

# 빔폭에 의한 이동통신의 셀 섹터화 방식 비교

최동유\* · 이상덕\* · 김영배\* · 한승조\*

\*조선대학교

Comparison of Cell Sectorization of Mobile Communications with Beam Width

Dong-you Choi\* · Sang-duck Lee\* · Young-bae Kim\* · Seung-jo Han\*

\*Chosun University

E-mail : dychoi@chosun.ac.kr

## 요 약

일반적으로 CDMA 이동통신 시스템에서 효율적인 무선자원의 운영을 위해서는 일정 영역 내에서 무선자원의 재사용율을 높여야 하며, 이를 위해서는 동일 무선채널간의 신호간섭을 최소화해야 한다. 따라서 본 논문에서는 신호간섭을 최소화하고 경제적인 망구축과 주파수 이용 효율 증대를 위한 방안으로써 실질적으로 현장에 바로 적용 가능한 다양한 셀 섹터화(3섹터, 4섹터) 방식에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 RSSI,  $E_c/I_o$ ,  $E_b/N_o$ , 3-way 핸드오프의 시뮬레이션 결과를 비교 및 분석함으로써 그 활용가능성을 확인하였다.

## ABSTRACT

Generally, the rate of reuse should be increased within the certain area for efficient operation of radio resources in a CDMA mobile communication system, and then signal interference between the same radio channels should be minimized.

For this reason, this study conducted a simulation of cell sectorization methods(3 and 4 sectors) as a practical and immediately applicable method to the field to minimize signal interference, to construct an economical network, and to increase the efficiency of frequency use. Also, by analyzing RSSI,  $E_c/I_o$ ,  $E_b/N_o$ , and 3-way handoff which were simulation results, their possibility of use was identified.

## 키워드

CDMA, 셀, 섹터, RSSI,  $E_c/I_o$ ,  $E_b/N_o$ , 3-way 핸드오프

## I. 서 론

효율적인 무선자원의 운영을 위해서는 일정 영역 내에서 무선자원의 재사용율을 높여야 하며, 이를 위해서는 동일 무선채널간의 신호간섭을 최소화해야 한다. 그동안 채널간 신호간섭을 최소화하기 위해 섹터화된 셀의 운영과 안테나 빔 폭 변화, 틸팅 그리고 스마트 안테나기법 등이 연구되어 왔다<sup>[1-2]</sup>.

본 논문에서는 기존의 3섹터 셀 방식<sup>[3]</sup>을 변형한 4섹터 셀 방식을 제시하고, 시뮬레이션을 통하여 기존 방식과 비교·검토함으로써 그 실용성과 타당성을 검증하고자 한다.

## II. 셀 영역의 섹터화

### 1. 3섹터 셀 방식

일반적으로 셀 영역의 섹터화는 기지국을 중심으로  $90^\circ \sim 120^\circ$ 의 넓은 빔폭 안테나를 사용하여 셀 영역을 3개 영역으로 나누는 3섹터 방식이 주로 사용되었다. 이러한 3섹터 방식은 모든 기지국의 섹터 주빔 방향이 동일하게 맞춰야만 했다. 첫 번째 섹터는  $\alpha$ 섹터라 하고, 기지국을 중심으로 정북에서 시계방향으로  $34^\circ$  지점이 주빔 방향이 되도록 하여  $120^\circ$  범위의 섹터를 구성하고, 동일한 방법으로  $\alpha$ 섹터를 기준하여  $\beta$ 와  $\gamma$ 섹터도  $120^\circ$  간격으로 섹터를 설정한다.

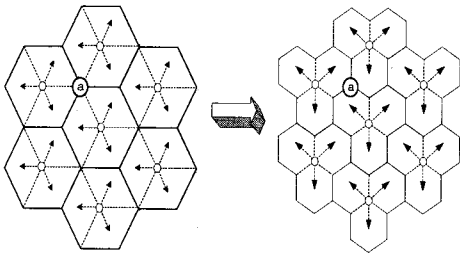


그림 1. 3섹터 셀 방식의 셀 분할

2. 4섹터 셀 방식

4섹터 셀 방식은 기지국을 중심으로 60° ~ 90°의 좁은 빔폭 안테나를 사용하여 셀 영역을 4개 영역으로 나누는 방식이다.

