

다층 해상데이터통신망을 위한 캐리어선호도기반 경로배정방식 손 주 영[†]

(원고접수일 : 2011년 7월 14일, 원고수정일 : 2011년 8월 22일, 심사완료일 : 2011년 10월 1일)

A Carrier Preference-based Routing Scheme(CPR) for Multi-Layered Maritime Data Communications Networks

Joo-Young Son[†]

요 약 : 해상데이터통신망은 기존의 전통적인 RF과 위성, 그리고 육상의 광대역무선접속(BWA: 무선랜, WiBro, LTE 등) 캐리어가 개별 층을 이뤄 중첩된 자율망(MANET)으로 모델링이 가능하다. 이를 통해 육상의 통신응용서비스(웹, 인터넷전화 등)가 해상에서도 일부 가능해질 것이다. 이 논문에서는 중첩된 자율망 모델에 기반을 두고 응용별 캐리어 선호도(CP)를 이용하여 홉단위로 최적의 캐리어를 선택하여 최적경로를 찾는 경로배정방식(CPR)을 새롭게 제안한다. 각 응용에 대한 캐리어 선호도는 캐리어 전송특성(전송률, 비용, 지연시간)의 응용 요구값에 대한 만족 여부만을 따져 경로배정을 하기 전에 결정된다. 응용과 캐리어의 전송특성 실제값에 따른 캐리어 적합성의 순위(승수)에 의한 경로배정방식(OMH-MW)과 성능을 비교하였다.

주제어 : 해상데이터통신망, 경로배정 프로토콜, 홉단위 최적캐리어 선택, 캐리어 선호도, 중첩된 모바일 애드혹 네트워크 모델

Abstract: Data communications networks at sea can be modelled by multi-layered networks with traditional carriers (RF, satellites), and BWA (wireless LAN, WiBro, LTE), which partially makes it possible the high speed communication services (WWW, VoIP) at sea. In this paper, a novel routing scheme (CPR) is proposed which selects an optimal carrier for each hop in routes based on carrier preferences (CP). The carrier preferences are measured proactively depending on the feasibility of transmission characteristics (transmission rate, cost, and latency time) of the carriers for each application. Performance was compared with that of the OMH-MW (Optimal Medium per Hop based on Max-Win) routing scheme.

Key words: Maritime data communications networks, Routing protocol, Selecting an optimal medium per hop, Carrier preference, Multi-layered MANET (Mobile Ad-hoc Networks)

1. 서 론

전통적인 캐리어인 라디오(RF)나 위성을 주로 이용하는 해상의 선박들은 그 캐리어의 전송률 문제 혹은 비경제성 등으로 육상의 보편적인 인터넷 웹 접속조차 자유롭지 않다. 이를 극복하는 기술로 무선랜, WCDMA(HSDPA), WiMAX, WiBro, LTE 등 육상의 광대역 무선접속(BWA: Broadband Wireless Access)의 자율망(MANET: Mobile Ad-hoc

Networks) 모델[1]이 있다.

이 논문에서는, 여러 캐리어에 의한 다층 해상데이터통신망 모델을 근거로, 각 캐리어의 전송특성이 응용별 요구사항에 만족되는 여부로 구해지는 캐리어 선호도(CP: Carrier Preference)개념을 창안하여 이를 기준으로 최적경로를 찾는 경로배정방식(CPR)을 새롭게 제안한다.

캐리어 선호도(CP)를 계산할 때 가중치(w)를 두

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

어 응용의 요구사항에 대해 캐리어 전송특성이 만족하는 여부에 따라 다른 가중치를 적용함으로써 응용에 대한 캐리어 선호도가 다르게 만든다. 응용이 요구하는 전송특성(전송률, 비용, 지연시간)에 대해 캐리어가 제공하는 특성이 수용가능(feasible)하면 $w=1$, 수용불가능(infeasible)이면 $w=k(k>1)$ 를 적용하여 응용에 대한 캐리어 선호도를 차별한다. CPR에서 경로의 각 링크마다 최적의 캐리어를 독립적으로 선택하여 최적경로를 찾기 때문에 단일 매체로 구성된 최적경로만을 탐색하는 MWR[2]보다 개선되었고, OMH-MW[3]와 달리 구체적인 전송특성값으로 적합성에 대해 모두 상호비교하지 않고 수용여부만을 판단함으로써 탐색과정을 크게 단순화시켰다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 해상에서 이용할 수 있는 캐리어를 중심으로 해상통신 환경과 광대역 응용, 3장은 기존의 유사 경로배정방식을 소개한다. 4장에서는 해상망 모델과 CPR 경로배정방식을 새롭게 제안하고 5장은 성능분석결과를 보인다. 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 해상통신환경과 응용

모든 선박은 GPS를 통해 자신과 AIS, LRIT를 통해 타 선박의 위치를 파악할 수 있고, wLAN, HSDPA, LTE, WiMAX, WiBro, VHF, Inmarsat의 캐리어를 동시에 쓸 수 있고, 캐리어간 핸드오버와 릴레이가 이음새 없이 이루어지는 환경[4]으로 가정한다. 해상에서 이용할 수 있는 캐리어의 특성은 표 1에 잘 정리되어 있다.

