

## 다중캐리어 해상데이터통신망에서 캐리어선호도와 위치기반 라우팅 손 주 영†

(원고접수일 : 2011년 10월 19일, 원고수정일 : 2012년 1월 5일, 심사완료일 : 2012년 8월 29일)

### A Carrier Preference and Location-based Routing Scheme(CPLR) at Multi-carrier Maritime Data Communications Networks

Joo-Young Son†

**요 약 :** 미래 해상데이터통신망은 광대역무선접속(BWA) 캐리어들이 중첩된 자율망(MANET)으로 모델링될 수 있다. 이러한 망 모델에서 응용 서비스별 캐리어 선호도와 선박의 위치를 함께 이용하고 경로의 홉단위 최적 캐리어를 선택하여 최적경로를 찾는 라우팅방식(CPLR)을 새롭게 제안한다. 이 방식에서는 경로의 각 선박과 목적지 선박간 거리를 고려하기 때문에 최적경로를 찾아가는 수렴성이 개선되어 라우팅 시간을 더 줄였다. 캐리어 선호도만을 고려하여 최적경로를 탐색하는 (CPR)방식과 성능을 비교하여 개선결과를 보였다.

**주제어 :** 해상데이터통신망, 라우팅, 홉단위 최적캐리어 선택, 캐리어 선호도와 위치 기반, 중첩된 모바일 애드혹 네트워크 모델

**Abstract:** Data communications networks at sea in the future can be modelled by overlapped MANET networks with Broadband Wireless Access carriers. A novel routing scheme (CPLR) is proposed in this paper, which finds out an optimal route by selecting an optimal carrier for each hop in routes based on carrier preferences of each application, and locations of ships as well. As distances between each ships and destination ships are considered in this scheme, routing can be done much faster. Performance is compared with that of the CPR (only Carrier Preference-based Routing Scheme), and it shows some improvements.

**Key words:** Maritime data communications networks, Routing protocol, Selecting an optimal carrier per hop, Carrier preference and location-based, Overlapped MANET (Mobile Ad-hoc Networks)

## 1. 서 론

기존 해상통신 캐리어의 전송률 문제 혹은 비경제성 등 문제의 해결기술로 무선랜, WCDMA (HSDPA), WiMAX, WiBro, LTE 등 육상의 광대역 무선접속(BWA)의 자율망(MANET: Mobile Ad-hoc Networks) 모델[1]이 있다.

여기서는 [2,3]의 다중캐리어에 의해 중첩된 해상자율망 모델을 바탕으로, 캐리어 선호도(CP: Carrier Preference)와 경로에 있는 각 선박의 위치 정보를 동시에 고려하여 최적경로를 탐색하는 라우팅 방식(CPLR)을 제안한다.

캐리어 선호도(CP)는 캐리어의 각 전송특성(전송률, 비용, 지연시간)이 응용의 요구치를 만족하는 여부에 따라 결정된다[2]. CP만을 고려하는 기존의 CPR[2]은 개별적인 전송특성 값을 일일이 비교하는 OMH-MW[3]에 비해 탐색과정이 단순화되어 탐색시간을 크게 줄였다. 그런데 이 논문의 CPLR 방식은 CP뿐만 아니라 경로상의 각 선박의 목적선박까지 거리의 합을 함께 복합적으로 고려하기 때문에 탐색과정에서 최적경로로 향하는 수렴성이 더욱 좋아져 라우팅 시간을 더욱 줄일 수 있었다. 선박안전메시지, 메일, 웹, 인터넷전화 및 동영상의

† 교신저자(한국해양대학교 IT공학부 교수, E-mail: mmlab2010@gmail.com, Tel: 051-410-4575)

응용 범위에서 경로의 성능이 평가되었으며 기존의 CPR방식과 비교하여 부분적으로 탐색된 경로의 성능이 개선되었다.

## 2. 해상통신환경과 기존연구

### 2.1 해상통신환경

모든 선박은 GPS를 통해 자신과 AIS, LRIT를 통해 타 선박의 위치를 파악하고, wLAN, HSDPA, LTE, WiMAX, WiBro, VHF, Inmarsat의 캐리어를 동시에 쓸 수 있으며, 캐리어간 핸드오버와 릴레이가 이음새 없이 이루어지는 환경[4]으로 가정한다. 캐리어가 제공하는 전송특성은 Table 1[2,3]의 (a)에, 그리고 해상에서 데이터통신 응용 서비스가 요구하는 전송특성은 (b)에 정리되어 있다.