그림 2에서 일반적으로 A지점은 B지점보다 기지국으로부터 멀리 떨어져 있기 때문에 경로손실이 약 6dB정도 크게 나타나지만, 지향성 안테나를 사용하여 A지점의 이득을 높여줌으로써 A지점과 B지점의 신호세기는 거의 비슷할 뿐만 아니라 섹터 가장자리의 커버리지 문제를 해결할 수 있다<sup>[7]</sup>. 그림 2의 점선은 신호세기가 비슷한 영역을 표시한 것이다.

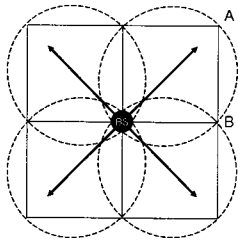


그림 2. 4섹터 셀 방식의 셀 분할(BS: 기지국)

III. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제시한 방법을 토대로 무선환경 예측장비인 CellPLAN을 이용하여 3섹터 방식과 4섹터 방식을 시뮬레이션 함으로써 셀 특성을 예측하였다. 시뮬레이션 예측 조건은 개활지(suburban)에서 19개 기지국을 3km 간격으로 배치하였고, 전파 예측모델로는 HATA-OKUMURA<sup>[8-9]</sup> 모델을 사용하였다. 또한 기지국 당 총 출력은 9.33W, 오버헤드 출력은 3W로 하였고, 통화량은 섹터당 10어량으로 균일하게 적용하였다. 그리고 3섹터 방식의 안테나 빔폭은 현장에서 가장 일반적으로 많이 사용하는 90°로 하였고, 4섹터 방식의 안테나 빔폭은 60°와 90°를 각각 적용하였다.

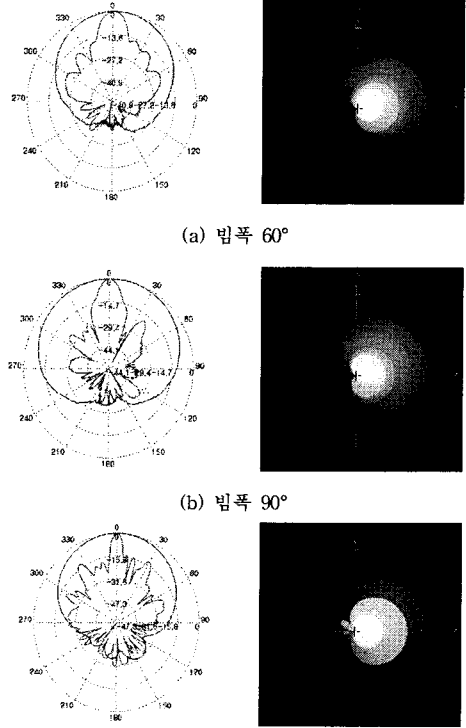


그림 3. 안테나 빔폭에 따른 방사패턴

표 1. 시뮬레이션 조건

장소	전북 김제
철탑 높이	18m
안테나 선로 손실	4dB
평균 경로 손실	-103dB
평균 페이딩 마진	8dB
파이롯 채널 전력	2W
동기 채널 전력	0.25W
페이징 채널 전력	0.75W
트래픽 채널 전력	0.01W

표 2. 순방향 채널 D/G 조건

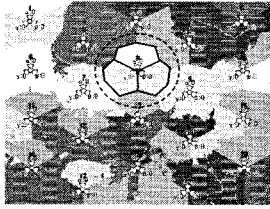
순방향 채널	D/G	
파이롯 채널	108	
동기 채널	34	
페이징 채널	65	
트래픽 채널	최대	80
	중간	50
	최소	30

표 3. 핸드오프 조건

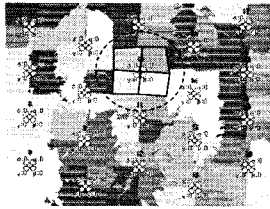
T_ADD	-14dB
T_DROP	-16dB
T_COMP	2.5dB
T_TDROP	1초

1. 셀 패턴 비교

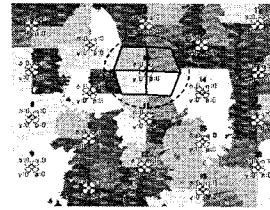
3섹터와 4섹터 방식의 셀 패턴의 예측 결과는 그림 4와 같다.



