논문 2013-50-1-24

군사용 위성통신망을 위한 동적 WDRR기반의 스케줄링 알고리즘

(Scheduling Algorithm for Military Satellite Networks using Dynamic WDRR(Weighted Deficit Round Robin))

이 기 엽*, 송 경 섭*, 김 동 성**

(Gi-Yeop Lee, Kyoung-Sub Song, and Dong-Seong Kim)

요 약

본 논문에서는 WDRR(Weighted Deficit Round Robin) 기법을 토대로 군사 위성통신망의 QoS를 향상시키기 위한 스케줄링 기법을 제안한다. 제안된 동적 WDRR기법은 통신망 대기열의 패킷의 크기가 커지는 경우 지수이동평균을 이용, 적절한 추가 퀀텀을 부여하여 대기열의 패킷을 효율적으로 전송하는 방법이다. 제안된 알고리즘의 효용성을 증명하기 위해 OPNET Modeler를 이용하여 모의실험환경을 구축하고, 제안된 알고리즘의 신뢰성 및 실시간성을 분석하였다. 이를 통하여, 기존 군사용 위성통신망 스케줄링 기법에 사용되는 WRR(Weighted Round Robin), DRR(Deficit Round Robin), WDRR(Weighted Deficit Round Robin) 등을 비교 분석한 모의실험 결과를 통해 통신망 지연시간과 패킷 손실율에 관한 성능 향상을 보였다.

Abstract

In this paper, a scheduling algorithm is proposed for military satellite networks to improve QoS(Quality of Service) based on WDRR(Weighted Deficit Round Robin) method. When the packet size that has been queued to be larger, the proposed scheme DWDRR(Dynamic WDRR) method give appropriate additional quantum using EWMA(Exponentially Weighted Moving Average). To demonstrate an usefulness of proposed algorithm using OPNET modeler that built the simulation environment, reliability and real-time availability of the proposed algorithm is analyzed. The simulation results show an availability of proposed scheme in terms of reduce queuing delay and packet drop rate compared and analyzed the existing algorithms WRR(Weighted Round Robin), DRR(Deficit Round Robin) and WDRR with DWDRR.

Keywords : 군사용 위성통신, 다운링크 망, 동적 WDRR, 네트워크 스케줄링

Ⅰ. 서 론

군사 위성통신망에서 라운드로빈 방식은 계산 복잡도가 낮고 구현이 쉬운 스케줄링 기법이지만 트래픽이 집중되어 과부하 상황이 될 때에는 실시간성을 만족하지 못하게 된다. 실시간 전송을 할 수 없더라도 우선순위에 따라 가능한 빠르게 전송할 수 있는 알고리즘이 필요하다[1].

과부하 상황에서 라운드 로빈 방식을 기반으로 하는 WRR(Weighted Round Robin)과 DRR(Deficit Round Robin)과 같은 네트워크 연결에 차등 및 가중치를 두어 공평하게 서비스할 수 있는 알고리즘에 대한 연구들이 진행되어 왔다[2~3].

그 중 대표적인 알고리즘이 WDRR(Weighted Deficit Round Robin)이다. WDRR은 기존의 WRR방식과 DRR 방식의 혼합형으로 WRR의 가중치 메커니즘과 DRR의

* 학생회원, ** 정회원, 금오공과대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology)
※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임
(2012-03-A-01-015-12-010100)
접수일자: 2012년7월26일, 수정일자: 2013년1월3일

퀀텀 메커니즘을 모두 사용하는 방식이다. 다시 말해, WRR과 DRR의 단점을 보완한 기술이다. 또한 이 스케줄링 기법은 다양한 형식의 데이터 지원이 가능하다[4~6]. 그러나 WDRR 알고리즘은 고정된 퀀텀으로 인해 유동적인 환경에 적용하기에는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이를 개선하기 위해 트래픽 사용량에 따라 동적으로 퀀텀을 제공하는 DWDRR(Dynamic WDRR)을 제안한다. 제안하는 스케줄링 알고리즘은 대기열(queue)에 대기 중인 패킷의 크기가 커지는 경우 지수이동평균을 이용하여 적절한 추가 퀀텀을 부여하는 방법이다. 이를 통해 군사용 위성통신망의 QoS를 향상시켰다. OPNET Modeler를 이용하여 제안하는 알고리즘과 기존 알고리즘을 상호 비교 분석함으로서 제안하는 알고리즘이 가능함을 보이고, 패킷 손실률과 대기 지연시간 감소에 관한 성능 향상을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 Ⅱ장에서는 군사용 위성통신망의 스케줄링 기술 현상과 문제점에 대하여 설명한다. Ⅲ장에서는 성능향상을 위한 스케줄링 알고리즘을 제안한다. Ⅳ장에서는 모의실험을 통하여 제안하는 알고리즘의 성능을 증명하고, 끝으로 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 군사 위성통신망의 스케줄링 기술 현황과 문제점 분석

1. Weighted Round Robin

라운드 로빈 방식은 일정 퀀텀 크기를 기반으로 작업 우선순위를 결정하는 방법으로 각 프로세서에게 순서대로 일정시간 동안 대기열을 차지하는 기법이다. 일반적으로 하나의 프로세스 단위로 대기열을 차지하나 패킷이나 노드의 중요도가 상이하거나 사용빈도가 다르다면 이 방식은 공평하지 못한 방법이 된다.

WRR 기법은 ATM(Asynchronous Transfer Mode)과 같은 고속 패킷 스위칭 네트워크에서 계산의 단순성과 저비용 구현의 장점을 가지고 있어 셀 스케줄링 기법으로 널리 쓰인다. 이 기법은 대역폭 할당 시 특정 대기열의 서버 접근시간을 바탕으로 한다.