**Table 1:** Transmission characteristics of marine communications

(a) Characteristics provided by carriers

	wLAN	HSDPA	LTE	WiMAX	WiBro	VHF	Inmarsat	FB	VSAT
전송 범위 (km)	0.1	5	5	50	14.2	50	전세계 남북위 75°이상 제외	국가기준 인근해역	
이동성	Ad Hoc 가능	있음	있음	MMR 가능	있음	있음	있음	있음	
전송률 (bps)	54M	14.4M	60M	70M	37M	100k	392k	128k	
지연시간(ms)	22	70	10	25	10	0.1	500	250	
이용요금	월 약 3만원	월 기본료 2~4.5만원	미정	월 31달러 (약 4만원)	월 정액 1~3만원	없음	HSD 기준 초당 170원 (월 4억 이상)	월 정액 300만원	

(b) Characteristics required by applications

응용	요구전송특성			
	홉수	최소전송률	최대지연시간	허용요금
SAFETY(안전)	최소	1Kbps	10ms	10만/월
MAIL(메일, 파일)	무관	150Kbps	500ms	2.5만/월
WWW(웹)	무관	1Mbps	400ms	3만/월
VoIP(음성)	최소	500Kbps	20ms	2만/월
IPTV(영상)	최소	1.5Mbps	50ms	5만/월

### 2.2 기존연구

해상통신망의 MANET 모델에서 노드는 해상의 선박과 항구이고, 에지는 노드간 형성되는 무선링크이다[2,3,5-8]. VBV[6]은 해상의 선박이 주로 항로로 항해하는 상황을 활용하여 항로 위주로 경로를 탐색하는 알고리즘이다. 그러나 선박이 동시에 여러 캐리어를 활용할 수 있는 환경을 고려하지 않았다. MWR[5]는 다중캐리어 환경을 고려하여

각 캐리어별 최단경로를 구한 후 응용요구 전송률과 매체 전송률의 차, 경로 홉 수, 응용요구 지연시간과 매체 지연시간, 서비스 사용료 등의 성능기준에 대해 각 최단경로의 성능순위를 매긴다. 최고 성능기준의 수가 가장 많은(성능 최다승)매체의 경로를 최종적인 최적경로로 선택하는 방식이다. OMH-MW[3]은 MWR[5]과 동일한 방식으로 최적 경로를 탐색하나 다중캐리어로 구성된 경로들도 고려한다. 그러한 특성으로 나온 성능의 경로를 탐색하나 탐색복잡도가 높다. [3]과 [5]방식은 모두 경로들의 전송특성의 적합성을, 서로 다른 스펙트럼을 가지는 각 성능기준값에 대한 상호비교연산에 따라 판단하여 계산복잡도도 매우 높다. 이를 개선한 것이 NTCR[7]과 NLTCR[8]이다. 여기서서는 각 전송특성(전송률, 비용, 지연시간)의 실제 값 대신에 모두 동일한 크기를 가지는 정규화된 값으로 매핑한 후 경로들의 성능기준으로 삼는다. NLTCR[8]은 거기에 추가적으로 위치(거리)기반 개념을 도입하여 경로탐색의 수렴성을 개선하였다. 그와는 별도로 CPR[2]는 CP개념을 새롭게 제안하여 탐색 과정을 단순화하였다. 이 논문의 CPLR은 CPR[2]에다 NLTCR[8]에서 제안한 위치 개념을 추가하여 탐색시간을 크게 줄인 방식이다.

## 3. 캐리어선호도와 위치정보

### 3.1 캐리어 선호도(CP)

CP는 [2]에서 제안된 것으로 여기서 간략하게 설명한다. 응용별 각 캐리어에 대한 CP는 식 (1)로 구한다.

$$CP(C_i) = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot R_i, \text{ where } \begin{cases} k_i = 1, & \text{if feasible} \\ k_i = w (> 1), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서  $k_i$ 는 가중치로 캐리어  $C_i$ 의 각 전송특성이 응용이 요구하는 특성을 만족하는(feasible) 경우에는 1이고, 그렇지 못한(infeasible) 경우에는 1보다 큰  $w$ 가 적용된다. 후자 경우는 CP를 키워 최적경로의 캐리어로 채택될 가능성을 낮춘다.  $R_i$ 은 캐리어  $C_i$ 의 전송특성별 적합도 순위이다. 응용 요구 전송특성을 만족하는 즉, feasible 영역의 캐리어들 가운데 그것에 가장 근사치로 전송특성을 제공하는 캐리어가 그 응용에 관한 해당 전송특성

측면에서 가장 적합한 캐리어이고 적합도 순위  $R_i$ 가 1이 된다.

