

대규모 임무지향시스템의 네트워크 트래픽 스무딩 방법

*이인웅 *김태완 **이동호 *이상훈

*연세대학교 **국방과학연구소

*mayddb100@yonsei.ac.kr

Traffic smoothing of large-scale mission critical system

*Lee, In-Woong *Kim, Tae-Wan **Lee, Dong-Ho *Lee, Sang-Hoon

*Yonsei Univ. **Agency for Defense Development

요약

본 논문은 함정의 대규모 임무지향시스템에서 전송 데이터를 전송할 때 발생할 수 있는 인코더와 디코더 언더플로우를 방지하고, 트래픽이 프레임 별로 역동적으로 발생할 수 있는 환경을 고려하여 트래픽 스무딩을 수행한 전송 시스템에 대하여 설명한다. 기존의 H.263, H.264의 전송 표준 방식인 on-off policing 방법은 인코더의 목표 비트 전송률(Target Bit Rate)에 따라서 일정한 값으로 정해지는 것과 달리, 프레임을 인코딩함으로써 발생한 프레임의 전체 셀 량과 슬라이스 별로 발생하는 데이터 셀의 역동성을 반영하여 프레임마다 전송시간과 전송률을 반영해주면 부드럽게 전송 데이터의 전송이 일어난다. 또한 기존의 on-off policing과 제시한 대규모 임무지향시스템에서의 트래픽 스무딩 알고리즘의 성능을 비교하여 분석한다.

1. 서론

본 논문은 함정의 대규모 임무지향시스템에서 전송 데이터를 전송할 때 발생할 수 있는 인코더와 디코더 언더플로우를 방지하고, 트래픽이 프레임 별로 역동적으로 발생할 수 있는 환경을 고려하여 트래픽 스무딩을 수행한 네트워크 시스템에 대하여 설명한다. 기존의 H.263, H.264의 전송 표준 방식인 on-off policing 방법은 인코더의 목표 비트 전송률(Target Bit Rate)에 따라서 일정한 값으로 정해지는 것과 달리, 프레임을 인코딩함으로써 발생한 프레임의 전체 셀 량과 슬라이스 별로 발생하는 데이터 셀의 역동성을 반영하여 프레임마다 전송시간과 전송률을 반영해주면 부드럽게 전송 데이터의 전송이 일어난다. 또한 기존의 on-off policing과 제시한 대규모 임무지향시스템에서의 트래픽 스무딩 알고리즘의 성능을 비교하여 분석한다.

현대전의 추세는 기존의 함정 단위 플랫폼의 독립적인 전투체계에서 벗어나 각 플랫폼을 전송 데이터 링크를 활용하여 네트워크화 함으로써 통합적인 시스템 단위로 운용하는, 이른바 협동교전 능력을 구현하여 network centric warfare (NCW)의 수준을 크게 향상시키는 개념으로 변화하고 있다[1][2]. 따라서 효과적이고 체계적인 정보의 전달과 처리를 위해 그림 1에서 볼 수 있듯이 함정 내 각종 감지기 체계 및 무기 체계와 더불어 통합된 통신체계의 중요성 또한 더욱 높아지고 있다. 이러한 NCW로의 변화는 다수의 다양한 표적에 대한 조기 탐지 및 식별 문제, 전투공간의 확대와 빠르게 진행되는 전장상황의 변화에 대비한 정보의 신속한 처리 문제가 해결되어야 하며, 이를 위해 발전된 개념이 warship combat system (WCS)이다.

WCS의 목적은 함정에 탑재된 센서 및 무장을 최적으로 통합 및 제어하여 함정의 전투력을 극대화 하는데 있다. 현대 전투체계는 이를 위해 NCW를 함정에 적용하고 있는데, 이로 인해 기존의 독립적인 함정에는 없던 함정 내 네트워크의 안정성이 전투력에 영향을 주게 되었

다. 정보의 정확한 전달이 전송의 효율을 극대화 하는 것과 동시에 정보의 손실이 전송의 효율을 떨어뜨리는 원인을 주게 된 것이다. 이에 관한 문제를 해결하기 위해 정보의 안정적이고 신속한 전달과 관련된 기술이 WCS에서 주목을 받고 있다.

본 논문에서는 전송 데이터를 전송할 때 인코더와 디코더의 버퍼 언더플로우로 인한 정보의 손실이 일어나지 않도록 프레임 별로 전송량을 최적으로 조절해주는 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서는 버퍼에 들어오는 데이터 량이 버퍼의 크기보다 커서 발생할 수 있는 인코더 및 디코더의 버퍼 오버플로우는 고려하지 않는다. 논문의 구성은 첫 번째 부분에서 실시간에서 스무딩 알고리즘에 대하여 소개하고, 두 번째 부분과 세 번째 부분에서는 제안한 알고리즘의 스무딩 방법을 소개하며 마지막 부분에서는 시뮬레이터를 이용한 실제 스무딩의 결과를 분석한다.