그림 1과 같이 노드 3은 4개, 노드 1과 노드 4에서는 3개, 노드 2에서는 2개의 패킷이 전송을 위해 대기하고 있다. 라운드 로빈 방식으로 각 노드의 퀀텀을 할당하게 되면 노드 2의 한 퀀텀에서는 전송 없이 소비되고,

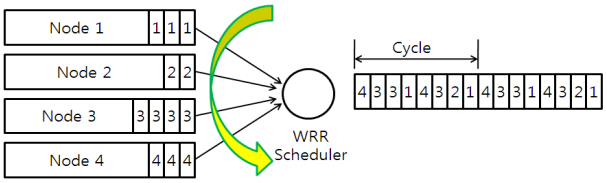

그림 1. 가중치기반 라운드 로빈 스케줄링 기법
Fig. 1. Weighted Round Robin(WRR).

노드 3의 한 패킷은 퀀텀이 부족하여 전송을 할 수 없게 된다. 하나의 퀀텀을 노드 2 대신 노드 3에게 할당하여 패킷을 모두 전송하게 된다. 이처럼 노드들의 전송빈도와 우선순위를 고려하여 퀀텀을 할당한다면 우선순위가 낮은 노드에서는 낭비되는 퀀텀을 줄일 수 있고 전송량이 많거나 우선순위가 높은 노드에서는 빠르고 효율적으로 패킷을 전송하게 된다.

이 방법을 적용하면 입력된 트래픽을 일정한 비율로 스케줄링하기 때문에 서비스 클래스의 모든 공평성 기준을 만족시킬 수 없다. 또, 유사한 패킷의 크기를 가진 환경에서는 적용 가능하나 각 노드마다 패킷의 길이가 다르거나 전송빈도가 일정한 패턴을 가지고 있지 않을 때에는 사용할 수 없다.

2. Deficit Round Robin

WRR의 단점을 개선하기 위해 고안된 DRR(Deficit Round Robin)은 복잡하지 않으면서도 WRR에 비해 효과적으로 스케줄링 할 수 있는 기법이다.

그림 2와 같이 첫 번째 싸이클에서 각각의 대기열에 퀀텀이 60, 0, 10, 60만큼 할당되어 있다. DRR 알고리즘에서는 기본적으로 라운드 로빈 방식으로 싸이클이 동작하며 각 싸이클 안에서는 노드 1에서부터 노드 4까지 순차적으로 선택이 된다. 스케줄러는 패킷의 크기와 남아있는 퀀텀의 양을 비교하여 전송 여부를 판단한다. 패킷의 크기와 퀀텀을 비교하여 퀀텀이 크면 패킷을 전송하고 퀀텀이 작으면 다음 싸이클에서 새로운 퀀텀을 누적시키고 다시 비교하여 전송하는 방식이다.

DRR은 노드간의 우선순위나 중요도가 없기 때문에 공평성을 유지할 수는 있지만 특정노드에 특정 가중치를 부여하지는 못한다. 그리고 패킷의 크기가 고정된 퀀텀보다 수 배 이상 크거나 모든 노드에서 패킷과 비교하였을 때 퀀텀이 작다면 데이터는 노드에 대기 중이지만 최종 대기열에서 데이터를 전송하지 못하는 유휴(idle)상태가 된다. 촌각을 다투는 실시간 시스템에서 이

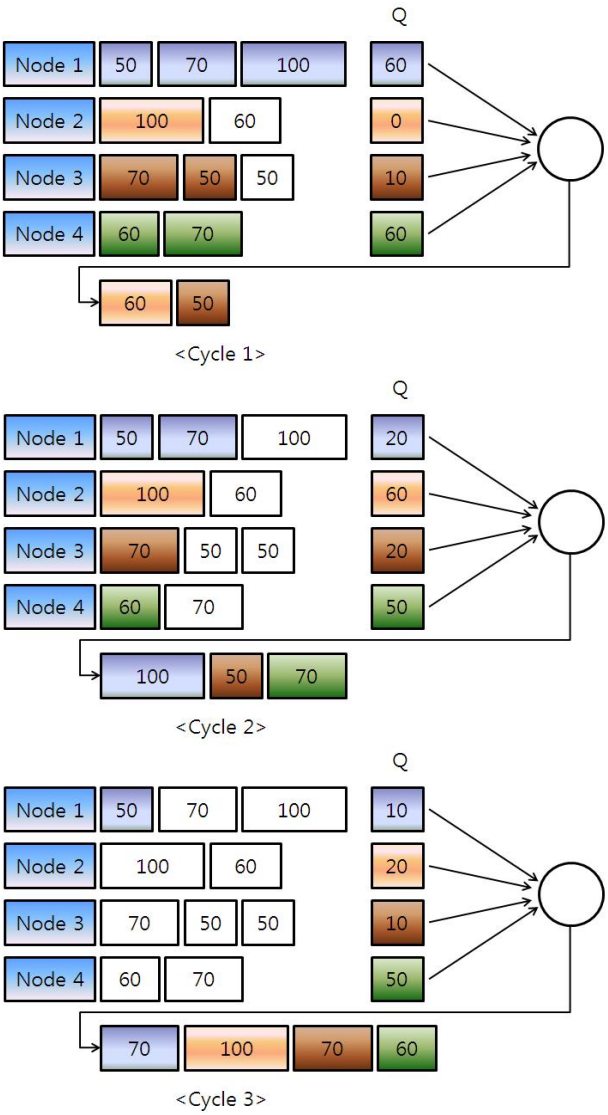

그림 2. 결손기반 라운드 로빈 스케줄링의 예
Fig. 2. Example of Deficit Round Robin Scheduling.