표 1: 해상에서 이용가능한 캐리어의 전송특성[3]

	wLAN	HSDPA	LTE	WiMAX	WiBro	VHF	Inmarsat FB	VSAT
전송 범위 (km)	0.1	5	5	50	14.2	50	전세계 (남북위 75°이상제외)	각 국가기준 인근해역
이동성	Ad Hoc 가능	있음	있음	없으나 MMR가능	있음	있음	있음	있음
전송률 (bps)	54M	14.4M (평균1M)	60M	70M	37M (평균3M)	100k	392k	128k
지연시간(ms)	22	70	10	25	10	0.1	500	250
이용요금	월 약 3만원	월기분료2~4.5만원+a	미정	월31달러 (약4만원)	월정액 1~3만원+a	없음	HSD 기준 조당 170원 (월4억이상)	월정액 300만원 (KT)

해상데이터통신서비스는 항해안전과 조난구조가 중심이고 추가적으로 육상의 인터넷서비스를 포함

한다[5]. 응용에 따라 통신요구특성이 각기 다르다. 표 2는 이 논문에서 예시할 응용의 특성을 보인다.

표 2: 해상통신망 응용의 요구전송특성[3]

응용	요구전송특성			
	흡수	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

이 논문에서 제안하는 CPR 경로배정방식에서는 이러한 응용의 통신요구특성을 캐리어가 만족시키는 지 여부를 개별 특성별로 판단한다. 그 결과에 의해 응용별 캐리어선호도(CP)를 구하고 이를 기준으로 가장 적합한 캐리어를 각 링크마다 개별적으로 선택하여 최적경로를 탐색한다.

3. 기존 연구

해상통신망의 MANET 모델에서 노드는 해상의 선박이고, 에지는 노드간 형성되는 무선링크이다.[2-9]

[6,7]에서는 해상의 선박이 대개 항로를 따르는 성질을 살려 경로탐색구역을 항로위주로 제한시켜 경로탐색시간을 줄이고 정확성을 높이는 알고리즘을 제안하였다. [8]에서는 미리 주어지는 정적 정보(항구, 항로, 항로교차점)를 경로배정에 활용하였다. 최근 베트남 연안의 선박을 대상으로 조난구조를 목적으로 구성되는 MANET 모델을 [9]에서 제시하였다. 여기서는 패킷전달이 플러딩(flooding)에 의한 전송으로 급격한 트래픽의 증가와 이에 따른 MAC 계층 충돌로 인한 실질 전송률 저하가 우려된다. 전통적인 MANET모델을 위한 경로배정방식은 위치기반으로 이동체의 이동정보를 이용하는 방식으로 사전(proactive) 또는 반응(reactive) 방식으로 나뉜다.[10]

그러나 [2,3]을 제외한 기존 연구에서는 선박이 동시에 활용하는 캐리어가 다양함을 고려하지 않았다. 다중 캐리어를 고려하는 MWR 방식은 모든 링크(홉)가 단일 캐리어로 된 경로를 가운데서만 최적경로를 찾[3], OMH-MW 방식은 다중 캐리어 경로도 고려하나 전송특성 실제값을 바탕으로 상대

적으로 더 나은 특성을 가지는 매체를 승수계산방식으로 찾기 때문에 탐색복잡도가 매우 높아 경로배정 실행시간이 오래 걸리는 단점을 안고 있다.