(a) 3섹터 (빔폭 90°)



(b) 4섹터 (빔폭 60°)



(c) 4섹터 (빔폭 90°)

그림 4. 섹터 방식에 따른 셀 패턴도

3섹터(빔폭 90°) 방식은 3개의 육각형 모양이 모여서 하나의 셀 패턴을 형성하였으며, 4섹터(빔폭 60°) 방식은 4개의 사각형 모양이 모여서 하나의 셀 패턴을 형성하였고, 4섹터(빔폭 90°) 방식은 단위 섹터당 넓어진 빔폭에 의해 4개의 사다리꼴 모양이 모여서 하나의 셀 패턴을 형성할 것으로 예측되었다.

2. RSSi 비교

기지국의 통화용량 산출과 채널별 송신출력은 주로 RSSi(Received Signal Strength Indicator)라고 하는 수신전력에 의하여 결정된다. 즉, 무통화시 기지국 수신잡음에 대한 통화량 증가에 따른 모든 이동국으로부터 수신한 전력의 변화를 의미하며, 통화용량 및 채널별 송신출력의 분석이 가능하다. 일반적으로, 통화량이 증가함에 따라 실

질적인 기지국 RSSi는 비선형적으로 증가하게 된다.

표 4. 섹터 방식에 따른 RSSi 분포

[%]

구간	3섹터 (빔폭 90°)		4섹터 (빔폭 60°)		4섹터 (빔폭 90°)	
	분포	누계	분포	누계	분포	누계
-40dBm 이상	0.01	<b>0.01</b>	0.02	<b>0.02</b>	0.01	<b>0.01</b>
-50dBm 이상	0.05	<b>0.06</b>	0.19	<b>0.21</b>	0.09	<b>0.10</b>
-60dBm 이상	1.35	<b>1.41</b>	1.39	<b>1.60</b>	1.65	<b>1.75</b>
-70dBm 이상	4.64	<b>6.05</b>	4.52	<b>6.12</b>	5.50	<b>7.26</b>
-75dBm 이상	5.56	<b>11.60</b>	5.47	<b>11.59</b>	6.84	<b>14.10</b>
-80dBm 이상	10.07	<b>21.67</b>	10.42	<b>22.01</b>	12.86	<b>26.96</b>
-85dBm 이상	23.62	<b>45.29</b>	23.70	<b>45.71</b>	27.04	<b>54.00</b>
-90dBm 이상	19.85	<b>65.15</b>	20.44	<b>66.14</b>	17.51	<b>71.51</b>
-95dBm 이상	15.65	<b>80.80</b>	14.67	<b>80.81</b>	13.17	<b>84.69</b>
-100dBm 이상	11.01	<b>91.81</b>	9.75	<b>90.56</b>	8.78	<b>93.46</b>
-105dBm 이상	8.07	<b>99.88</b>	9.36	<b>99.92</b>	6.43	<b>99.90</b>

시뮬레이션 결과, 서비스 가능 수신전력을 -95 dBm으로 기준할 때 RSSi의 누적 분포는 3섹터(빔폭 90°) 방식은 80.80%, 4섹터(빔폭 60°) 방식은 80.81%, 4섹터(빔폭 90°) 방식은 84.69%로 예측되었다. 따라서 4섹터(빔폭 90°) 방식이 가장 양호한 수신전력 분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으며 3섹터(빔폭 90°) 방식과 4섹터(빔폭 60°) 방식은 전반적으로 비슷한 분포 특성을 보여주고 있다.

3. 파이롯 채널의 E<sub>c</sub>/I<sub>0</sub> 비교

파이롯 채널의 E<sub>c</sub>/I<sub>0</sub>는 측정된 칩(chip) 에너지와 다른 간섭 신호의 비율로서 실제 파이롯 채널의 신호세기를 의미한다.

