차세대 함정 전투체계의 엣지 컴퓨팅을 위한 QoS 기반의 Task Offloading 기법

김경선[1], 이재민[2], 김동성[3], 김재우*

금오공과대학교{IT융복합공학과[1], 전자공학부[2,3], ICT융합특성화연구센터*}

{20186114[1], ljmpaul[2], dskim[3], jaewookim*}@kumoh.ac.kr

Task Offloading Scheme Based on QoS for Next-Generation Naval Combat System

Gyeong Seon Kim[1], Jae Min Lee[2], Dong Seong Kim[3], Jae Woo Kim*

Kumoh National Institute of Technology

{Dept. of IT Convergence Eng[1], School of Electronic Eng[2,3], ICT Convergence Research Center*}

요 약

함정 전투체계는 여러 하부 체계가 하나의 플랫폼으로 운용되고 있는 대규모 분산 시스템이다. 실제 전시 상황에서 발생하는 위급상황에 대한 실시간 및 정확한 대처를 위하여 하부 체계의 복잡성이 증가하고 있다. 복잡성이 증가함에 따라 하부 체계가 생성하는 데이터의 크기 및 양이 증가하며, 하부 체계의 컴퓨팅 파워와 리소스가 부족해지는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 차세대 함정 전투체계를 위한 엣지 프레임워크가 제안되었다. 이 연구에 대한 향후연구로, 본 논문에서는 차세대 함정 전투체계의 엣지 컴퓨팅을 위한 QoS 기반의 Task Offloading 기법을 제안하고 설계한다. 여기서 QoS란 함정 전투체계의 통신 플랫폼인 DDS 미들웨어가 데이터의 정확성을 보장하기 위하여 시행하고 있는 내부 정책을 뜻한다.

Ⅰ. 서 론

함정 전투체계는 실제 전시 상황에서 여러 가지 임무를 수행하기 위하여 하부 체계가 하나의 플랫폼으로 운용되고 있는 대규모 분산 시스템이다. 하부 체계는 최소 수십 개에서 최대 수백 개의 센서 및 장비를 취급 중이며, 개별적인 서버를 통해 데이터 컴퓨팅을 진행한다. 이러한 하부 체계는 전시 상황의 대처에 대한 정확성 및 실시간성을 개선하기 위하여 복잡성이 증가하고 있다. 하부 체계의 복잡성이 증가함에 따라 하부 체계가 생성하는 데이터 양 및 크기가 증가한다. 이는 하부 체계 서버 측면에서 컴퓨팅 파워 및 리소스 부족 문제를 발생 시킨다. 위와 같이 함정 전투체계의 복잡성이 증가하는 것은 차세대 함정 전투체계에 해결되어야 할 필수적인 요구사항이다[1].

[2]의 연구에서 현재 함정 전투체계가 차세대 함정 전투체계의 요구사항을 만족하는지 분석하였다. 현재 함정 전투체계는 차세대에 요구되는 대용량 데이터 컴퓨팅 환경에 적합하지 않다. 하부 체계에서 생성되고 컴퓨팅되는 데이터 크기가 1000MB 이상일 경우 하부 체계의 서버가 취급중인 센서로부터 전송받고 컴퓨팅하는데 소요되는 지연시간은 1000ms를 초과한다[2]. 이는 함정 전투체계의 실시간성 측면 요구사항을 만족하지 못하는 수치이다. 따라서 [2]의 연구에서 차세대 함정 전투체계를 위한 엣지 프레임워크를 제안하고 함정 전투체계의 컴퓨팅 환경을 개선하기 위한 기존 연구와 성능 비교하였다.

본 논문은 [2] 연구에 대한 향후연구로써, 차세대 함정 전투체계의 엣지 컴퓨팅을 위한 QoS(Quality of Service) 기반의 Task Offloading 기법을 제안하고 설계한다. 제안하는 함정용 엣지 프레임워크의 실시간성 및 네트워크 부하 측면 성능을 개선하기 위함이다. 또한 엣지와 하부 체계 서버에 컴퓨팅 파워를 분산 시기키고 리소스 부족 문제를 해결하기 위함이다.

Ⅱ. 문제점 분석

[2]의 연구는 대용량 데이터 컴퓨팅에 적합한 함정 전투체계의 엣지 프레임워크를 제안하였다. 하부 체계가 취급하는 센서 노드들에게 엣지를 적용하여 컴퓨팅 능력을 부여하는 프레임워크이다. 해당 연구의 엣지 프레임워크는 데이터 우선순위, 컴퓨팅 대기 지연시간, 네트워크 부하 등등의 엣지 컴퓨팅에 대한 요구사항[3]을 고려하지 않았다. 엣지는 생성된 데이터를 순차적으로 컴퓨팅하며 업무를 동등하게 분담한다. 다음과 같은 컴퓨팅 환경은 컴퓨팅 대기시간을 발생시켜 우선순위가 높은 데이터 처리 시간을 지연시킬 수 있고, 네트워크 부하로 인한 지연시간을 발생시킬 수 있다. 또한 집중적 컴퓨팅 구조로 인해, 리소스 및 컴퓨팅 파워 부족 문제가 발생할 수 있다. 이는 실제 전시 상황에서 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 [2] 연구의 향후 연구로, 차세대 함정 전투체계의 엣지 컴퓨팅을 위한 Task Offloading 기법을 제안하고 설계하였다. Task Offloading은 함정 전투체계의 통신 플랫폼인 DDS 미들웨어의 QoS 정책에 따른다.