런 경우가 발생한다면, 짧은 시간이지만 실시간성을 보장할 수 없게 된다. 또한, 복잡도와 스케줄러의 성능은 반비례하므로 복잡도를 낮추기 위해서는 DRR 스케줄러가 상당히 조악하게 동작하여야 한다. 이 경우 각각의 대기열이 보장 받는 최대 지연시간은 상당히 증가하게 되므로 실제 군사용 위성통신의 다운링크망 환경에서 멀티미디어 전송 시 DRR 스케줄링 방법은 사용이 어렵다.

3. Weighted Deficit Round Robin

WDRR은 WRR과 DRR 알고리즘을 혼합한 방식으로 DRR과 같이 퀀텀을 기초로 하는 방식과 가중치를 부여하여 대역폭을 할당하는 WRR방식을 모두 사용하고 있다. 이 알고리즘은 기존 DRR과 WRR이 가지고 있던 단점들을 보완하여 스케줄링 공평성을 유지할 수 있는 알고리즘이다.

그림 3은 각 대기열에 축적된 퀀텀과 패킷 사이즈를 보여준다. 위에서부터 30, 75, 75, 50의 퀀텀을 가지고 있으며 알고리즘의 동작은 다음과 같다. 각각의 대기열은 WDRR 스케줄러가 동작 할 때 중앙의 두 대기열에서 축적된 퀀텀이 가장 먼저 전송될 패킷의 길이보다 크기 때문에 패킷의 전송요청이 이루어지고, 축적된 퀀텀에서 패킷의 길이만큼을 감산하여 대기열에 남긴다. 할당된 30, 75, 75, 50만큼의 퀀텀을 대기열에 축적시키고 알고리즘을 마치게 된다. 이 일련의 과정이 끝이 나면 하나의 싸이클이 종료되는 것이다.

그러나 WDRR도 유동적인 환경에서 패킷의 크기가 가변적인 경우나 우선순위에 변동사항이 있을 때, 경우의 수에 따라 패킷은 대기하지만 대기열이 비어있는 경우가 생긴다. 이렇게 대기열이 비어있는 시간이 길어

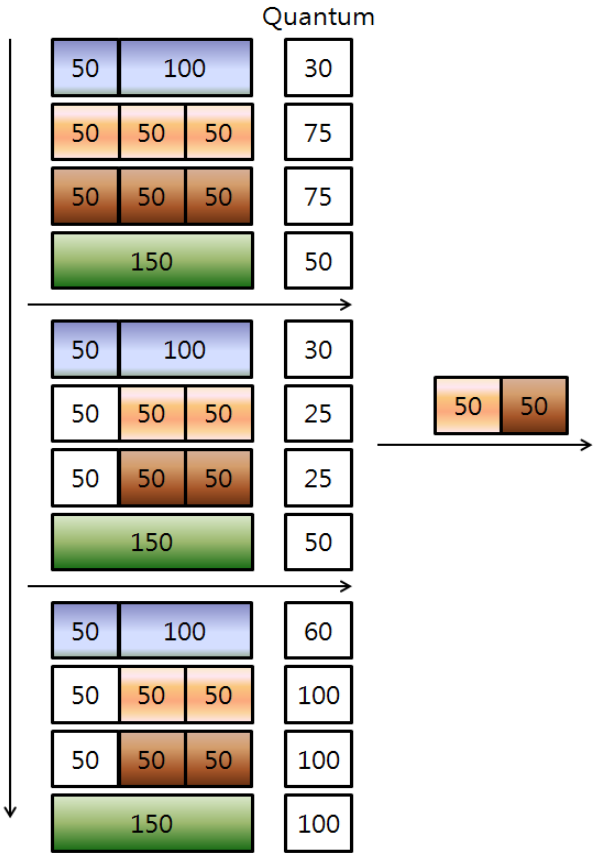

그림 3. 가중치 결손기반 라운드 로빈 스케줄링의 예
Fig. 3. Weighted Deficit Round Robin Scheduling.

지면 전송 효율이 떨어지므로 DRR과 비교해 성능은 우수하지만 위험요소를 완전히 제거하지 못했다고 볼 수 있다.

Ⅲ. 제안된 DWDRR 스케줄링 알고리즘

1. 군사용 위성통신의 요구사항

다양한 통신 기기와 전투체계를 사용하는 군사용 위성 통신망에서 스케줄링 알고리즘을 적용하기 위해서는 두 가지 요구사항을 만족해야한다. 첫째, 최대 길이의 데이터 패킷을 전송할 수 있어야 한다. 둘째, 여러 가지 태스크 타입을 취급할 수 있어야 한다. 왜냐하면, 현대의 정보전에서는 데이터의 종류와 그 크기가 다양하고, 평시에서 전시상황으로 전환되는 과부하 환경에서도 실시간성을 만족해야 하기 때문이다. 특히, 이 시점에서 데이터 요구량이 많아지며, 이로 인해 대기열 지연시간이 길어진다. 이러한 가변적인 요소들을 모두 포괄하며, 실시간성을 만족하지 못하는 환경에서도 우선순위와 전송량을 고려하여 데이터 패킷 전송이 가능한 알고리즘이 필요하다[7~8].

2. DWDRR 스케줄링 모델

가. 알고리즘 흐름도

기존의 WDRR에서는 노드에 남아있는 잔여 퀀텀이 패킷의 크기보다 작을 때 해당 싸이클에서 전송을 하지 못하여도 다음 싸이클에서 고정된 퀀텀을 그대로 부가한다. 하지만 제안하는 동적 WDRR에서는 대기열에 차있는 패킷의 비율과 해당 노드의 우선순위(priority)에 따라 다음 싸이클에서 추가퀀텀을 부여한다. 해당 노드가 두 번째 싸이클에서 전송을 하였다 하여도 이 싸이클에서 추가퀀텀을 부여한다. 만약 두 번째 싸이클에서도 전송을 하지 못하였다면 다시 버퍼율과 우선순위에 따라 더 큰 추가퀀텀을 부여하게 된다.