파이롯 채널의 E<sub>c</sub>/I<sub>0</sub>는 동기설정과 통화영역 결정시 중요한 역할을 한다. 그러므로 파이롯 채널의 E<sub>c</sub>/I<sub>0</sub>의 세기가 충분하지 못한 경우 통화로를 형성할 수 없다.

표 5. 섹터 방식에 따른 E<sub>c</sub>/I<sub>0</sub> 분포

[%]

구간	3섹터 (빔폭 90°)		4섹터 (빔폭 60°)		4섹터 (빔폭 90°)		
	분포	누계	분포	누계	분포	누계	
양호	-3dB 이상	42.79	<b>42.79</b>	43.48	<b>43.48</b>	22.85	<b>22.85</b>
	-4dB 이상	21.47	<b>64.27</b>	21.01	<b>64.49</b>	29.13	<b>51.98</b>
	-5dB 이상	16.67	<b>80.93</b>	16.75	<b>81.23</b>	23.93	<b>75.91</b>
	-6dB 이상	10.03	<b>90.96</b>	9.31	<b>90.55</b>	12.72	<b>88.63</b>
	-7dB 이상	4.13	<b>95.09</b>	3.67	<b>94.22</b>	5.75	<b>94.38</b>
	-8dB 이상	1.15	<b>96.25</b>	1.24	<b>95.46</b>	1.90	<b>96.28</b>
	-9dB 이상	0.53	<b>96.78</b>	0.64	<b>96.10</b>	0.74	<b>97.01</b>
불량	-10dB 이상	0.42	<b>97.20</b>	0.48	<b>96.58</b>	0.44	<b>97.46</b>
	-11dB 이상	0.46	<b>97.66</b>	0.47	<b>97.05</b>	0.41	<b>97.87</b>
	-12dB 이상	0.31	<b>97.97</b>	0.36	<b>97.40</b>	0.34	<b>98.20</b>
	-13dB 이상	0.27	<b>98.24</b>	0.33	<b>97.73</b>	0.29	<b>98.49</b>
불통	-14dB 이상	0.21	<b>98.46</b>	0.23	<b>97.96</b>	0.20	<b>98.69</b>
	-15dB 이상	0.18	<b>98.63</b>	0.17	<b>98.13</b>	0.17	<b>98.86</b>
	-16dB 이상	0.11	<b>98.75</b>	0.23	<b>98.36</b>	0.14	<b>98.99</b>
	-17dB 이상	0.12	<b>98.86</b>	0.17	<b>98.54</b>	0.11	<b>99.11</b>
-17dB 이하	1.06	<b>99.92</b>	1.34	<b>99.87</b>	0.85	<b>99.95</b>	

일반적으로 파이롯 채널의  $E_c/I_o$  분석 기준은 양호( $-10\text{dB} \leq E_c/I_o$ ), 불량( $-14\text{dB} \leq E_c/I_o < -10\text{dB}$ ), 불통( $E_c/I_o < -14\text{dB}$ )으로 분류한다.

시뮬레이션 결과, 세 방식 모두 비슷한 분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으며, 그 가운데 4섹터(빔폭 90°) 방식이 가장 양호한 분포 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

4. 트래픽 채널의  $E_b/N_t$  비교

트래픽 채널의  $E_b/N_t$ 는 측정된 비트 에너지와 다른 셀들의 간섭신호 총 합과의 비율로서 BER(Bit Error Rate)과 직접 연관이 있으며 통화 음질과도 상관관계가 매우 높다.

