

고속 빅데이터 전송 기반의 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼 개발 및 연구

김기현*, 문정훈**

*한국과학기술정보연구원

**한국과학기술정보연구원

{kkh1258, jhmoon}@kisti.re.kr

Open Distributed Cloud Computing based on High-Speed Big Data Transfer

Ki-Hyeon Kim*, Junghoon Moon**

*Korea Institute of Science and Technology Information

**Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

최근 빅데이터, 인공지능 키워드를 이용한 다양한 연구들이 진행되고 있으며, 인공지능 연구를 통해 자동화 자율화를 위한 연구들이 주를 이루고 있다. 인공지능 연구를 수행하기 위해서는 거대한 데이터를 빠르게 전송해야하며, 인공지능을 손쉽게 수행하기 위한 플랫폼이 필요하다. 하지만 많은 연구기관에서는 빅데이터 전송 속도의 한계가 존재하며, 인공지능 알고리즘 수행을 위한 플랫폼 또한 부족한 것이 현실이다. 이를 해결하기 위해 ScienceDMZ 기술을 활용하여 고속의 빅데이터 전송을 위한 인프라를 구축하고, 엣지 컴퓨팅 기반의 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼을 개발한다. 이 시스템을 통해 사용자들에게 빅데이터를 빠르게 전송하고 전송된 데이터를 이용하여 바로 인공지능 연구를 수행하여 결과를 도출할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 이 시스템을 이용하여 GPU 분산 컴퓨팅을 수행하였을 때 성능과 GPU 병렬 컴퓨팅을 수행하였을 때의 결과를 비교하여 성능을 검증하고자 한다.

1. 서론

최근 ICT 분야에서 이슈되고 있는 기술들은 단연 빅데이터와 인공지능이다. 빅데이터와 인공지능을 위한 다양한 기술들이 등장하고 있고, 이에 발맞춰 다양한 연구들이 진행되고 있다. 과학 기술 분야에서도 시뮬레이션 중심의 연구 환경에서 빅데이터 기반의 인공지능 계산 및 분석을 수행하는 환경으로 변화하고 있다.

국내 대부분의 연구 기관에서는 인공지능 연구를 수행하기 위해서는 거대한 양의 빅데이터를 빠르게 전송하고 저장 및 처리할 수 있는 인프라와 플랫폼이 필요하다. 하지만 국내 연구기관들의 경우 빅데이터를 가지고 있지만 고속 전송을 위한 인프라를 구축하지 못하고 있으며, 이는 다양한 보안 정책들을 사용하기 때문에 전송의 성능이 저하되는 경우가 많다. 또한 기존의 컴퓨팅 방식의 경우 중앙집중식 구조로 구축되어 다수의 사용자들이 데이터를 전송할 경우 네트워크 병목 현상이 발생하며, 보안 및 접근성의 문제들이 생겨났다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 국내 출연연구소들의 빅데이터 전송 환경

을 개선하기 위해 ScienceDMZ[1] 기술을 이용하여 네트워크를 구축하며, 컴퓨팅 인프라의 문제를 해결하기 위해 엣지 컴퓨팅 기술[2,3]을 이용한 인공지능 연구 환경을 제공하는 플랫폼과 연계된 인프라를 제공한다.

본 논문에서 구성하고자 하는 네트워크 인프라는 ScienceDMZ 인프라로 종단 간 빅데이터 전송 효율성을 극대화 시키기 위해 네트워크의 구조, 데이터 전송 서버, 네트워크 보안 정책 등의 여러 구성요소들을 최적화시킨 기술을 말한다. ScienceDMZ 기술은 기본적으로 인터넷 망과 연구망을 분리하고, 연구 기관에 존재하는 보안 정책을 우회하여 TCP 성능 저하를 유발하는 요소들을 제거한다. 또한 빅데이터를 고속으로 전송할 수 있는 최적의 서버인 데이터 전송 노드(Data Transfer Node, DTN)[4]를 활용하여 빅데이터 고속 전송을 수행한다. 이와 같은 인프라에 GPU 컴퓨팅 환경을 함께 구성한 후 인공지능 컴퓨팅을 수행할 수 있도록 인공지능 연구를 위한 통합 관리 시스템을 개발하여 구축한다.