나. DWDRR의 메커니즘

기존 WDRR 알고리즘에서의 문제는 매 싸이클마다 같은 퀀텀을 부여하는 경직성에 있다. 대기열에 남아있는 패킷량과 과거의 전송 패턴에 관계없이 조건검사에만 의존하여 일정한 퀀텀을 부여한다. 예를 들어, 순간적으로 패킷길이가 200으로 길어졌을 때, 30으로 퀀텀

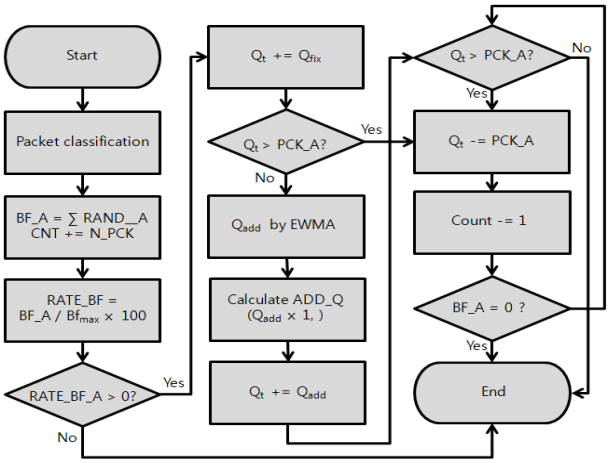

그림 4. DWDRR의 흐름도
Fig. 4. Flow chart of DWDRR.

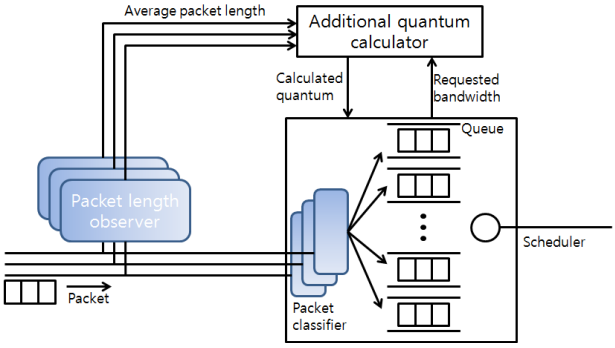

그림 5. DWDRR의 구조
Fig. 5. The structure of DWDRR.

이 할당된 경우 최소 6 싸이클 동안 패킷을 전송하지 못하고 퀀텀을 누적시키게 된다.

이런 점을 보완하기 위해 본 논문에서는 DWDRR을 적용하여 순간적으로 데이터 패킷의 크기가 커지는 경우 추가적인 퀀텀에 의해 6 싸이클보다 빠른 시간 내에 데이터를 전송한다. 이를 통하여 대기열 내부의 패킷 정체 현상을 유연하게 처리할 수 있고, 패킷 우선순위가 변하여도 각 노드별 가중치 및 차등에 따라 공평하고 효율적으로 데이터 전송을 처리할 수 있다.

3. DWDRR을 위한 EWMA의 적용

가. 알고리즘의 수학적 해석

지수이동평균은 이전 값과 이전 지수이동평균 값, 기간 값으로 결정된다. 이전 지수이동평균 값 대신 이전 산술이동평균을 쓰는 공식이 있지만 산술이동평균 값을 변수로 쓰면 관측기간 밖의 과거 값들이 완전히 배제되

므로 이전 싸이클의 지수이동평균 값을 사용한다. 이전 지수이동평균 값이 없는 첫째 표본의 경우 이 평균을 구할 수 없다. 두 번째 표본의 경우 역시 마찬가지인데 세 번째 표본부터 구하기 위해 편의상 첫 번째 표본 값을 첫째와 두 번째의 지수이동평균 값으로 간주한다.

나. EWMA의 적용

본 논문에서의 주요 핵심 사항중 하나는 순간적으로 패킷의 크기가 커지는 경우 추가퀀텀을 어떤 방법으로 부여하느냐이다. 이를 위해 EWMA(Exponentially Weighted Moving Average)를 사용하였다. EWMA를 바탕으로 반 고정되어 있는 평균 버퍼율(BAV)과 고정 퀀텀(QA)을 연산하여 과거 값에 적용하고, 항상 유동적인 현재 버퍼율(BN)과 잔여퀀텀(QN)을 계산하여 현재 값에 적용한다.

$$(B_N \times Q_N) \times (\frac{2}{T_m + 1}) + [A_{N-1} \times (1 - \frac{2}{T_m + 1})] \times a. \qquad (1)$$

EWMA는 지수평활법이 이용된 방법이다. 식 (1)은 Time Window 방식으로 최근의 10 싸이클을 고려하여 평균값을 결정하게 된다. Tm은 각각 가중이동평균법에 의한 가중치 상수이고 α는 우선순위 상수이다. Tm값이 1에 가까우면 현재 값에 많은 비중을 두게 되어 최근 패킷 변화에 대하여 보다 나은 응답성을 가지게 되지만 패킷 전송과정에서 노이즈나 과부하로 인해 위기대처능력이 떨어진다. 반면 T_m값이 0에 가까우면 과거 측정값에 많은 비중을 두게 되고 이에 최종 대기열의 효율성이 떨어진다. 다시 말해, 저부하 위주의 시스템에서는

표 1. 1개 사단 규모의 데이터 요구량
Table 1. Data demand of a division.