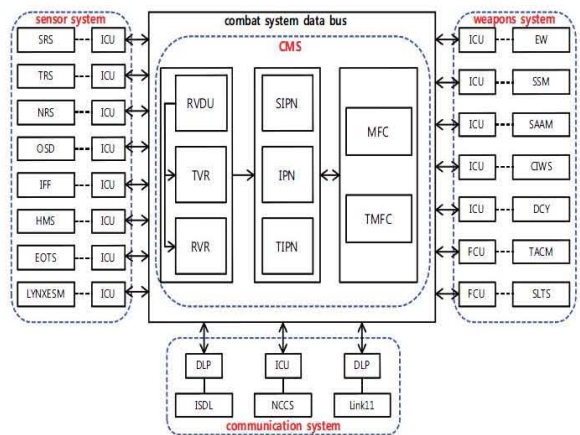


그림 1. 함정전투체계의 일반적 구조

2. 본론

2.1 스무딩 알고리즘

스무딩 기술은 데이터를 전송할 때 프레임별 혹은 group of picture (GOP) 단위로 대역폭을 조절함으로써 인코더나 디코더의 언더플로우에서 일어날 수 있는 정보의 손실을 막도록 하는 기술이다. 지금까지 실시간에서 압축표준 H.263이나 H.264에서 표준으로 사용되어 온 스무딩 방법은 on-off policing인데[3], on-off policing의 전송률은 인코더의 목표 비트 전송률(Target Bit Rate)에 따라서 일정한 값으로 결정이 된다. On-off policing은 방법이 단순해서 사용이 용이하지만 각 프레임마다 바뀔 수 있는 데이터 전송량을 최적으로 반영해주지 못하는 결점을 가지고 있다. 본 논문에서 제시하는 스무딩 알고리즘은 이런 프레임마다의 변화를 반영해주어 프레임마다 최적의 전송률을 결정해주는 방법이다.

2.2 프레임 별 전송시간 할당

프레임 하나당 슬라이스의 수를 라 하고 GOP에서 발생한 데이터 셀의 총합을, i 번째 프레임에서 발생한 데이터 셀의 총합을 각각이라고 하면 프레임 별 전송시간은 다음과 같은 방법으로 단순하게 할당할 수 있다. ($1 \leq i \leq N-1$, N은 GOP의 프레임 총수)

$$T_i^o = \frac{E_i^T}{E_r} \times n^p$$

그리고 프레임마다의 상대적인 딜레이를 결정해 주어야 하는데 이 값은 앞서 구한 전송시간과 이전 프레임의 상대적인 딜레이의 합에서 한 프레임의 슬라이스 총합을 빼는 것으로 구할 수 있다. 이렇게 구한 프레임의 상대적 딜레이는 전송 시스템의 최대 딜레이보다 작거나 같고 인코더 버퍼의 기준 딜레이보다는 클 때만 값으로 인정되고 경계를 넘어설 때 상한에선 상한으로 하한에선 하한 값보다 1 큰 수로 값을 대입해준다. 이렇게 구한 프레임의 상대적인 딜레이에서 이전 프레임의 상대적인 딜레이를 차를 기본적인 한 프레임의 슬라이스 수인에 더해지면 최종적인 전송시간을 프레임마다 할당할 수 있다. 이때 초기의 프레임의 상대적인 딜레이는 0으로 가정하고, GOP 내의 마지막 프레임의 전송시간은 GOP의 총 슬라이스 수에서 앞에 할당된 전송시간의 총합을 뺀 값으로 구한다.

2.3 프레임 별 스무딩

프레임 별로 전송할 수 있는 시간이 정해지는데 이 시간에 얼마만큼의 데이터 셀을 전송하는지를 결정하는 것이 스무딩인데, 첫 번째 프레임에서의 전송률 결정과 나머지 프레임에서의 전송률 결정방법에 약간의 차이가 있다. 첫 번째 프레임에서는 디코더의 대기 시간을 고려하고 다음 프레임부터는 디코더의 대기 시간을 따로 고려하지 않기 때문이다. 프레임 별 스무딩을 하기 위해서 프레임 내에 있는 슬라이스들 각각에 대한 전송률을 먼저 구해야 한다. 이에 따른 디코더 언더플로우를 방지하는 슬라이스 별 최소 전송률의 결정 방법은 다음과 같다.

$$R_p^m = \frac{1}{n^w + p - 1} \sum_{q=0}^{p-1} R^m(n+q)$$

$$R_p^m = \frac{1}{p} \sum_{q=0}^{p-1} R^m(n+q)$$

프레임 단위의 슬라이스 별 전송률은 디코더의 언더플로우를 막기 위해서는 최댓값으로 선택되어야 한다. 따라서 이렇게 구해진 프

레이프 별 전송률은 앞의 파트에서 구한 프레임 별 전송시간마다 할당되어져서 전송 데이터의 트래픽 스무딩을 수행하게 된다.