*feasible* 영역의 캐리어들의  $R_i$ 를 위와 같이 모두 결정하고 난 후 *infeasible* 영역의 캐리어들 가운데 제공특성과 요구특성간의 차가 최소인 캐리어의  $R_i$ 를 그 다음 값으로 매긴다. 차가 두 번째로 작은 캐리어가 그 다음 값을 자신의  $R_i$ 로 가진다. 즉, 제공특성과 요구특성간의 차가 점차 커지는 순으로  $R_i$ 이 결정되는데 *feasible* 영역의 캐리어들에 대해 먼저 구한 후 *infeasible* 영역의 캐리어의  $R_i$ 를 구한다. 결국 작은  $R_i$ 일수록 적합도가 높은 캐리어를 뜻한다.

이렇게 구한 각 특성(전송률, 비용, 지연시간)에 대한  $(k_i \cdot R_i)$ 들의 합이 응용에 대한 캐리어  $C_i$ 의 캐리어 선호도( $CP(C_i)$ )가 된다. 따라서  $CP(C_i)$ 는 작을수록 캐리어  $C_i$ 에 대한 선호도가 높음(채택될 가능성이 높음)을 나타낸다.

예를 들어, 웹응용에 대한 HSDPA의  $CP$ 를 구하면

$$CP(HSDPA) = 1 \cdot 1 + 1.3 \cdot 5 + 1 \cdot 1 = 8.5 \quad (2)$$

가 된다. 이때  $w=1.3$ 로 하였다. 그리고 Table 2는  $w=1.3$ 일 때 모든 응용에 대한 캐리어 선호도( $CP$ )를 전부 구해 정리한 것이다. 여기서 각 셀에 보이는 두개 수 가운데 앞의 수는 특정응용에서 각 캐리어의 종합적인 순위이다. 예로 웹응용에서 HSDPA 순위는 3이다.

Table 2: Carrier Preference (CP) when  $w=1.3$

$w=1.3$	wLAN	HSDPA	WiBro	WiMAX	LTE	VHF	Inmarsat
SAFETY	5, 15.2	4, 12.8	2, 9.0	6, 16.5	1, 8.0	3, 10.0	7, 20.2
MAIL	1, 9.0	2, 10.5	4, 11.9	5, 14.2	6, 17.8	7, 18.1	3, 11.1
WWW	2, 8.0	3, 8.5	1, 7.0	4, 12.2	5, 15.8	6, 18.1	7, 26.0
VoIP	2, 9.2	5, 15.3	1, 6.9	6, 16.7	3, 12.8	4, 14.1	7, 26.0
IPTV	4, 10.0	5, 10.8	2, 9.0	2, 9.0	1, 8.0	6, 20.1	7, 26.0

### 3.2 위치정보

노드를 선택할 때 노드의 위치(location) 정보를 활용한다. 구체적으로 경로의 각 노드와 목적노드간의 거리의 합이 최소인 경로를 채택하는 것이다.

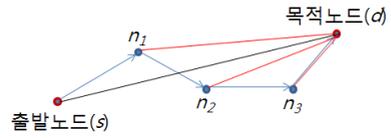


Figure 1: Sum of distances to a destination node ( $d$ )

Figure 1의 경로  $s-n_1-n_2-n_3-d$ 가 선택 가능한 경로 가운데 하나라면 식 (2)에서 ( $m=3$ )인 값이 다른 경로와 비교해서 최소일 때 이 경로를 최적경로로 선택하는 것이다.

$$\sum_{i=1}^m dist(n_i, d), \text{ 여기서 } m \text{은 중간노드의 수} \quad (2)$$

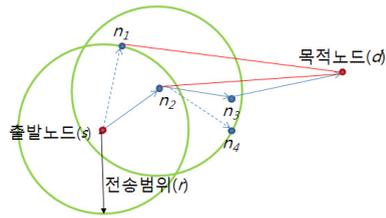


Figure 2: Method to select a node when route discovery

기존 [2,3,5] 방식들은 Figure 2의 예에서  $s$ 에서 다음 노드를 선택할 때 한 홉으로 갈 수 있는 전송 범위( $r$ ) 내의 노드들 가운데 가장 먼  $n_1$ 을 선택한다. 그러나  $n_1$ 은  $n_2$ 보다  $d$ 에 더 멀리 있다. 따라서  $d$ 로 향하는 수렴성이 떨어진다. 이 논문의 CPLR은  $n_1$ 대신  $n_2$ , 그리고  $n_4$ 대신  $n_3$ 을 선택하고 수렴성을 높여 경로탐색시간을 줄일 수 있었다.