인공지능 통합 관리 시스템은 DTN 인프라를 구성할 때 엣지 컴퓨팅 환경의 구조로 구성되기 때문

에 네트워크의 병목 현상과 보안 및 접근성을 해결할 수 있다. 옛지 컴퓨팅 환경은 서버들을 지역적으로 분산하여 구성하기 때문에 각 기관에서 가장 가까운 서버를 이용하여 데이터를 전송하고 컴퓨팅을 수행할 수 있어 접근성과 네트워크의 성능을 높일 수 있다. 또한 보안에 있어 하나의 중앙집중식 구성으로 되어 있는 경우 하나의 서버에서 문제가 발생할 시 IP 구성과 보안 정책이 유사하기 때문에 다른 서버에도 문제가 발생할 확률이 높다. 하지만 옛지 컴퓨팅 환경에서는 분산된 서버들의 IP 구성이 다르며 보안 정책 또한 그 지역에 맞게 변화되기 때문에 보안적으로 유리하다. 이와 같은 여러 문제들의 해결을 위해 옛지 컴퓨팅 환경을 이용하여 인프라를 구성한다.

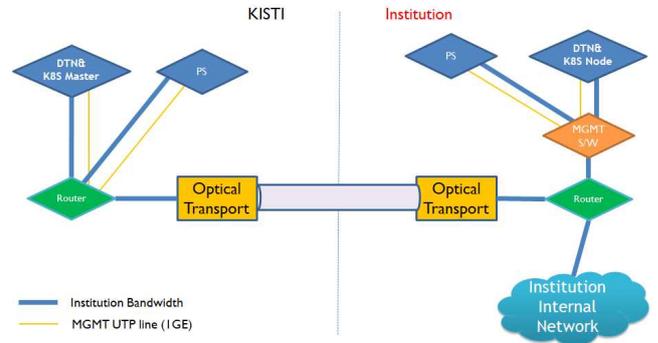
국가과학기술연구망 (KREONET)[5]은 R&E Together 프로젝트를 진행 중에 있으며, 이 프로젝트는 출연연구소들의 인공지능 연구 플랫폼 개발과 빅데이터 전송 문제를 해결하여 미래형 과학 협업 인프라 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 현재 이 프로젝트에 8개의 출연연구소 및 교육 기관 (한국항공우주연구원, 한국한의학연구원, 한국화학연구원, 한국핵융합에너지연구원, 한국생명공학연구원, 한국에너지기술연구원, 한국과학기술원, 한국과학기술정보연구원)이 참여하고 있다.

2. 인공지능 통합 관리 시스템 구축

본 논문에서 구축하고 있는 시스템은 인공지능 통합 관리 시스템으로 ScienceDMZ 인프라 구축과 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼을 통합적으로 관리할 수 있는 시스템을 개발 및 구축하고 있다.

ScienceDMZ 네트워크 인프라를 구축하기 위해서는 기본적으로 인터넷망과 연구망을 분리하는 것이 우선적으로 이루어져야 한다. 인터넷망과 연구망을 분리하는 것은 연구망과 인터넷망이 공용으로 사용하게 되면 인터넷망에 존재하는 작은 패킷들이 거대한 데이터를 전송하는 패킷을 방해하기 때문에 네트워크 속도의 저하 문제를 발생시킨다. 이에 따라 망 분리를 수행하며, 기존의 네트워크를 구성할 때 많은 보장 장비들과 정책들을 적용하여 구성하기 때문에 보안 정책에 의한 TCP 재전송이 발생하면 네트워크 지연의 문제가 계속적으로 일어나기 때문에 고성능의 스위치를 이용한 ACL(Access Control List)을 이용하여 보안을 구성한다. 그림 1은 ScienceDMZ을 구축한 스키마이며, 그림 1과 같이

기관의 내부 네트워크로 들어가기 이전 Border 라우터에서 분리된 하나의 라인을 이용하여 네트워크를 구성하고 DTN 서버를 연결한다. 각 기관에 DTN 서버를 구성하였기 때문에 지역적으로 분산된 옛지 컴퓨팅 구조로 구축된다.



(그림 1) ScienceDMZ 구축 스키마

다음으로 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼 개발을 위해 DTN 서버에 NVIDIA GPU를 같이 구성하여 인공지능 연구를 수행할 때 GPU 컴퓨팅이 가능하도록 구성하였으며, 구성된 GPU를 이용하여 각 기관에 설치된 DTN 서버들을 마치 하나의 서버와 같이 컴퓨팅을 수행할 수 있도록 분산 컴퓨팅을 수행하도록 구성한다.