2.4 시뮬레이션 결과

인코더의 기준 딜레이는 30 슬라이스로 하였고, 프레임 당 최대 전송 딜레이는 10으로 정하였다. GOP의 개수는 2개이고, GOP 내 프레임은 I-프레임 1개와 P-프레임 14개로 이루어져 총 15개의 프레임으로 구성되어 있고, 한 프레임은 30개의 슬라이스로 구성된다. 또한 데이터의 발생에 대한 정보는 미리 알고 있다는 가정으로 실험을 진행하였다.

그림 2에서 case 1은 on-off policing의 전송률 할당을 나타내고, case 2는 본 논문의 스무딩 알고리즘의 전송률 할당을 나타낸다. E(p)는 프레임의 슬라이스당 발생하는 전송 데이터 셀의 양을 나타낸다. 그림 3에서는 앞의 방법대로 할당한 전송률의 성능을 나타내는데, U(p)는 인코더의 언더플로우 양으로 case 1의 경우가 case 2의 경우보다 대략 5배에 가까운 양의 정보 손실을 주고 있음을 알 수 있다.

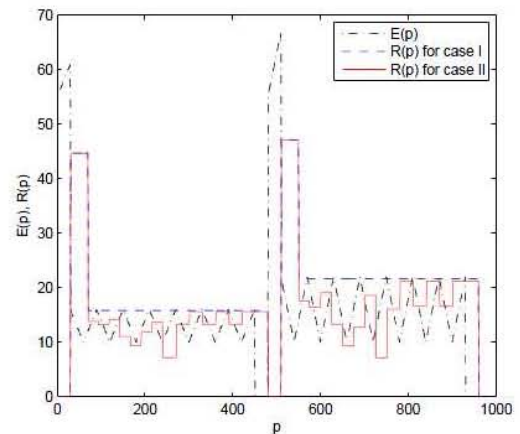


그림 2. 데이터 셀의 발생과 전송률 할당

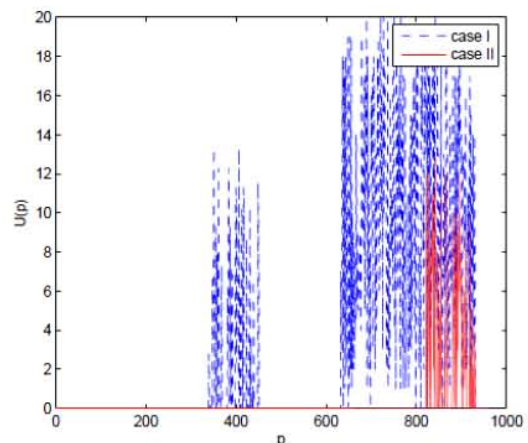


그림 3. 인코더 언더플로우 발생 셀의 양

3. 결론

본 논문에서는 기존의 일정하게 전송률을 유지하여 전송 데이터의 변화를 반영하기가 어려웠던 on-off policing의 결점을 보완하여, 프레임 별로 전송률을 제어하도록 하였고 이를 수행할 때 슬라이스 별로 전송률을 고려하여서 디코더의 언더플로우를 방지하도록 했다. 이

런 방식으로 구현된 전송률은 실제로 on-off policing보다 좋은 성능을 보여주었다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Agency for Defense Development (ADD) and by the Defense Acquisition Program Administration (DAPA), Republic of Korea under Grant No. ADD-10-01-02-04

참 고 문 헌

[1] H. Reed and F. Stein, "Net-Centric Conversations: The Unit of Work for Network Centric Warfare and Network Centric Operations", IEEE Military Communications Conference, 2006.

[2] A. Gartska, "Network Centric Warfare", Department of Defense, 2001.

[3] D. Marpe, T. Wiegand, and G. Sullivan, "The H.264/MPEG-4 advanced video coding standard and its applications", IEEE Communications Magazine, vol. 44, no. 8, pp. 134-143, Aug. 2006.