	97	108	57

표 5. 전파경로 차 비교 [20m]

Table 5. Comparison of propagation paths difference [20m]

θ	$W_1=20[m], W_2=10[m]$						$W_2=20[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	10.7	12.5	15.1	17.6	19.4	10	21.4	25.1	30.1	35.1	38.8	20.1
최대	20.3	26.2	34.3	42.4	48.3	18.1	54.8	66.7	82.8	99	110.9	50.5
평균	14	17	22	27	31	17	30	37	45	54	61	32

θ	$W_2=30[m]$						$W_2=40[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	32.1	37.6	45.2	52.7	58.2	30.1	42.8	50.2	60.2	70.3	77.6	40.2
최대	89.3	107.1	131.4	155.6	173.4	82.8	123.9	147.6	179.9	212.3	236	115.2
평균	47	56	69	81	91	48	63	75	92	108	121	63

델의 전파경로 차를 구한 결과이다.

표 5는 가시거리영역 도로폭이 20[m]인 경우 두 모델의 전파경로 차를 구한 결과이다.

표 6은 가시거리영역 도로폭이 30[m]인 경우 두 모델의 전파경로 차를 구한 결과이다.

표 6. 전파경로 차 비교 [30m]

Table 6. Comparison of propagation paths difference [30m].

θ	$W_1=30[m], W_2=10[m]$						$W_2=20[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	10.8	12.6	15.2	17.7	19.5	10.1	21.5	25.2	30.2	35.2	38.9	20.2
최대	24.7	32.3	42.6	53	60.5	22	68.8	84	104.6	125.3	140.4	63.3
평균	14	18	23	28	32	17	32	39	48	58	65	34

θ	$W_2=30[m]$						$W_2=40[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	32.2	37.7	45.3	52.8	58.3	30.2	42.9	50.3	60.3	70.4	77.7	40.3
최대	112.9	135.6	166.6	197.6	220.3	104.6	157.1	187.3	228.6	270	300.2	146
평균	50	60	74	87	97	51	68	81	99	116	130	68

표 7. 전파경로 차 비교 [40m]

Table 7. Comparison of propagation paths difference [40m]

θ	$W_1=40[m], W_2=10[m]$						$W_2=20[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	10.7	12.5	15.1	17.6	19.4	10	21.4	25.1	30.1	35.1	38.8	20.1
최대	28	36.8	48.8	60.9	69.7	24.8	79.3	96.9	121	145	162.2	72.9
평균	15	19	24	29	34	18	34	41	51	61	68	36

θ	$W_2=30[m]$						$W_2=40[m]$					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
최소	32.1	37.6	45.2	52.7	58.2	30.1	42.8	50.2	60.2	70.3	77.6	40.2
최대	130.6	157	193.1	229.2	255.6	121	182	217.2	265.3	313.4	348.6	169.1
평균	53	64	78	92	103	54	72	86	105	123	137	72

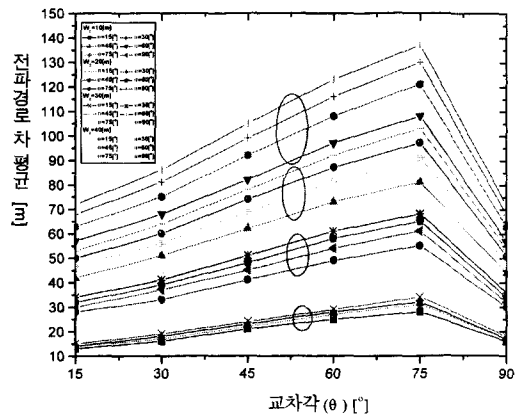


그림 10. 교차각에 따른 전파경로 평균거리
Fig. 10. The mean distance of propagation paths by angles of an intersection.

표 7은 가시거리영역 도로폭이 40[m]인 경우 두 모델의 전파경로 차를 구한 결과이다.

두 모델의 전파경로 차를 비교한 결과 제안 모델의 경우 전파의 입사각 변화에 따라 최종 반사점 위치를 변화시켰기 때문에 전파경로가 더 길었다.

그림 10은 교차각 변화에 따른 전파경로 차의 평균을 구한 결과이다.

그림 10에서와 같이 전파경로 차는 교차로의 교차각이 75°일 때 가장 컸고, 90°일 때 가장 적었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 교차로영역에서 발생하는 전파경로 오차를 줄일 수 있고, 교차각을 변화시켜 다양한 교차로 형태를 고려함은 물론 도로폭에 따라 변화하는 전파경로를 구할 수 있었다.

그 결과 전파경로는 교차각이 15°~75°로 변화함에 따라 증가하였으며 기존모델 보다 대략 1[dB]~2[dB]정도 감쇄됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Shahram Hassanzadeh, Homayoun Hashemi, "A Propagation Model for Microcellular Mobile and Personal Radio Communications", in Proc. IEEE, pp. 392-396, 1995.
- [2] Grey Lampard, Tuong Vu-Dinh, "The Effect of Terrain on Radio in Urban Microcells", in Proc. IEEE, pp.314-317, 1993.
- [3] 박형식, "도시권 및 전파시설 주변의 전파환경 측정 분석", (공학석사학위논문, 서울시립대학교대학원, 1999년)
- [4] 김송민, "PCS 시스템 셀설계를 위한 전파 예측 모델", 전자공학회논문지 제35권 3호, pp. 103-112, 1998.12.
- [5] Q.X.Wei, K.Gong, B.X.Gao, "Ray-Tracing Models and Techniques for Coverage Prediction in Urban Environments", SOURCE Proceedings of the 1999 ASIA Pacific Microwave conference Volume 3, IEEE, pp.614-617, 1999.
- [6] 이영대, "GTD를 이용한 전파 전송 예측 모델에 관한 연구", (공학석사학위논문, 서울대학교대학원, 1998년)
- [7] 장광록, 김효태, "전파송출법의 계산효율 개선에 관한 연구", TELECOMMUNICATION REVIEW, 제6권, 제3호, pp. 698-714, 1996.
- [8] S. Y. Tan and H. S. Tan, "A microcellular communications propagation model based on the uniform theory of diffraction and multiple image theory," IEEE Trans., Antennas Propagat., vol.44, pp. 1317-1326, Oct. 1996.
- [9] K. R. Schaubach, N. J. Davis, IV, and T.S. Rappaport, "A ray tracing method for predicting path loss and delay spread in microcellular environments", in 42nd IEEE Veh. Technol. Conf., Denver, CO, May.10-13, 1992, vol. 2, pp. 932-935.
- [10] M. C. Lawton and J. P. McGeehan, "The applications of a deterministic ray launching algorithm for the prediction of radio channel characteristics in small-cell environments", IEEE Trans. Veh. Technol., vol.43, pp.555-969, Nov.1994.

저 자 소 개

金松旻(正會員) 第35卷 TE編 第3號 參照