구 분	우선순위	정보교환 요구량(bps)
상위단계(Voice 제외)		2.7~4.5M
VoIP	1	1,120~1,192K
타 체계 연동	2	6.1~15.2K
지원관리체계 연동	2	10.6~26.3K
M&S	2	30.5~75.9K
연대급 쉘터 이중화	3	37~92.6K
UAV(무인항공기)	1	384K
영상 전송체계	1	1,740~2,020K
신규 무기체계	1	101.3~110.4K
VTC (사단↔연대)	2	1,800K
대대급 부대 IER증가	3	40.4~181.1K
계		9.4~11M

표 2. 우선순위에 따른 데이터양 정의
Table 2. Definition of data amount by priority.

우선순위	우선순위에 따른 데이터의 정보교환 요구량
1	4522K~6240Kbps
2	3506K~4066Kbps
3	154K~5919Kbps
4	148K~4372Kbps

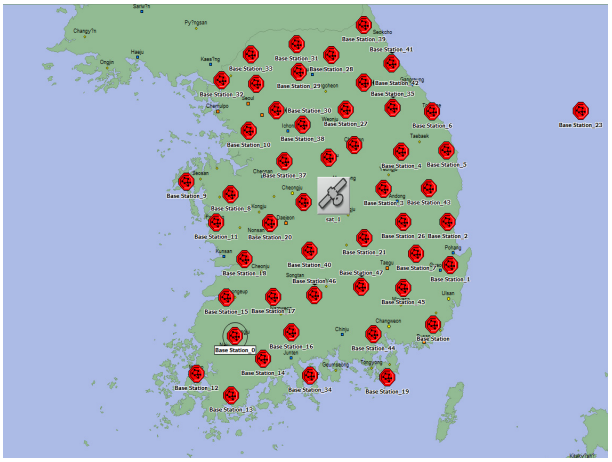

그림 6. 위성과 위성 기지국들의 가상 배치도
Fig. 6. Imaginary arrangement of a satellite and bases.

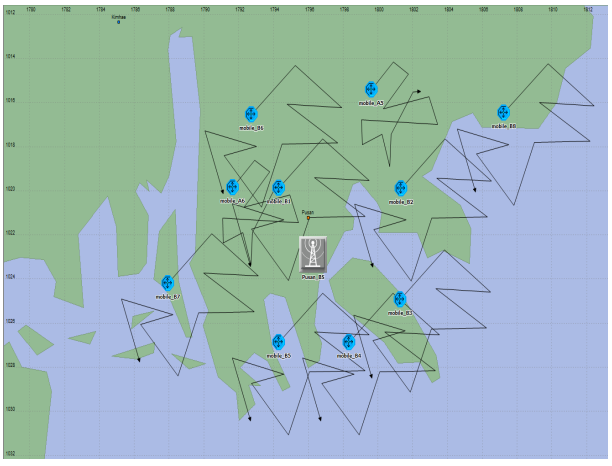

그림 7. 위성 지상기지국과 하위노드들의 가상 배치도
Fig. 7. Imaginary arrangement of a satellite ground base and sub-nodes.

과부하에 취약하고 과부하 시스템에서는 저부하에 취약점을 보인다. 따라서 과거 데이터의 패킷 패턴을 분석하여 적절한 Tm과 α값을 신중히 선정해야한다.

Ⅳ. 모의실험 및 성능평가

1. 모의실험 환경

지상 위성링크간의 우선순위는 없다고 가정한다. 그러나 실제 전장 환경에서는 북한을 대비하는 만큼 북쪽의 지상 위성링크가 더 큰 우선순위를 가질 수 있다. 대한민국의 면적(10만 ㎢)과 배타적 경제수역을 고려한 직경 12,000 ㎞ 범위를 군 전력 전술 지휘 통제 망으로 활용하기 위해 위성링크를 47개로 설정하고 하위노드는 약 4000개로 가정하였다. 하나의 지상 위성링크에는 탱크, 무인항공기, 잠수함, 연대와 대대의 이동용 단말기 등 한 개 사단 규모의 약 80개 하위노드들을 설정하였으며 통신망은 메시(mesh)형으로 구성하였다. 지상 위성링크와 위성간의 통신은 50개의 타임 슬롯으로 나누어진 TDMA(Time Division Multiple Access)방식으로 구성하였다.

국방정보화 발전계획에 반영된 70여개의 주요 정보체계사업을 대상으로 하는 수학적 모델기법의 통신수요 예측 방법을 적용하여 국방정보통신망의 기반 구조에 필요한 군 정보유통량 분석 및 통신수요를 예측하였다. 예측방법은 제대별 평균 메시지 크기를 가정하고 도착시간 분포와 서비스 조건, 자원수를 사용하여 트래픽을 산출하는 대기식 완전선군 모델을 적용하였다[9].

모의실험을 위해 각 위성 지구기지국에서 임의의 길이를 가진 데이터의 종류를 4가지로 분류하여 평균 요구도에 따라 랜덤하게 전송한다. 가장 큰 우선순위를 가지는 우선순위 1은 4522~6240 Kbps의 패킷전송을 요구하고 대표적으로 명령/보고, VoIP, 영상, 무인항공기 등의 정보를 가진다. 우선순위 2는 3506~4066 Kbps의 전자문서, 화상통화, 타 체계 연동 등의 패킷전송을 요구한다. 우선순위 3은 154~5919 Kbps의 E-mail, 망관리/암호 등의 패킷전송을 요구한다. 그 외의 데이터들은 우선순위 4로 처리한다.

알고리즘의 성능 비교는 평균 대기열 지연시간과 각 라운드에서 각 대기열의 패킷들이 손실되는 비율을 비교한다. 본 논문에서는 대기열 지연시간의 성능 비교를 위해 데이터양을 1.5 Gbps에서 3.9 Gbps로 늘였다. 평균 패킷의 처리 시간이 짧을수록 해당 알고리즘이 같은 양의 패킷을 더 짧은 시간에 서비스한다는 것을 의미하며 각 대기열의 패킷 손실률은 과부하 상황에서 패킷 오버플로우(overflow)가 발생되지 않고, 얼마나 스케줄링이 잘 이루어지는가를 나타낸다[10].