4. 해상통신망 모델과 경로배정

4.1 중첩된 MANET 모델

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

$$N = \bigcup_{i=1}^7 N_i, N_i = (V_i, E_i) \tag{1}$$

where $V_i = \{\text{선박, 항구}\}, E_i = \{(v_i, w_i) | \text{거리}(v_i, w_i) \leq \text{전송범위}(C_i)\}$

이다. $C = \{\text{wLAN, HSDPA, LTE, WiMAX, WiBro, VHF, Inmarsat}\}, V = \bigcup_{i=1,2,\dots,7} V_i, E = \bigcup_{i=1,2,\dots,7} E_i$ 이다. 에지는 각 노드의 상대적인 지리적 위치에 따른 노드간 거리가 특정 캐리어의 전송범위보다 가까우면 해당 캐리어로 그 노드간에 형성된다. 캐리어별 통신망들이 전체적으로 여러 층으로 중첩되는 통신망모델이다.(그림 1)

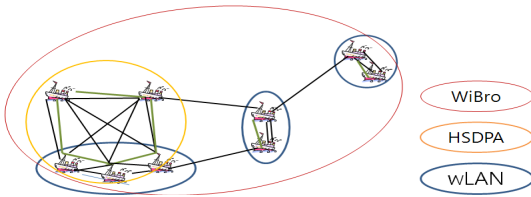


그림 1: 중첩된 해상통신망의 예[2]

4.2 CPR 경로배정방식

CPR에서는 그림 1과 같이 중첩된 개별망들을 경유하는 경로들 가운데 최적경로를 탐색한다. 개별적 링크(홉)의 최적 캐리어를 선택하기 위해 응용요구 전송특성 값에 최적 캐리어를 찾을 때, 구체적인 실제 특성값들을 가지고 후보경로에 대해 적합성을 모두 구하고 상호비교하여 적합성의 순위가 최고인 경로를 선택하는 OMH-MW와 달리 구체적인 값 비교 대신 캐리어선호도(CP)를 적용한다.

찾는 최적경로 R 은 [2]에서의 정의와 동일하다. 예를 들면, $R = \{\{s_i, a_i\}, \{a_j, b_j, \dots, g_j\}, \{g_k, h_k, d_k\}\}$ 시퀀스

이다. 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, a 는 N_i 에 속한 노드로 s 에서 a 까지는 N_i 망을 타고 a 에서 N_j 의 캐리어로 전환(hand over)하여 N_j 에 속한 b 와 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. MWR[3]의 최적경로 R 은 $R = \{s_m, a_m, b_m, \dots, g_m, h_m, d_m\}$ 시퀀스로 표현된다. R 에 속한 모든 노드들은 하나의 캐리어망 $N_m(m=1, 2, \dots$, 또는 7)에 속한다.

홉(링크) 단위로 최적 캐리어를 선택하는 CPR에서 경로선택원칙은 응용서비스별로 응용요구 전송특성과 캐리어제공 전송특성들을 고려하여 구한 응용별 캐리어 선호도(CP)를 적용하여 최고의 선호도를 가진 캐리어 링크와 노드를 선택하는 점이다. 응용별 각 캐리어에 대한 CP를 구하는 방법은 식 (2)와 같다.

$$CP(C_i) = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot R_i, \text{ where } \begin{cases} k_i = 1, & \text{if feasible} \\ k_i = w (> 1), & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

여기서 k_i 는 가중치로 각 캐리어의 전송특성별로 응용이 요구하는 특성을 만족하는 경우(feasible) 1이다. 그렇지 못한 경우(infeasible)에는 1보다 큰 w 를 적용하여 그 캐리어의 선호도를 낮추는 효과를 얻어 최적경로를 탐색할 때 채택 가능성을 그만큼 낮춘다. 전송특성(전송률, 요금, 지연시간) 별로 feasible 경우와 반대 경우는 그림 2[2]에 잘 표현되어있다.

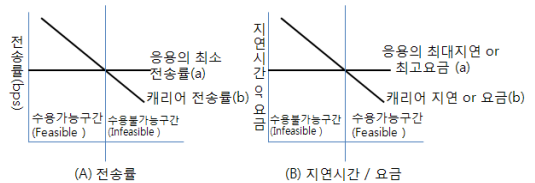


그림 2: 캐리어 수용가능성(feasibility)

예를 들어, 전송률(그림 2(A)) 경우, 응용요구 최소전송률(a)보다 캐리어가 제공하는 전송률(b)이 같

거나 높아야 그 캐리어를 응용을 서비스할 때 수용할(feasible) 수 있다($(b-a) \geq 0$). 수용가능구간에 포함되는 전송률을 제공하는 캐리어들이 여럿 있다면 $(b-a)$ 가 작을수록 응용에 더 적합한 캐리어이다. 즉, 응용이 요구하는 특성에 가장 근접하게 만족시키는 캐리어가 최적의 캐리어인 것이다. 이 점을 이용하여 식 (2)의 각 캐리어의 전송특성별 선호순위(R_i)가 결정된다. 이렇게 결정된 세 특성(전송률, 비용, 지연시간)에 대한 $(k_i \cdot R_i)$ 들의 합계가 응용에 대한 캐리어선호도($CP(C_i)$)가 된다. 이 값은 작을수록 선호도가 높음을 나타낸다.