## 4. 해상통신망 모델과 라우팅 방식

### 4.1 중첩된 MANET 모델

[2,3]에서 제안한 여러 캐리어로 중첩된 MANET 해상통신망 모델을 따른다. 요약하면, 해상데이터 통신망  $N=(V,E)$ 은 노드( $V$ )로 항구, 선박, 그리고 에지( $E$ )로 노드간 캐리어로 이어지는 무선링크로 구성된다. 즉,

$$N = \bigcup_{i=1}^T N_i, \quad N_i = (V_i, E_i) \\ \text{where } V_i = \{\text{선박, 항구}\}, E_i = \{(v_i, w_i) \mid \text{거리}(v_i, w_i) \leq \text{전송범위}(C_i)\} \quad (3)$$

이다.  $C=\{wLAN, HSDPA, LTE, WiMAX, WiBro, VHF, Inmarsat\}$ ,  $V=\cup_{i=1,2,\dots,7}V_i$ ,  $E=\cup_{i=1,2,\dots,7}E_i$ 이다. 예지는 각 노드의 상대적인 지리적 위치에 따른 노드간 거리가 특정 캐리어의 전송범위보다 가까우면 해당 캐리어로 그 노드간에 형성된다. 캐리어 별 자율통신망들이 해상에 여러 층으로 중첩되어 있는 해상통신망 모델이다.

4.2 CPLR 라우팅 방식

CPLR에서는 식 (3)의 망들을 자유롭게 경유하는 경로들 가운데 최적경로를 탐색한다. 개별적 링크(홉)의 최적 노드와 캐리어를 선택할 때 각 노드의 목적노드간의 거리의 합과 CP를 동시에 복합적으로 고려한다.

찾는 최적경로 R은 [2,3]에서의 정의와 동일하다. 예를 들면,  $R=\{\{s_i,a_i\},\{a_j,b_j,\dots,g_j\},\{g_k,h_k,d_k\}\}$  시퀀스이다. 여기서  $\{s_i,a_i\}$ 는  $N_i$ 에,  $\{a_j,b_j,\dots,g_j\}$ 는  $N_j$ 에, 그리고  $\{g_k,h_k,d_k\}$ 는  $N_k$ 의 부분망으로 형성된 부분시퀀스이다 ( $i,j,k=1,2,\dots$ , 또는 7). 이 예는 CPR에 의한 최적경로가 3개의 캐리어망을 경유함을 보인다. s, a는  $N_i$ 에 속한 노드로 s에서 a까지는  $N_i$ 망을 타고 a에서  $N_j$ 의 캐리어로 전환(hand over)하여  $N_j$ 에 속한 b와 연결된다. 노드 a( $a_i$ ,  $a_j$ )는 하나의 노드이나 아래첨자가 다른 것은 소속망을 제각기 표현)는  $N_i$ 와  $N_j$ 망에 모두 속한 노드로 두 망을 연결하는 역할을 한다.

홉(링크) 단위로 최적 노드와 캐리어를 선택하는 CPLR에서는 경로에 채택된 캐리어들의 CP 평균 값과 각 중간노드와 목적노드간의 거리 합을 곱한 값이 최소(식 (4))인 경로를 선택한다.

$$\min\left\{\left[\left(\sum_{i=1}^m CP(C_i)\right)/m\right]*\left(\sum_{i=1}^m dist(n_i,d)\right)\right\}, \text{여기서 } m \text{은 } d \text{까지 홉수} \quad (4)$$

기본적으로는 3.2절에서 설명한 식 (2)의 값이 최소가 되는 경로를 선택하면서 식 (4)에 의해 경로에 채택된 캐리어들의 CP도 최소가 되도록 복합적으로 고려한 것이다. 즉, 경로에 채택된 캐리어의 평균 CP를 식 (2)의 가중치로 적용함으로써 최단거리의 노드와 최고의 선호도(최저 평균 CP)를 가진 캐리어를 선택할 수 있게 하는 것이다.

s(출발지)에서 d(목적지)사이의 최적경로를 찾는

CPLR 라우팅 방식을 정리하면 다음과 같다.