2. OPNET을 활용한 컴퓨터 모의실험

가. 대기열 지연시간 비교

그림 8, 9, 10, 11은 각 알고리즘의 우선순위에서의 대기열 지연시간을 나타낸 것이다. 각각의 그림에서 볼

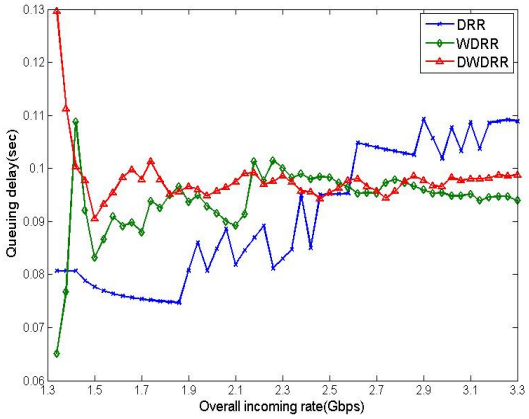

그림 8. 각 알고리즘 별 대기열 지연시간 변화: 우선순위 1
Fig. 8. Queuing delay changes by each algorithm: priority 1.

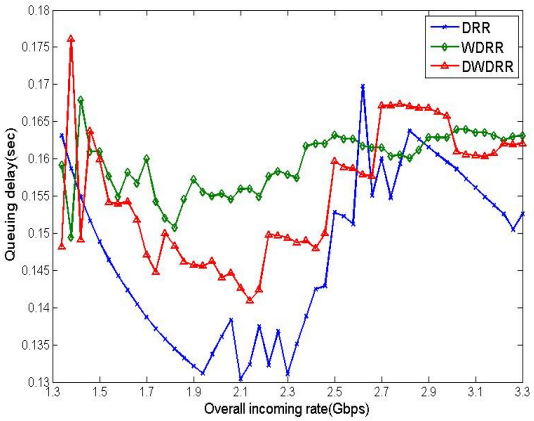

그림 9. 각 알고리즘 별 대기열 지연시간 변화: 우선순위 2
Fig. 9. Queuing delay changes by each algorithm: priority 2.

수 있듯이 우선순위 1, 2에서는 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘들과 큰 차이가 나지 않음을 알 수 있다. 우선순위 3에서는 제안된 알고리즘이 기존보다 성능이 조금 떨어짐을 볼 수 있다. 그러나 이는 트레이드오프(Trade off) 현상으로 우선순위 4의 대기열 지연시간을 감소시킴으로 인한 미세한 차이의 수치이다.

그림 11은 우선순위 4에서의 대기열 지연시간을 나타낸 것이다. 세 가지 알고리즘 모두 안정된 지연시간을 유지하다가 2.4 Gbps이후로 급격하게 증가한다. 그러나 DWDRR의 대기열 지연시간은 기존의 알고리즘들보다 그 기울기가 완만하게 증가한다. DRR의 지연시간

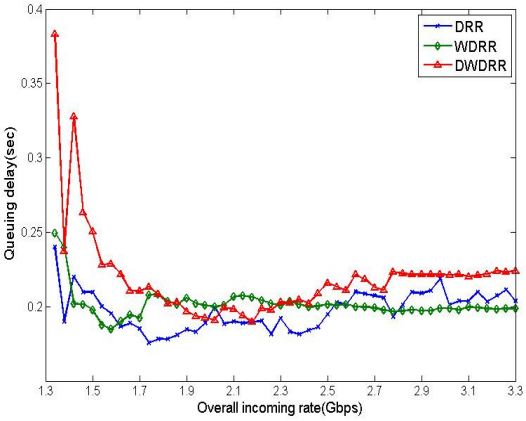

그림 10. 각 알고리즘 별 대기열 지연시간 변화: 우선순위 3
Fig. 10. Queuing delay changes by each algorithm: priority 3.

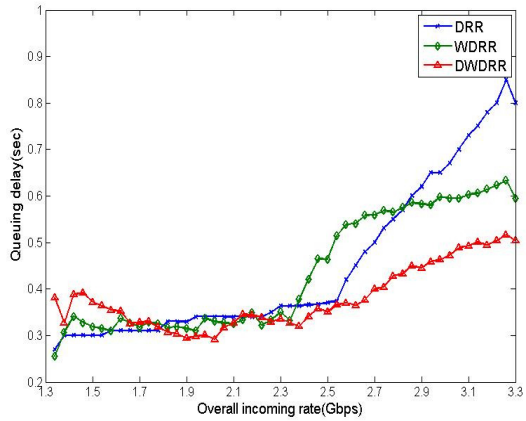

그림 11. 각 알고리즘 별 대기열 지연시간의 변화: 우선순위 4
Fig. 11. Queuing delay changes by each algorithm: priority 4.

평균값은 0.44 초, WDRR의 평균값은 0.43 초, DWDRR의 평균값은 0.38 초이다. 이 모의실험에서 정의하는 2.4 Gbps 이후 즉, 전시상황에서의 과부하 환경에서는 DRR이 0.555 초, WDRR이 0.54 초 그리고 DWDRR에서는 0.42 초의 값을 가진다. 기존의 알고리즘에서 우선순위 4의 데이터율을 꾸준히 증가시켰을 때 대기열 데이터의 증가에 따라 대기열 전송지연도 꾸준하게 증가한다. 비록 낮은 우선순위의 패킷이지만 이렇게 트래픽이 과중된다면 장시간동안 전송이 불가능하게 된다.