예로 웹응용에 대한 $CP(HSDPA)$ 와 $CP(WiBro)$ 를 구한다. 그림 3, 4, 5는 각각 전송률, 비용, 지연시간에 대한 선호(수용여부)에 관한 것이다.

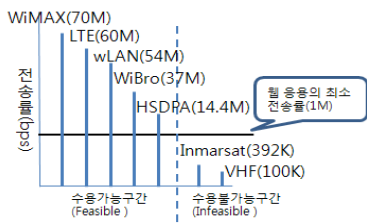


그림 3: 웹응용의 전송률에 대한 캐리어 선호

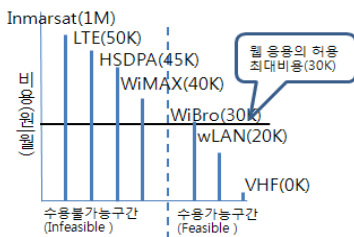


그림 4: 웹응용의 비용에 대한 캐리어 선호

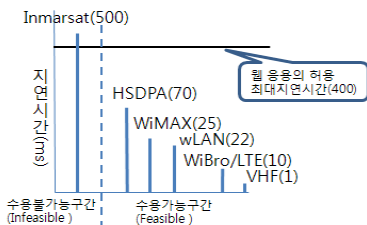


그림 5: 웹응용의 지연시간에 대한 캐리어 선호

먼저 HSDPA가 전송률($i=1$) 측면에서 웹응용의 요구전송률(1Mbps)보다 높으므로(14.4Mbps) $k_1=1$ 이다. feasible 구간에 있는 캐리어들 가운데 웹응용이 요구하는 전송률에 가장 근접하는 전송률을 제공하므로 선호순위(R_1)=1이다.

계속해서 비용($i=2$)에서 웹응용이 허용하는 최대비용(2만원/월)보다 비싼 비용(4만5천원/월)이 들기 때문에 $k_2=1.3$ ($w=1.3$ 으로 가정)이다. 비용 측면에서 WiBro, wLAN, VHF가 feasible 구간에 있으므로 각각 1, 2, 3위가 되고, 나머지 4종의 infeasible 구간에 있는 캐리어들 가운데 가장 요구비용에 근접한 비용(4만원/월)에 제공되는 WiMAX가 4위, 그 다음에 근접한 것이 HSDPA이므로 HSDPA의 비용에 대한 선호순위(R_2)=5가 된다.

마지막으로 지연시간($i=3$)에서 웹응용이 허용하는 최대지연시간(400ms)보다 짧은 지연시간을 제공하는 feasible 구간에 HSDPA가 있으므로 $k_3=1$ 이다. 그리고 가장 근접하는 지연시간을 제공하므로 선호순위(R_3)=1이 된다. 따라서 종합하면 웹응용에 대한 HSDPA의 캐리어선호도(CP)는

$$CP(HSDPA) = 1 \cdot 1 + 1.3 \cdot 5 + 1 \cdot 1 = 8.5 \quad (3)$$

가 된다. $CP(WiBro)$ 를 동일한 방법으로 구하면

$$CP(WiBro) = 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 4 = 7.0 \quad (4)$$

이 된다.

$w=1.3$ 와 1000.0일 때 응용에 대한 캐리어선호도(CP)를 모두 구하면 표 3(a)와 3(b)와 같다.

표 3: 응용에 대한 캐리어선호도 및 순위

(a) $w=1.3$ 일 때

$w=1.3$	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

(b) $w=1000.0$ 일 때

$w=1000.0$	wLAN	HSDPA	WiBro	WiMAX	LTE	VHF	Inmarsat
SAFETY	4, 4010.0	6, 6005.0	2, 9.0	5, 5010.0	1, 8.0	3, 10.0	7, 14002.0
MAIL	1, 9.0	4, 5004.0	2, 3008.0	3, 4009.0	5, 6010.0	7, 7009.0	6, 7002.0
WWW	2, 8.0	4, 5002.0	1, 7.0	3, 4007.0	5, 6008.0	6, 7009.0	7, 20000.0
VoIP	2, 4004.0	6, 11001.0	1, 3003.0	5, 9005.0	3, 6005.0	4, 7005.0	7, 20000.0
IPTV	4, 10.0	5, 6003.0	2, 9.0	2, 9.0	1, 8.0	6, 7011.0	7, 20000.0