표 6. 섹터 방식에 따른  $E_b/N_t$  분포 [%]

구간	셀 방식	3섹터 (빔폭 90°)		4섹터 (빔폭 60°)		4섹터 (빔폭 90°)	
		분포	누계	분포	누계	분포	누계
8dB 이상	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
7dB 이상	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
6dB 이상	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
5dB 이상	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
4dB 이상	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
3dB 이상	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
2dB 이상	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
1dB 이상	5.05	<b>5.05</b>	5.13	<b>5.13</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
0dB 이상	17.00	<b>22.06</b>	18.81	<b>23.93</b>	0.00	<b>0.00</b>	0.00
-1dB 이상	14.46	<b>36.52</b>	13.61	<b>37.54</b>	15.12	<b>15.12</b>	15.12
-2dB 이상	12.00	<b>48.52</b>	11.31	<b>48.86</b>	14.37	<b>29.49</b>	29.49
-3dB 이상	10.99	<b>59.51</b>	10.72	<b>59.58</b>	14.97	<b>44.46</b>	44.46
-4dB 이상	10.21	<b>68.72</b>	10.34	<b>69.92</b>	15.68	<b>60.14</b>	60.14
-5dB 이상	10.26	<b>79.97</b>	10.32	<b>80.24</b>	14.43	<b>74.57</b>	74.57
-6dB 이상	7.94	<b>87.92</b>	7.60	<b>87.85</b>	10.08	<b>84.65</b>	84.65
-6dB 이하	12.02	<b>99.93</b>	12.08	<b>99.93</b>	15.24	<b>99.89</b>	99.89

시뮬레이션 결과, 3섹터(빔폭 90°)와 4섹터(빔폭 60°) 방식은 대체로 비슷한 분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으나, 4섹터(빔폭 90°) 방식의 경우 단위 섹터당 넓은 빔폭 안테나를 사용함으로써 인접 기지국간 신호가 중첩되는 지역(그림 6(c)에서 음영지역)이 타 방식에 비하여 다소 증가할 것으로 예측되었다.

5. 3-way 핸드오프 비교

핸드오프는 아날로그 방식보다 CDMA 방식에서 훨씬 중요한 요소가 된다. 통화품질에 직접적인 영향을 미치는 아날로그 방식과는 달리 CDMA 방식의 경우는 시스템 용량에 직접적인 영향을 미친다. 즉, 기지국과 통화하고 있는 임의의 단말기 전계강도가 약해지면 기지국과 단말기 모두 강한 신호를 필요로 하게 되므로 전체적으로 서비스 가능 용량이 줄어들게 된다.

시뮬레이션 결과, 3섹터(빔폭 90°)와 4섹터(빔폭 60°) 방식의 경우 핸드오프 영역은 전체 서비스 가능 영역 중 약 80% 정도의 지역에서 통화시 2~3개의 기지국과 핸드오프를 수행하고 대체로

비슷한 분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으며 요구되어지는 전체 통화 채널의 수도 비슷할 것으로 예상된다.

표 7. 섹터 방식에 따른 3-way 핸드오프 분포 [%]

구간	셀 방식	3섹터 (빔폭 90°)		4섹터 (빔폭 60°)		4섹터 (빔폭 90°)	
		분포	누계	분포	누계	분포	누계
None (1-way)	19.55	<b>19.55</b>	20.00	<b>20.00</b>	0.75	<b>0.75</b>	0.75
Softer (2-way)	31.83	<b>51.38</b>	32.28	<b>52.28</b>	53.73	<b>54.49</b>	54.49
soft (2-way)	6.29	<b>57.67</b>	12.57	<b>64.85</b>	0.10	<b>54.59</b>	54.59
softer-soft (3-way)	31.96	<b>89.63</b>	21.94	<b>86.79</b>	39.53	<b>94.12</b>	94.12
soft-soft (3-way)	9.33	<b>98.96</b>	11.72	<b>98.50</b>	4.85	<b>98.96</b>	98.96

그러나, 4섹터(빔폭 90°) 방식의 경우 타 방식에 비해 단위 섹터당 넓은 빔폭 안테나를 사용함으로써 핸드오프 영역이 증가하여 전체 서비스 가능 영역 중 약 99% 정도의 지역에서 통화시 2~3개의 기지국과 핸드오프를 수행할 것으로 예상된다.