나. 패킷 손실율 비교

그림 12와 13은 각 알고리즘들의 우선순위 1, 2에서 패킷 손실율을 비교한 내용이다. 우선순위 1, 2에서 데

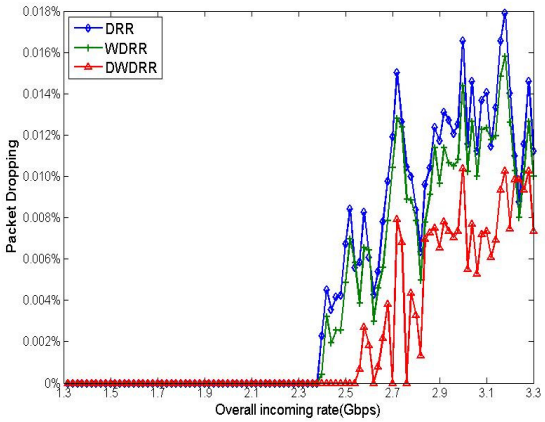

그림 12. 전송 패킷당 패킷 손실율: 우선순위 1
Fig. 12. Packet drop rate per transmission packet: priority 1.

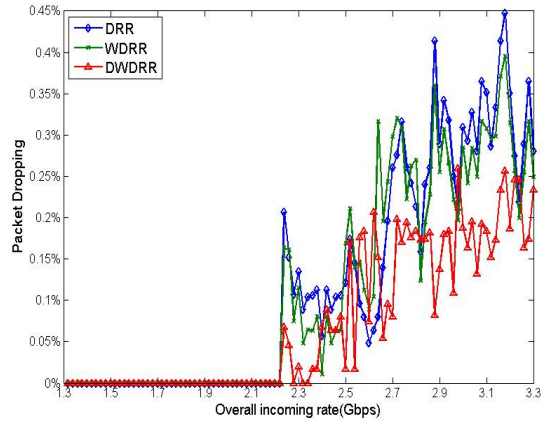

그림 13. 전송 패킷당 패킷 손실율: 우선순위 2
Fig. 13. Packet drop rate per transmission packet: priority 2.

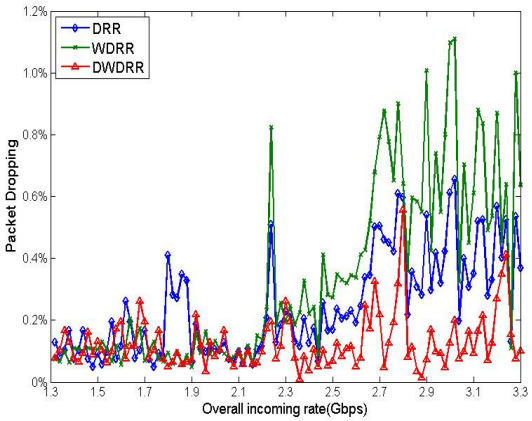

그림 14. 전송 패킷당 패킷 손실율: 우선순위 3
Fig. 14. Packet drop rate per transmission packet: priority 3.

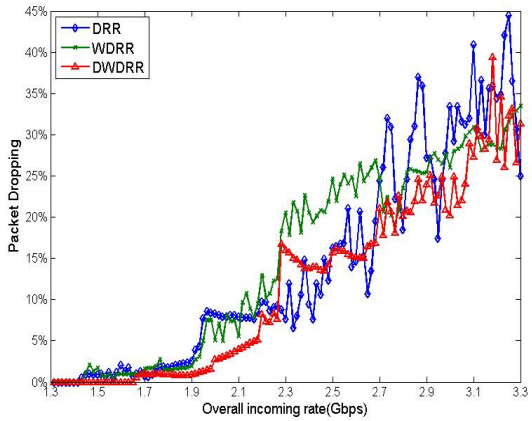

그림 15. 전송 패킷당 패킷 손실율: 우선순위 4
Fig. 15. Packet drop rate per transmission packet: priority 4.

이터율을 서서히 증가시켰을 때 DRR과 WDRR은 2.4 Gbps에서 패킷 손실율이 상승하지만 제안하는 알고리즘은 2.55 Gbps에서 반응을 보이고 그 이후로도 평균 패킷 손실율이 낮음을 나타낸다.

그림 14는 우선순위 3에서의 패킷 손실율을 비교하고 있다. 우선순위 3에서도 비슷한 결과를 볼 수 있다. 1.3~2.35 Gbps 구간에서는 세 가지 알고리즘이 비슷한 성능을 보였다. 그러나 2.35 Gbps 이후로 제안된 알고리즘이 기존 알고리즘보다 성능이 향상 되었다. 이 부분에서는 기존의 DRR이 WDRR보다 성능이 우수함을 보였다. WDRR은 사용자의 정의에 의해 퀀텀을 할당할 수 있으므로 이에 따라 성능이 달라질 수 있다.

그림 15는 데이터율을 서서히 증가시켰을 때 우선순위 4에서의 패킷 손실율을 비교한 값이다. 다른 우선순위의 패킷 손실율에 비해 제안된 알고리즘의 성능이 향상되지 않았다. 이 실험 결과에서는 세 가지 방식 모두 특정구간에서 두드러진 성능향상이 나타나지 않기 때문에 비교할 수 없다. 평균 대기열 지연시간의 실험결과와 비교하여 보면, 트레이드오프에 의해 대기열 지연시간의 향상이 이루어져도 패킷 손실율에는 크게 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

3. 모의실험 분석

제안된 알고리즘인 DWDRR은 기존의 고정위성에 적용되던 DRR과 WDRR보다 과부하 상황에서 패킷 손실율이 낮고 우선순위가 낮은 패킷도 상대적으로 대기열 지연시간이 적다. 그러나 미세한 차이지만 우선순위 1, 2, 3의 지연시간이 증가하고 데이터 전송율이 1.4 Gbps 미만일 때 제안하는 알고리즘의 지연시간이 기존 알고리즘 보다 상대적으로 높은 모습을 보인다. 이는 데이터양이 급격히 증가하는 상황을 고려한 시뮬레이션이기 때문에 저부하 상황에서 딜레이 시간이 높게 나오는 것이라 판단된다. 본 연구의 주요 분석 범위는 2 Gbps 이상의 과부하 상태이므로 2 Gbps 미만에서의 지연 시간은 제안된 알고리즘의 성능평가의 고려대상이 아니다.