w=1.3일 때 웹응용인 경우, WiBro가 CP=7.0으로 가장 선호되는 캐리어이고, 그 다음이 CP=8.0인 wLAN, 가장 꺼리는 캐리어는 CP=26.0인 Inmarsat이다. w=1000.0일 때 MAIL응용인 경우, CP=9.0인 wLAN이 가장 선호되고, CP=7009.0인 VHF가 가장 꺼리는 캐리어이다. 여기서 VHF의 CP값이 큰 것은 VHF의 특정 특성이 infeasible 구간에 있어 순위(R)에 k=1000.0이 가중되기 때문이다.

CP를 이용하여 s(출발지)에서 d(목적지)사이의 최적경로를 찾는 CPR 경로배정방식은 다음과 같다.

① s로부터 경로는 있으나 방문하지 않은 노드들 가운데 s에서 노드까지 평균 캐리어선호도가 최소(식(5))인 노드 u를 찾음. u=d이면 성공적으로 종료.

$$\min \left\{ \left(\sum_{i=s}^u CP(C_i) \right) / H_u \right\} \text{ among unvisited nodes} \quad (5)$$

여기서 H_u 는 s에서 u까지의 홉수이다.

② 노드 u의 모든 이웃노드 v에 대해

$$\left\{ \left(\sum_{i=s}^u CP(C_i) + CP(C_{uv}) \right) / (H_u + 1) \right\} \quad (6)$$

$$\left\{ \left(\sum_{i=s}^v CP(C_i) \right) / H_v \right\} \quad (7)$$

s...-u-v 경로의 평균 캐리어선호도(식 (6))가 기존 s...-v 경로의 평균 캐리어선호도(식 (7))보다 좋으면(식 (6) < 식 (7)) s에서 v로 가는 경로를 s...-u-v 로 갱신함.

같은 경우(식 (6) == 식 (7))라도 $(H_u+1) < (H_v)$ 경우는 경로성능에는 차이가 없지만 거치는 노드를 줄일 수 있어 s에서 v로 가는 새 경로로 채택함.

③ ①로 돌아감.

5. 성능평가

5.1 평가환경

캐리어와 응용의 전송특성의 실제값을 상호비교하여 더 나은 특성을 가진 홉수(승수)가 최대한 캐리어를 링크로 채택하는 방식인 OMH-MW와 성능비교를 위해 모두 표 4의 환경에서 시뮬레이션되었다. 성능비교대상으로 OMH-MW방식을 채택한 이유는 CPR의 해상통신망 환경과 동일하기 때문이다. 기존연구의 다른 방식인 경우 적용되는 환경

이 단일 캐리어 환경을 가정하거나[6-10] 또는 다중 캐리어 환경에서 작동하는 방식인 경우 단일 캐리어로 된 경로만을 탐색[3]하기 때문이다.

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

표 4: 시뮬레이션 실험 환경[2]

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 (FB)
응용 서비스	Safety and Distress e-Mail or FTP World Wide Web Voice over IP IP Television
실험횟수	10,000회

성능비교 기준은 각 응용에 대해 최적경로 R이 가지는 평균 B_R, C_R, D_R, H_R 이다[2]. 이들은 전송률, 비용, 지연시간, 홉수 측면에서 각 응용이 요구하는 값에 얼마나 최적경로가 적합한지를 표현한 것으로 작을수록 더욱 최적함을 나타낸다. 평균캐리어선호도(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 w를 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 성능분석

표 5에서 w = 1.3일 때 실질적인 경로의 성능기준이 되는 대역폭, 비용, 지연시간, 홉수 측면에서

모두 상당히 성능이 개선된 결과를 볼 수 있다. 안전응용에서 대역폭 13%, 흡수 2%, 사용된 캐리어수 6%가량 성능개선이 있었다. 메일응용에 대해서도 대역폭 8%, 흡수 5%, 캐리어수 7%의 개선이 있었다. 웹응용에서도 대역폭 4%, 흡수 6%, 캐리어수 4% 정도 개선되었다. VoIP에서는 지연시간에서 6% 정도, 그리고 IPTV응용에서는 비용을 63%, 지연시간을 15%, 캐리어수를 11%정도 줄일 수 있었다.