① s로부터 경로는 있으나 방문하지 않은 노드들 가운데 s에서 노드까지의 식 (5) 값인 노드 u를 찾음.

여기서 m은 s에서 노드까지의 홉 수.

만약  $u=d$ 이면 d까지 다 찾은 것이므로 종료.

$$\min\left\{\left[\left(\sum_{i=1}^m CP(C_i)\right)/m\right]*\left(\sum_{i=1}^m dist(n_i,d)\right)\right\} \quad (5)$$

② 노드 u의 모든 이웃노드 v에 대해

$$\left\{\left[\left(\sum_{i=1}^{m+1} CP(C_i)+CP(C_w)\right)/(m+1)\right]*\left(\sum_{i=1}^m dist(n_i,d)+dist(v,d)\right)\right\} \quad (6)$$

$$\left\{\left(\sum_{i=1}^h CP(C_i)/h\right)*\left(\sum_{i=1}^h dist(n_i,d)\right)\right\} \quad (7)$$

s...-u-v 경로의 식 (6) 값이 기존 s...-v 경로의 식 (7) 값보다 좋으면(식 (6) < 식 (7)) s에서 v로 가는 경로를 s...-u-v 로 갱신함.

같은 경우(식 (6) = 식 (7))라도  $(m+1) < (h)$  경우는 경로성능에는 차이가 없지만 거치는 중간노드 수를 줄일 수 있어 s에서 v로 가는 새 경로로 s...-u-v를 채택함. 여기서 m은 s...-u 경로, h는 기존 s...-v 경로의 홉 수.

③ step 1.으로 돌아감.

5. 성능평가

5.1 평가환경

캐리어 선호도(CP)만을 고려하여 최적의 캐리어를 링크로 채택하는 CPR과 성능비교를 위해 모두 Table 3의 환경에서 시뮬레이션 되었다.

Table 3: Experimental Environments

변수	설정값
자율망 크기	200Km x 200Km
노드 수	102 (s, d 제외하고 100)
Carrier(무선캐리어, MAC, PHY)	wLAN(IEEE 802.11) WCDMA(HSDPA) WiBro(IEEE 802.16e) WiMAX MMR(IEEE 802.16j) LTE(Long Term Evolution) Abstract VHF (digital VHF) Inmarsat (Fleet)
응용 서비스	Safety and Distress e-Mail or FTP World Wide Web Voice over IP IP Television
실험횟수	10,000회

시뮬레이터는 MS VS2005에서 C++로 구현되었다. 노드는 200Km X 200Km 정사각형 바다 내 임의의 위치에 배치하였고 노드의 수는 102개로 실험하였다. 여기서 제시되는 최종실험결과는 서로 다른 망을 랜덤하게 생성하면서 반복적으로 10,000번 실험한 결과들의 평균치이다.

성능비교 기준은 각 응용에 대해 최적경로  $R$ 이 가지는 평균  $B_R, C_R, D_R, H_R$ 이다[3]. 이들은 각각 전송률, 비용, 지연시간, 흡수 측면에서 각 응용이 요구하는 값에 얼마나 최적경로가 적합한지를 표현한 것으로 작을수록 더욱 적합함을 나타낸다. 평균 캐리어 선호도( $CP_R$ )와 알고리즘 실행시간( $T_R$ (ms))도 함께 비교한다. 참고로 실제 탐색된 최적경로에 포함된 캐리어의 평균개수( $M_R$ )도 비교된다.

캐리어를 선택할 때 수용불가능(infeasible)구간 특성을 가진 캐리어에 대해 가해지는 가중치  $w$ 를 1.3, 2.0, 1000.0으로 각각 달리한 결과를 구해 비교하였다. 앞 두 값은 수용불가능구간의 캐리어를 채택할 때 약간의 불이익을 감수하는 상황을, 마지막 값은 수용불가능구간의 캐리어를 거의 채택하지 않고 수용가능구간의 캐리어만으로 링크가 구성되는 최적경로를 찾는 상황을 표현한 것이다.