실제적으로 대기열 지연시간이 패킷 드랍율에 영향을 미치지만 이 두 요소가 항상 비례하는 것은 아니다. 모의실험 결과와 같이 DRR과 WDRR의 대기열 지연시간과 패킷 손실율을 비교하여 보면 지연시간이 높더라도 패킷 손실율이 낮거나 지연시간이 낮아도 패킷 손실율이 높은 구간을 볼 수 있다.

WDRR의 퀀텀은 가중치에 따라 다르게 부과되고 DWDRR의 퀀텀은 가변적으로 변한다. 즉, 사용자가 임의로 퀀텀을 부여할 수 있기 때문에 DRR과 WDRR 또는 DWDRR의 비교는 퀀텀을 어떻게 부과하느냐에 따라 그 성능이 달라질 수 있다. 따라서 WDRR의 퀀텀과 DWDRR의 고정퀀텀을 똑같이 부과함으로서 각각의 스케줄링 알고리즘간의 성능을 정확히 비교할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 라운드 로빈 알고리즘을 토대로 군 위성망의 다운링크를 위한 위성 지상기지국과 하위노드에 적합한 DWDRR 스케줄링 기법을 제안하였다. 기존의

위성에 적용 되던 DRR, WDRR 등 기존 라운드 로빈 기반의 군사 위성통신망 스케줄링 알고리즘은 다양한 데이터 타입을 지원하기 힘들고 노드 부하가 커지면 대기열에서 대기하는 패킷이 증가했다.

제안된 DWDRR 알고리즘의 성능 분석을 위해 기존 군사용 위성통신망 라운드 로빈 스케줄링 기법에서 파생된 DRR, WDRR을 비교분석 하였다. DRR과 WDRR은 모두 데이터 길이가 가변적이고 트래픽이 가중된 시스템 환경에 직접 적용하기에는 한계가 있었지만, DWDRR은 2.55 Gbps이후부터 성능향상을 보였다.

본 논문에서는 제안된 기법을 모의실험을 통하여 패킷 손실율과 대기열 지연시간에 관하여 성능 향상을 보였다. 향후 과제로 저부하 환경과 과부하 환경에서의 성능분석과 앞서 언급한 지상 링크간의 우선순위를 고려한 모의실험이 있다. 하위노드들의 핸드오버에 의한 우선순위 변화를 고려한 모의실험과 위성을 복수로 설정하여 위성간의 링크도 고려하는 시스템의 모의실험도 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Blackmore, P.A, “Information Scheduling in a Military Satellite Broadcast System”, IEEE International conference on ICON '99, pp 313-323, 2002

[2] Paul D. Mitchell, David Grace, “Analytical Model of Round-Robin Scheduling for a Geostationary Satellite System” IEEE Communications Letters, Vol 7, No.11, pp. 546-548, Nov 2003

[3] William M. Shvodian, “Multiple Priority Distributed Round Robin MAC Protocol for Satellite ATM”, IEEE Military Communications Conference, Vol. 1, pp 258-262, 1998

[4] Idris A. Rai and Murat Alanyali, “Uniform Weighted Round Robin Scheduling Algorithms for Input Queued Switches”, IEEE International Conference on ICC, Vol. 7, pp. 2028-2032, 2001

[5] Sören Sonntag and Helmut Reinig, “An Efficient Weighted-Round-Robin Algorithm for Multiprocessor Architectures”, IEEE 41st Annual Simulation Symposium, pp. 193-199, 2008

[6] “Efficient QoS-based Uplink Scheduling Scheme in IEEE 802.16e Mobile Stations”, IEEE Transactions on Wireless Communications and Networking Conference, pp. 1-6, 2009

[7] Zeng yuan, Gong wen-bin, Liu hui-jie, liang xu-wen, “LEO Satellite Scheduler Model and Simulation″ 4th international conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, pp. 1-5, 2008

[8] 김형민, “인공위성을 이용한 군 통신망 구축 요구사항에 관한 연구”, 동의대학교 산업기술대학원, 2004

[9] 최영민, 임영갑, 김영호, “전술통신 시스템의 효율적인 설계를 위한 정보교환 요구량 분석”, Telecommunication review, 제 20권 2호, 2010년 4월

[10] 고인아, “WDRR 스케줄링 방식의 패킷지연시간에 대한 확률적 분석”, 한국과학기술원, 2005

저 자 소 개

이 기 엽(학생회원)
2009년 금오공과대학교 전자공학부 학사 졸업.
2012년 동대학원 제어임베디드과 석사 졸업.
2013년 3월～현재 동대학원 제어임베디드과 박사과정.
<주관심분야 : 무선 제어 네트워크, 산업용 통신망, 군사용 네트워크>

송 경 섭(학생회원)
2012년 금오공과대학교 전자공학부 학사 졸업.
2012년 3월～현재 동대학원 제어임베디드과 석사과정.
<주관심분야 : 네트워크 기반 임베디드 시스템, 함정 제어 통신망, 실시간 전송 기법>

김 동 성(정회원)-교신저자
전자공학회논문지-CI 제 47권 제 6호 참조