표 5: 가중치 $w = 1.3$ 일 때 성능비교

가중치 $w=1.3$	응용	SAFETY	MAIL	WWW	VoIP	IPTV
캐리어선호도(CP)	CPR(A)	9.73	16.27	14.74	13.77	9.41
	A/B(%)	100.5%	101.9%	101.7%	98.6%	68.8%
	OMH-MW(B)	9.68	15.97	14.49	13.96	13.68
대역폭(B)	CPR(A)	10,357.69	32,933.82	39,117.30	9,958.86	60,806.71
	A/B(%)	86.6%	92.2%	96.3%	404.7%	160.2%
	OMH-MW(B)	11,960.46	35,709.25	40,623.95	2,460.80	37,954.57
비용(C)	CPR(A)	91,586.91	22,430.50	20,352.68	22,240.75	9,438.70
	A/B(%)	101.5%	103.1%	102.6%	111.7%	36.3%
	OMH-MW(B)	90,263.91	21,762.98	19,827.56	19,916.26	25,994.19
지연시간(D)	CPR(A)	7.62	487.81	385.69	17.43	31.44
	A/B(%)	103.4%	100.2%	100.3%	93.8%	84.8%
	OMH-MW(B)	7.37	486.65	384.49	18.59	37.07
흡수(H)	CPR(A)	7.84	7.84	8.06	7.82	10.21
	A/B(%)	97.9%	95.0%	94.3%	99.9%	121.0%
	OMH-MW(B)	8.01	8.25	8.55	7.83	8.44
캐리어수(M)	CPR(A)	1.81	2.07	2.11	1.93	2.42
	A/B(%)	94.3%	93.2%	95.5%	154.4%	89.3%
	OMH-MW(B)	1.92	2.22	2.21	1.25	2.71
실행시간(T)	CPR(A)	0.138	0.120	0.111	0.103	0.113
	A/B(%)	10.9%	9.0%	8.7%	6.6%	8.6%
	OMH-MW(B)	1.268	1.329	1.279	1.565	1.319

표 6: 가중치 $w = 2.0$ 일 때 성능비교

가중치 $w=2.0$	응용	SAFETY	MAIL	WWW	VoIP	IPTV
캐리어선호도(CP)	CPR(A)	9.76	19.77	16.49	18.52	9.64
	A/B(%)	100.3%	87.2%	89.1%	97.6%	60.7%
	OMH-MW(B)	9.73	22.68	18.50	18.98	15.87
대역폭(B)	CPR(A)	10,311.08	37,697.70	49,391.14	10,126.24	61,140.64
	A/B(%)	90.3%	1735.6%	134.9%	500.6%	158.4%
	OMH-MW(B)	11,419.69	2,172.02	36,619.03	2,022.71	38,595.02
비용(C)	CPR(A)	91,626.01	27,779.94	21,238.19	25,248.38	9,136.55
	A/B(%)	101.0%	112.4%	87.8%	124.5%	34.8%
	OMH-MW(B)	90,716.19	24,710.93	24,183.50	20,286.11	26,285.08
지연시간(D)	CPR(A)	7.71	486.18	382.32	17.49	31.45
	A/B(%)	102.3%	97.6%	99.0%	93.0%	84.5%
	OMH-MW(B)	7.54	498.38	386.34	18.81	37.24
흡수(H)	CPR(A)	7.84	8.01	9.00	7.82	10.32
	A/B(%)	98.4%	102.3%	108.3%	99.7%	125.5%
	OMH-MW(B)	7.97	7.83	8.31	7.84	8.22
캐리어수(M)	CPR(A)	1.81	2.08	2.43	1.93	2.41
	A/B(%)	95.3%	165.1%	109.0%	173.9%	92.3%
	OMH-MW(B)	1.90	1.26	2.23	1.11	2.61
실행시간(T)	CPR(A)	0.107	0.102	0.124	0.115	0.122
	A/B(%)	8.3%	6.4%	9.5%	7.7%	9.5%
	OMH-MW(B)	1.283	1.606	1.301	1.502	1.280

그러나 VoIP에서 대역폭이 4배의 적합성이 떨어지고 캐리어수도 54%만큼 더 이용하는 것으로 나타났다. 그리고 IPTV에서도 대역폭 60%, 흡수 21%의 적합성이 떨어졌다. 이 두 응용이 시간에 민감한 응용으로 캐리어가 응용의 요구를 만족하지 못하는 캐리어가 활용될 가능성이 큰 환경($w=1.3$)인 까닭에 원활한 실시간 정보의 전송에 부

담이 됨을 알 수 있다. 따라서 이렇게 실시간 응용을 실행할 경우에는 경로를 배정할 때 가능한 응용의 요구전송특성을 만족하는 캐리어를 선택하는 방식(큰 가중치 w)이 필요하다.