5.2 평가결과

Table 4에서  $w = 1.3$ 일 때 CPLR은 실질적인 경로의 성능기준 가운데 비용측면에서 최대 19%(웹

Table 4: Performance Comparison when  $w = 1.3$

가중치 $w=1.3$	응용	SAFETY	MAIL	WWW	VoIP	IPTV
캐리어선호도( $CP_R$ )	CPLR(A)	9.67	15.86	13.33	13.40	9.41
	CPR(B)	9.73	16.25	14.75	13.77	9.43
	A/B(%)	99.4%	97.6%	90.4%	97.3%	99.8%
대역폭( $B_R$ )	CPLR(A)	12,429.70	38,581.96	47,945.46	10,487.75	60,761.18
	CPR(B)	10,405.81	33,240.34	39,014.96	9,968.94	60,756.94
	A/B(%)	119.4%	116.1%	122.9%	105.2%	100.0%
비용( $C_R$ )	CPLR(A)	89,867.10	21,699.19	16,475.14	21,348.92	9,470.08
	CPR(B)	91,554.71	22,414.91	20,386.48	22,244.14	9,527.04
	A/B(%)	98.2%	96.8%	80.8%	96.0%	99.4%
지연시간( $D_R$ )	CPLR(A)	7.32	485.74	382.77	17.15	31.45
	CPR(B)	7.63	487.71	385.74	17.42	31.42
	A/B(%)	95.9%	99.6%	99.2%	98.5%	100.1%
흡수( $H_R$ )	CPLR(A)	8.09	8.33	9.41	8.38	10.34
	CPR(B)	7.84	7.86	8.08	7.81	10.20
	A/B(%)	103.2%	106.0%	116.5%	107.3%	101.4%
캐리어수( $M_R$ )	CPLR(A)	1.83	2.20	2.54	2.14	2.44
	CPR(B)	1.81	2.07	2.11	1.94	2.43
	A/B(%)	101.1%	106.3%	120.4%	110.3%	100.4%
실행시간( $T_R$ )	CPLR(A)	0.116	0.096	0.111	0.102	0.105
	CPR(B)	0.125	0.099	0.129	0.123	0.113
	A/B(%)	92.8%	97.0%	86.0%	82.9%	92.9%

응용), 지연시간측면에서 최대 4.1%(안전응용) 향상되었다. 무엇보다도 위치정보를 활용함으로써 얻게 된 라우팅 실행시간의 단축은 작게는 메일응용에서 3%, 크게는 VoIP응용에서 17%정도 달성되었음을 확인하였다. 그러나 대역폭과 흡수에서 CPR과 비슷하거나 희생이 됨을 알 수 있었다. 특히 웹응용에서 대역폭과 흡수는 23%와 27%정도 적합성이 떨어졌다. 그렇지만 웹응용은 대역폭과 흡수에 대체적으로 민감하지 않는 비실시간 응용이므로 큰 부담은 되지 않을 것이다.

찾은 최적경로의 평균  $CP$ 도 대체적으로 CPR에 비해 0.2%~9% 가량 더 개선되었음을 보인다. 이것은  $CP$  개념에 의해 최적경로를 탐색하는 두 방식에서 CPLR이 CPR에 비해 응용의 요구특성에 더 가까운 캐리어를 선택하여 링크로 활용함을 보이는 것이다.