일반적으로 소프트(soft) 핸드오프는 이동국이 한개의 주파수 H/W로 구성되어 있기 때문에 양쪽 기지국이 같은 주파수로 구성되었을 때만 가능하며 이동국의 복조기가 각각 다른쪽 기지국에서 오는 신호를 별도로 복조하는 핑거(finger)라는 복조기에 의해서만 가능하다. 반면에 소프트(softer) 핸드오프는 한 기지국 내에서 이루어지기 때문에 최종 변복조기는 한 개로 통일하여 처리하게 된다. 즉, 각기 다른 섹터의 H/W를 통해 신호는 송수신되지만 변복조 과정은 동일한 변복조기 칩내에서 처리되므로 매우 안정적으로 핸드오프가 이루어지게 된다<sup>[10]</sup>. 따라서 전체 핸드오프 중 약 93%의 소프트 핸드오프를 수행할 것으로 예측되어지는 4섹터(빔폭 90°) 방식이 약 54% ~ 64% 정도의 소프트 핸드오프를 수행할 것으로 예측되어지는 타 방식에 비하여 보다 안정적인 핸드오프를 수행함으로써 이동성 보장에 도움이 될 것으로 판단된다.

IV. 결 론

제한된 무선자원을 고려할 때 광대역 통신을 통한 서비스 품질 향상과 시스템 용량 증대라고 하는 상반되는 목표를 동시에 달성하기 위해서는 효율적인 무선자원 운영방식이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 3섹터(빔폭 90°) 셀 방식과 이를 변형한 새로운 4섹터(빔폭 60°, 90°) 셀 방식을 시뮬레이션을 통하여 비교·분석 하였다.

3섹터(빔폭 90°) 방식에 비하여 4섹터 방식 특히 4섹터(빔폭 90°) 방식의 경우 신호 중첩에 의

해  $E_b/N_t$ 의 양호 지역 누적 분포는 다소 낮게 나타났으나  $RSSI_i$ ,  $E_c/I_o$ 의 양호 지역 누적 분포는 다소 높게 나타났다. 또한, 전체 핸드오프 중 소프터 핸드오프 비중이 많이 차지함으로써 안정적인 핸드오프 수행과 원활한 이동성을 보장할 것으로 판단된다.

이상과 같이 다양한 안테나 빔 폭을 이용한 섹터화 방식을 적절히 활용함으로써 보다 경제적인 망 구축과 양호한 통화품질, 주파수 이용 효율 증대 그리고 이동국의 원활한 이동성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] A. J. Paulraj and C. B. Papadias, "Space Time Processing for Wireless Communications," *IEEE Signal Proc. Mag.*, Vol. 14, No. 6, pp. 49-83, Nov. 1997.

[2] G. Song and K. Gond, "Approximate Formular for Evaluating Erlang Capacity of CDMA Systems with Smart Antennas," *Electronics Letters*, Vol. 36, No. 12, pp. 1001-1002, June 2000.

[3] Chen, G. K., "Effects of Sectorization on the Spectrum Efficiency of Cellular Radio Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 41, No. 3, pp. 217-225, Aug. 1992.

[4] V. H. MacDonald, "The Cellular Concept," *Bell System Technology Journal*, Vol. 58, pp. 15-42, Jan. 1992.

[5] Bruno Pattan, *Robust, Modulation Methods and Smart Antennas in Wireless Communication*, Prentice Hall PTR, pp. 209-214, 2000.

[6] Andrew Miceli, *Wireless Technician's Handbook*, Artech House, pp. 27-46, 2000.

[7] Li-Chun Wang and Kin K. Leung, "A High-Capacity Wireless Network By Quad-Sector Cell and Interleaved Channel Assignment," *IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS*, Vol. 18, No. 3, MARCH 2000.

[8] Y.Okumura, E.Ohmori, T.Kawano and K.Fukuda, "Field strength and its variability in VHF and UHF land mobile radio service", *Rev. Elec. Commun. Lab.*, vol. 16, pp.825-873, Sept. 1968.

[9] M.Hata, "Empirical formular for propagation loss in land mobile radio service", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-29, pp. 317-325, Aug. 1980.

[10] 이상근, 방효창, CDMA 무선기술, pp.

135-145, 2000.

※ This work was supported in part by MIC & IITA  
<08-Infra-13, IT Research Infrastructure Program>