가중치를 높여 응용의 요구를 만족시키지 못하는 캐리어의 채택을 좀 더 어렵게 하였다. 표 6에서 보듯이 대체적으로 표 5의 결과와 거의 비슷한 결과가 도출되었다. 그러나 앞서 지적한 VoIP와 IPTV응용에서 대역폭 측면에서의 적합도가 여전히 떨어진 상태가 유지됨을 보인다. 이것은 실시간 전송특성을 만족하기 위해서는 응용의 요구치를 만족시키는 캐리어만으로 경로가 설정되어야 함을 대변하는 것이다. 특히 이 환경에서 눈에 띄는 것은 $w=1.3$ 일 때는 상당한 성능개선이 달성되었던 메일과 웹응용에서의 대역폭 활용도가 나빠진 점이다. 이것은 가중치 w 가 2.0인 상황이 실시간 응용뿐만 아니라 비실시간 응용에도 좋지 않은 환경임을 보인다. 따라서 비실시간 응용을 수행할 때는 낮은 가중치, 실시간 응용을 수행할 때는 높은 가중치로 경로배정해야 함을 알 수 있다.

표 7에서 $w = 1000.0$ 일 때도 실질적인 경로의 성능기준이 되는 대역폭, 비용, 지연시간, 흡수 측면에서 전반적으로 성능이 개선된 결과를 볼 수 있다. 안전응용에서 대역폭 9%, 지연시간 14%, 흡수 2%, 사용된 캐리어수 4%의 성능개선이 있어 대체적으로 안전응용을 수행하는 데는 OMH-MW보다는 CPR이 더 효과적임을 알 수 있다. 웹응용에서도 대역폭 25%, 비용 9%, VoIP에서는 지연시간, 흡수, 그리고 캐리어수에서 4~10%정도 개선되었

표 7: 가중치 $w = 1000.0$ 일 때 성능비교

가중치 $w=1000.0$	응용	SAFETY	MAIL	WWW	VoIP	IPTV
캐리어선호도(CP)	CPR(A)	46.94	4,808.19	3,948.03	6,784.85	344.28
	A/B(%)	87.8%	70.1%	81.6%	101.1%	119.9%
	OMH-MW(B)	53.44	6,862.07	4,839.20	6,710.22	287.18
대역폭(B)	CPR(A)	10,330.40	64,217.96	247,802.52	341,491.31	128,730.21
	A/B(%)	91.4%	128.5%	74.6%	101.0%	108.8%
	OMH-MW(B)	11,302.35	49,964.85	332,129.06	338,204.09	118,336.28
비용(C)	CPR(A)	91,597.97	12,896,156.00	5,998,084.50	4,384,047.00	8,552.56
	A/B(%)	100.9%	2683.7%	91.4%	106.2%	99.1%
	OMH-MW(B)	90,815.33	409,740.81	6,559,378.00	4,129,107.25	8,626.71
지연시간(D)	CPR(A)	119.26	481.60	383.23	84.72	32.65
	A/B(%)	86.0%	96.6%	100.0%	89.9%	104.9%
	OMH-MW(B)	138.68	498.34	383.14	94.22	31.12
흡수(H)	CPR(A)	7.85	8.70	10.03	7.84	10.58
	A/B(%)	98.5%	110.8%	109.7%	93.9%	83.8%
	OMH-MW(B)	7.97	7.85	9.14	8.35	12.62
캐리어수(M)	CPR(A)	1.81	2.03	2.75	1.95	2.36
	A/B(%)	95.8%	161.1%	121.7%	96.1%	98.3%
	OMH-MW(B)	1.89	1.26	2.26	2.03	2.40
실행시간(T)	CPR(A)	0.117	0.104	0.111	0.105	0.130
	A/B(%)	8.6%	7.2%	8.6%	8.0%	11.9%
	OMH-MW(B)	1.361	1.454	1.298	1.310	1.091

고, 그리고 IPTV응용에서는 홉수를 16%정도 줄일 수 있었다. 그러나 메일응용인 경우 지연시간에서 약간의 개선이 있었던 반면 다른 특성에서는 그렇지 못하였다. 특히 비용측면에서 많은 희생이 요구됨을 알 수 있다. 이를 통해 메일응용과 같은 비실시간 전송 응용인 경우 실제 응용이 요구하는 전송 특성을 만족하지 못하는 캐리어도 부분적으로 수용하는 방식(낮은 가중치 w)으로 경로를 배정하는 것이 합리적임을 알 수 있다.