Table 5: Performance Comparison when  $w = 2.0$

가중치 $w=2.0$	응용	SAFETY	MAIL	WWW	VoIP	IPTV
캐리어선호도( $CP_R$ )	CPLR(A)	9.69	19.21	15.78	17.96	9.54
	CPR(B)	9.75	19.76	16.52	18.53	9.59
	A/B(%)	99.4%	97.2%	95.5%	96.9%	99.5%
대역폭( $B_R$ )	CPLR(A)	12,293.23	42,553.66	49,950.91	11,019.17	61,531.30
	CPR(B)	10,323.05	37,709.81	49,267.23	10,089.79	61,301.59
	A/B(%)	119.1%	112.8%	101.4%	109.2%	100.4%
비용( $C_R$ )	CPLR(A)	89,959.05	27,717.73	19,835.42	24,389.75	8,945.93
	CPR(B)	91,606.68	27,771.41	21,280.35	25,229.43	9,004.91
	A/B(%)	98.2%	99.8%	93.2%	96.7%	99.3%
지연시간( $D_R$ )	CPLR(A)	7.39	484.49	382.29	17.14	31.26
	CPR(B)	7.70	486.17	382.36	17.50	31.41
	A/B(%)	96.0%	99.7%	100.0%	97.9%	99.5%
흡수( $H_R$ )	CPLR(A)	8.08	8.51	9.93	8.43	10.47
	CPR(B)	7.84	8.00	8.97	7.81	10.32
	A/B(%)	103.1%	106.4%	110.7%	107.9%	101.5%
캐리어수( $M_R$ )	CPLR(A)	1.82	2.20	2.64	2.17	2.39
	CPR(B)	1.80	2.08	2.43	1.93	2.40
	A/B(%)	101.1%	105.8%	108.6%	112.4%	99.6%
실행시간( $T_R$ )	CPLR(A)	0.106	0.088	0.110	0.114	0.123
	CPR(B)	0.117	0.096	0.138	0.112	0.144
	A/B(%)	90.6%	91.7%	79.7%	101.8%	85.4%

가중치  $w=2.0$ 으로 높여 응용의 요구를 만족시키지 못하는 캐리어의 채택을 좀 더 어렵게 하였다. Table 5에 결과가 나와 있다. 비용측면에서 최대 6.8%, 지연시간 측면에서 최대 4%, 그리고 경로의 캐리어들의 평균  $CP$ 는 최대 4.5% 개선되어  $CP$  측면에서 응용에 더욱 적합한 캐리어가 선택됨을 보인다. 그리고 대역폭과 흡수 측면에서의 적합도도  $w=1.3$ 인 경우보다 좋아졌다. 특히 웹응용에서 대역폭과 흡수는 두 라우팅 방식의 성능이 거의 같겨

나 CPLR의 적합도가 개선되었다. 실행시간 측면에서는 모든 응용에 걸쳐 전반적으로 더 개선된 성능을 보이고 있고 특히 웹응용일 때 최대 20%의 단축효과를 볼 수 있었다.

가중치  $w=1000.0$ 으로 높여 응용의 요구를 만족시키지 못하는 캐리어는 거의 경로의 링크로 채택되지 않도록 하였다. Table 6에 그 결과를 제시하였다. 비용은 최대 6.5%, 지연시간은 최대 13.5% 성능개선이 있다. 특히 대역폭 측면에서 웹(31.9%), VoIP(7.8%), 그리고 IPTV(6.5%)응용에서 성능개선 결과가 나왔다.  $w=1.3$ 일 때 대역폭 적합도가 가장 좋지 않았던 웹응용에서 CPLR은 CPR에 비해 31.9% 대역폭 활용도를 더 높였음을 보였다.

앞의 세 가중치의 결과를 상호비교하여 살펴보면 웹, VoIP, 그리고 IPTV응용에서 점차 성능이 CPR보다 우수하게 변화되는 것을 볼 수 있다. 이것은 응용의 요구조건에 맞는 캐리어를 더 많이 채택하는 환경에서는 CPLR이 더 좋은 결과를 내는 것을 의미한다. 즉, 서비스 품질에 민감한 환경에서는 CPLR이 CPR보다 더 적합함을 말한다. 대신에 이 경우 메일과 VoIP응용의 비용과 웹응용의 라우팅 시간은 다소간 희생된다.

으로 하는 특성으로 인해 CPR에 비해 더 많은 시간단축을 달성하였다. 사실 CPR이 기존 OMH-MW [3]에 비해 실행시간을 크게는 94%에서 작게는 88%만큼 획기적으로 단축한 것임을 상기하면 괄목할 성과를 알 수 있다. 종합적으로 새롭게 제안한 CPLR은 실제적인 탐색된 경로의 비용과 지연시간, 그리고 부분적으로 대역폭 측면에서의 성능개선과 함께, 라우팅할 때 더욱 빨라진 응답성도 함께 구현되었다고 할 수 있다.

### 6. 결 론

CPLR 라우팅 방식은 기존의 CPR이 캐리어의 응용에 대한 선호도 CP를 지표화하여 전송경로상의 캐리어를 선택할 때 활용하는 데 더하여 이 값을 일종의 가중치로 하고 위치정보를 주로 활용하는 경로배정방식이다. 성능평가를 통해 위치정보를 활용함으로써 라우팅 수렴도가 더욱 향상되어 CPR보다 라우팅 실행시간이 더 단축되었음을 확인하였다. 그리고 경로의 전송특성(비용, 지연시간, 대역폭 측면)과 각 응용에 더 적합한 전송매체를 선택(더 나은 CP)하는 등의 성능개선도 부분적으로 얻었다.