Ⅲ. 요구사항 분석 및 QoS 기반의 Task Offloading 기법 설계

함정 전투체계는 여러 하부 체계를 하나의 플랫폼으로 운용하기 위하여 DDS(Data Distribution Service) 미들웨어를 통신 플랫폼으로 적용하고 있다. DDS 미들웨어는 이기종 플랫폼에 탑재되는 응용 소프트웨어간의 실시간 통신을 지원하는 OMG(Object Management Group)의 표준이다. Publish/Subscribe 기반의 통신을 지원하고, Topic을 기반으로 데이터를 Publish/Subscribe 한다. 그림 1은 DDS 미들웨어의 계층적 구조를 나타낸다. DDS 미들웨어는 크게 DCPS(Data Centric Publish Subscribe), RTPS(Real Time Publish Subscribe) 계층으로 나뉜다. DCPS 계층은 사

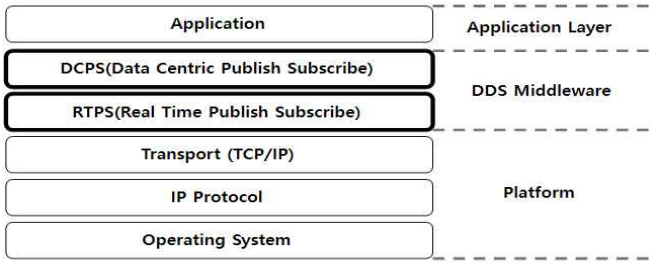

그림 1 DDS 미들웨어의 계층적 구조도

용자에게 DDS 통신을 사용할 수 있도록 하는 인터페이스를 제공해준다. RTPS 계층은 사용자에게 지원하는 통신을 실제로 구현해 놓은 계층이다.

함정의 하부 체계에 엣지를 적용하기 위해서는 DDS 미들웨어와 통신 인터페이스 구축이 요구된다. 또한 실제 함정은 Subscribe 되는 데이터를 저장하기 위하여 VS-DDS(Virtual Smart DDS)를 가상으로 적용하여 운용중이다. VS-DDS는 DCPS 계층의 API를 사용하여 DDS 통신 데이터를 복제하여 가상 DDS를 생성한다. 따라서 실제 함정에서 운용중인 VS-DDS 표준 버전인 DCPS 1.2, RTPS 2.1 버전 사용이 요구된다.

그림 2는 DDS 미들웨어의 QoS 정책에 따른 Task Offloading 기법의 알고리즘을 나타낸다. DDS 미들웨어는 고 신뢰 데이터 중심 통신을 지원하기 위하여 22가지 QoS를 지원한다. 그중 DDS 미들웨어 Domain 내부의 Endpoint인 DataWriter, DataReader에 해당하는 QoS 3가지를 사용한다. 표 1은 Task Offloading에 사용되는 QoS 정책 3가지의 설명을 나타낸다.

하부 체계의 센서 노드가 센서 데이터를 생성하면 엣지 노드의 DGD(Domain Government Document), DPPD(Domain Participant Permission Document, QoS 및 Topic 등등의 정보를 포함하는 인증 문서)를 분석하여 QoS 설정을 확인한다. 데이터 구독 권한을 표시하는 OWNERSHIP이 설정되어있다면 데이터를 Publish 한다. 엣지 노드는 Publish 된 데이터의 데이터 우선순위를 포함한 QoS인 RELIABILITY를 확인한다. 만약 우선순위가 높은 데이터라면, 이미 컴퓨팅 런타임 중인 여부를 판단한다. 런타임 중이라면 런타임이 아닌 엣지로 Task Offloading 한다. 반면에 런타임 중이 아니라면 컴퓨팅에 필요한 리소스를 표시하는 RESOURCE_LIMIT QoS를 확인하여 충분한 리소스 확보 여부를 판단한다. 조건이 확립 된다면 데이터를 Subscribe하고, 그렇지 않다면 리소스가 충분한 엣지에게 Task Offloading 후 알고리즘이 마무리된다.