CPR은 표 5, 6, 7에서 확인할 수 있듯이 실행시간 측면에서는 모든 응용을 위해 수행될 때 상당한 시간단축을 달성하고 있다. 크게는 94%에서 작게는 88%만큼 경로배정 실행시간을 대폭적으로 단축한 것이다. 구체적인 전송특성 값을 일일이 모두 비교하여 순위를 매기지 않고 캐리어선호도 CP에 의해 수용정도만을 판단하여 캐리어를 CPR이 선택하기 때문에 그만큼 실행속도가 획기적으로 빨라진 것이다. 종합적으로 CPR를 통해 실제적인 탐색된 경로 자체의 성능개선과 함께, 경로배정 때 훨씬 빨라진 응답성도 함께 구현되었다고 볼 수 있다.

6. 결 론

CPR 경로배정방식은 기존의 OMH-MW이 실제 전송특성 절대값으로 캐리어의 우위를 따지는 것과 달리 캐리어가 응용이 요구하는 전송특성값을 감당할 수 있는지 여부에 따라 결정되는 캐리어의 응용에 대한 선호도 CP 개념을 새롭게 도입하고, 그것을 지표화한 후 전송경로상의 캐리어를 선택할 때 활용하는 경로배정방식이다. 기존 OMH-MW 방식과 성능을 비교하였고, 이를 통해 개선된 경로의 전송특성 적합성을 확인하였고, 특히 CPR에서 CP 값을 경로배정 이전에 미리 계산할 수 있고 캐리어의 적합성 판단을 매우 단순하게 할 수 있기 때문에 OMH-MW 방식에 비해 경로배정 실행시간이 크게 단축되었음을 파악하였다.

참고문헌

- [1] 이성춘, "Mobile Multihop Relay Network", KRnet 2006, The 14th Korea Internet Conference, 2006
- [2] 손주영, 문성미, "다중무선매체 해상통신망을 위한 최다승수기반 경로배정 프로토콜(MWR)", 한국마린엔지니어링학회지, 제34권, 제8호, pp. 1159-1164, 2010.
- [3] 손주영, "다중무선매체로 중첩된 해상데이터망을 위한 최다승기반 홉단위 최적매체 경로배정 프로토콜(OMH-MW)", 한국마린엔지니어링학회지, 제35권, 제5호, pp. 667-674, 2011.
- [4] 박창민, 지정훈, 전홍석, "이기종 네트워크간 핸드오버기술 및 표준화동향", TTA저널 No.125, 2009.
- [5] Jaya Shankar Pathmasantharam, Joe Jurianto, Peng-Young Kong, Ye Ge, Mingtong Zhou, Ryu Miura, "High Speed Maritime Ship-to-Ship/Shore Mesh Networks," ITST '07 7th International Conference on ITS, 6-8 pp. 1-6 June 2007.
- [6] 손주영, "선박 애드 혹 네트워크를 위한 확장탐색구역 경로배정 프로토콜", 한국마린엔지니어링학회지, 제32권, 제8호, pp. 1269-1277, 2008.
- [7] 손주영, "선박 애드 혹 네트워크를 위한 부채꼴 탐색구역 경로배정 프로토콜", 한국정보과학회 논문지, 제35권, 제6호, pp. 521-528, 2008.
- [8] 손주영, 문성미, "선박 애드 혹 네트워크에 적합한 복합적 항로기반 경로배정 프로토콜", 한국마린엔지니어링학회지, 제32권, 제5호, pp. 775-784, 2008.
- [9] T. D. Ta, T. D. Tran, D. D. Do, H. V. Nguyen, Y. V. Vu, and N. X. Tran, "GPS-based Wireless Ad-hoc Network for Marine Monitoring, Search and Rescue(MSnR)," Proceeding of IEEE 2nd International Conference on Intelligent Systems, Modelling, and Simulation, pp. 350-354, 2011.
- [10] M. Abolhasan, T. Wysocki, E. Dutkiewicz "A review of routing protocols for mobile ad hoc networks," Ad Hoc Networks 2, Elsevier, pp. 1-22, 2004.

저 자 소 개



손주영(孫周永)

1981년~1985년 서울대학교 계산통계학과 졸업, 1991년~1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 공학석사, 1993년~1997년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 공학박사, 1985년~1998년 LG전자(주) 미디어통신연구소 책임연구원, 1998년~현재 한국해양대학교 IT공학부 정교수. 관심분야: 고속 해양통신망 프로토콜, e-Navigation, Ad-hoc AIS & GMDSS, MANET, WMN