Table 6: Performance Comparison when  $w = 1000$

가중치 $w=1000.0$	응용	SAFETY	MAIL	WWW	VoIP	IPTV
캐리어선호도( $CP_s$ )	CPLR(A)	43.08	4,497.49	3,158.66	6,472.49	301.96
	CPR(B)	45.20	4,812.96	3,951.79	6,786.80	346.28
	A/B(%)	95.3%	93.4%	79.9%	95.4%	87.2%
대역폭( $B_s$ )	CPLR(A)	12,201.37	64,836.84	170,197.78	314,807.75	120,703.59
	CPR(B)	10,258.81	64,195.46	249,952.84	341,535.16	129,151.90
	A/B(%)	118.9%	101.0%	68.1%	92.2%	93.5%
비용( $C_s$ )	CPLR(A)	90,022.28	12,041,872.00	5,576,544.00	5,045,910.50	8,471.80
	CPR(B)	91,651.06	10,986,078.00	5,965,936.50	4,393,538.50	8,551.29
	A/B(%)	98.2%	109.6%	93.5%	114.8%	99.1%
지연시간( $D_s$ )	CPLR(A)	107.59	479.95	383.14	73.35	31.34
	CPR(B)	114.05	481.63	383.33	84.76	31.81
	A/B(%)	94.3%	99.7%	100.0%	86.5%	98.5%
홑수( $H_s$ )	CPLR(A)	8.11	9.55	13.16	8.68	11.26
	CPR(B)	7.85	8.70	10.03	7.84	10.56
	A/B(%)	103.3%	109.8%	131.2%	110.7%	106.6%
캐리어수( $M_s$ )	CPLR(A)	1.83	2.19	2.90	2.31	2.40
	CPR(B)	1.81	2.03	2.76	1.95	2.36
	A/B(%)	101.1%	107.9%	105.1%	118.5%	101.7%
실행시간( $T_s$ )	CPLR(A)	0.113	0.112	0.152	0.119	0.118
	CPR(B)	0.137	0.117	0.120	0.119	0.122
	A/B(%)	82.5%	95.7%	126.7%	100.0%	96.7%

CPLR은 Table 4, 5, 6에서 확인할 수 있듯이 라우팅 실행시간 측면에서는 전반적으로 거의 모든 응용을 위한 상황에서 수행될 때 위치정보를 기반

### 참고문헌

- [1] S. C. Lee, "Mobile multihop relay network", Proceedings of the 14th Korea Internet Conference (KRnet 2006), pp. I2.3.1-I2.3.31, 2006 (in Korean)
- [2] J. Y. Son, "A carrier preference-based routing scheme (CPR) for multi-layered maritime data communications networks", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 35, no. 8, pp. 1098-1104, 2011 (in Korean)
- [3] J. Y. Son, "A routing protocol of optimal medium per hop based on a max-win method (OMH-MW) for overlapped maritime data networks with multiple media", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 35, no. 5, pp. 667-674, 2011 (in Korean)
- [4] C. M. Park, J. H. Jee and H. S. Jeon, "Trends

on technologies and standardization of hand-over among heterogenous networks”, Telecommunications Technology Association (TTA) Journal no. 125, pp. 75-79, 2009 (in Korean)

- [5] J. Y. Son and S. M. Mun, "Max-win based routing (MWR) protocol for maritime communication networks with multiple wireless media”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 34 no. 8, pp. 1159-1164, 2010 (in Korean)
- [6] Y. D. Lee, H. J. Lee, T. K. Kwon, et al., “VBV: Course-based vertex-by-vertex routing protocol for MANET at sea”, Proceedings of 2006 Summer Conference of Korea Information and Communication Society, pp. 283-283, 2006 (in Korean)
- [7] J. Y. Son, “A routing scheme by normalized transmission characteristics (NTPCR) for multi-carrier MANETs at sea”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 35, no. 8, pp. 1092-1097, 2011 (in Korean)
- [8] J. Y. Son, “A routing scheme based on normalized location and transmission characteristics (NLTPCR) for multi-carrier MANETs at sea”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 36, no. 2, pp. 302-308, 2012 (in Korean)