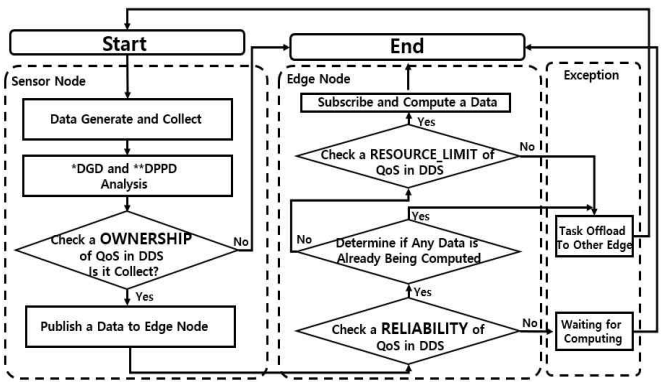

그림 2 QoS 기반의 Task Offloading 기법의 플로의차트

표 1 Task Offloading에 사용된 QoS 정책

QoS in DCPS	Meaning
OWNERSHIP	Set Access
RELIABILITY	Data Priority
RESOURCE_LIMIT	Set Required Resource

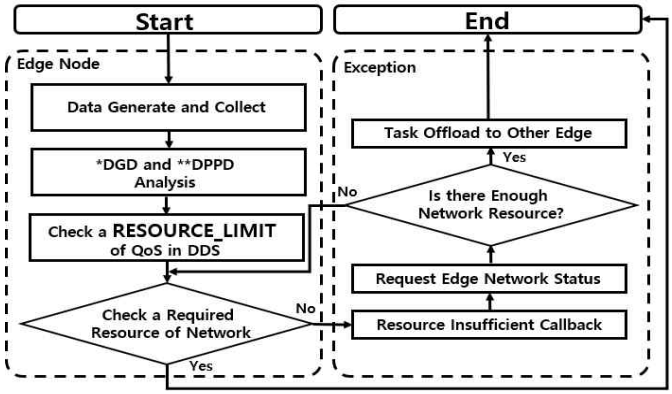

그림 3 QoS 기반의 네트워크 부하에 따른 Task Offloading 기법의 플로우차트

그림 3은 네트워크 부하에 따른 엣지 간의 Task Offloading 알고리즘을 나타낸다. 엣지 노드는 센서 노드로부터 생성된 데이터를 수집한다. 엣지 노드의 DGD, DPPD 문서를 통하여 RESOURCE_LIMIT QoS를 확인한다. RESOURCE_LIMIT는 표 1과 같이 DataWriter가 데이터를 Publish 하기 위해 요구되는 리소스를 정의해 놓은 QoS 이다. 해당 QoS를 엣지 노드 측면에서 확인한 후, 현재 네트워크 부하를 측정하여 컴퓨팅 가능여부를 판별한다. 불가능하다면 DCPS 계층의 DataWriterListener를 통해 Callback을 호출한다. 이 후, 다른 엣지들의 네트워크 부하 상태를 호출하고, RESOURCE_LIMIT QoS에 적합한 엣지로 Task Offloading 한다.

Ⅳ. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 차세대 함정 전투체계의 엣지 컴퓨팅을 위한 Task Offloading 기법을 제안하고 설계하였다. 기존 연구 엣지 프레임워크의 리소스 부족 문제, 컴퓨팅 파워 부족 문제를 해결하기 위함이다. 이를 해결하기 위하여 DDS 미들웨어의 데이터 정확성을 만족하기 위하여 QoS 정책을 기반한 Task Offloading 기법이 제안되었다. 제안한 기법은 DDS 미들웨어의 22가지 QoS 정책 중, Endpoint인 DataWriter, DataReader에 해당하는 3가지 QoS가 사용되었고, QoS 정책 정보를 기반으로 엣지 간에 업무를 분담한다. 이를 통하여 상황에 맞는 업무 분담이 이루어질 수 있고 네트워크 부하에 따른 업무 분담이 가능하다. 본 논문은 기법 설계에 중점을 두고 연구되었다. 향후에, 제안한 기법의 적용 가능성 및 실제 성능을 분석할 필요가 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2018R1A6A1A03024003)과 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구임 (2019R111A1A01063895)

참 고 문 헌

[1] Kwang-Yong Hwang, Kyoung-Chan Ok, Young-Jin Kim, Bong-Wan Choi, Hyun-Seung Oh, Kwan-Seon Choi, “A Study on Development direction of Next-generation Naval Combat System Architecture”, Journal of the KIMST, Vol, 19, No. 1, pp. 105 - 118, 2016.

[2] Gyeong-Seon Kim, “DDS Middleware for Next-Generation Naval Combat System”, Graduation Thesis at Kumoh National Institute Technology, 2020.

[3] Yongmin Zhang, Xiaolong Lan, Ju Ren, Lin Cai, “Efficient Computing Resource Sharing for Mobile Edge-Cloud Computing Networks”, IEE Transactions on Networking, Vol. 28, No. 3, pp. 1227 - 1240, 2020.