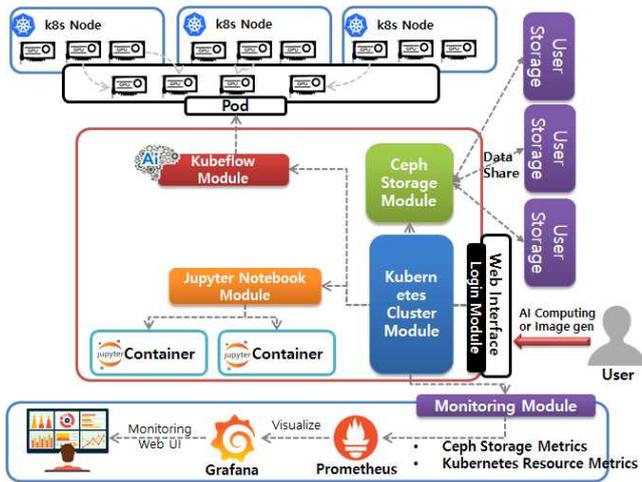
오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼은 다양한 오픈소스를 이용하여 하나의 통합 관리 시스템을 개발하고 있다. 그림 2와 같이 다양한 오픈소스들을 하나의 오케스트레이터 통해 간편하게 사용할 수 있도록 구성하고 있다.



(그림 2) 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼 사용 오픈소스

오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼은 여러 가지 오픈소스를 연계하여 구성한다. 기본적으로 분산되어 있는 여러 서버들을 관리하기 위한 시스템과 AI를 수행할 수 있도록 도와주는 소프트웨어로 나누어서 구성된다. 여러 서버들을 하나의 클러스터로 구성하기 위해 Docker와 Kubernetes를 이용하며, 컨테이너 기반의 플랫폼으로 구성하기 위해 사용된다. Kubernetes는 구글에서 개발한 Docker 컨테이너를 관리하기 위한

오케스트레이션 역할을 수행하며, Master와 Worker 노드로 나누어 구성하게 되는데, 하나의 마스터 노드를 구성할 시 마스터 노드에 문제가 발생하면 시스템 전체에 문제가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 Kubernetes High Availability 를 구성하여 높은 가용성과 안정성을 제공한다. HA 구성에는 HAPROXY와 KEEPALIVED 오픈소스를 이용한다.



(그림 3) 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼 구성도

스토리지의 구성은 Ceph과 ROOK으로 이루어진다. Ceph 스토리지는 Block 스토리지, Object 스토리지, 파일 시스템을 제공하는 소프트웨어 정의 스토리지로써, 오픈소스로 제공되며, 하드웨어 종속성 없이 어떤 저장장치에 사용할 수 있으며, 일관된 성능과 대규모 확장성을 보장하는 기술이다. 또한 다른 스토리지 기술들과도 연계가 가능하여 최근 많이 사용되는 스토리지 솔루션이다. Rook은 Ceph 스토리지와 Kubernetes를 연결하기 위한 오케스트레이터 역할을 수행한다. Kubernetes와 Ceph과 Rook을 연계하여 하나의 거대한 스토리지를 Object 스토리지 환경과 Block 스토리지 환경으로 제공된다.

오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼에서 중요한 역할을 하는 기능은 분산 컴퓨팅 기술이다. 분산 컴퓨팅 기술을 사용하기 위해 본 시스템에서는 Kubeflow라는 오픈소스를 사용하여 분산 컴퓨팅을 수행한다. Kubeflow는 Kubernetes(쿠버네티스) + ml flow 를 합한 의미로 구글에서 개발한 머신러닝에 필요한 컴포넌트를 패키징하여 배포하기 위한 오픈소스이다. Kubeflow 내부에는 다양한 기능들이 있지만, 그 중에서 TF-operator를 이용하여 분산 컴퓨팅을 수행한다.

인공지능을 수행하기 위한 다양한 소프트웨어들이 있다. 최근에 가장 많이 사용하고 있는 AI 툴로는 Jupyter 프로젝트 툴을 이용하여 인공지능 수업 및 연구를 수행하고 있다. Jupyter 프로젝트는 다양한 언어들을 대화형 컴퓨팅을 위한 커맨드 셸을 무료로 제공하는 프로젝트이다. 대화형 시각화와 GPU 툴을 제공함으로써 사용자 친화적이다. 사용자에게 AI 연구 환경을 제공할 시, Jupyter Notebook을 기본 베이스 이미지로 구성하고 다른 AI 언어들을 같이 설치하여 제공한다.

모니터링 시스템들은 Prometheus와 Grafana를 이용하여 사용자에게 사용하고 있는 리소스의 정보를 그래프로 보여주며, Elasticsearch와 Kibana를 이용하여 관리자를 위한 로그 정보들을 수집하고 그래프로 보여준다.

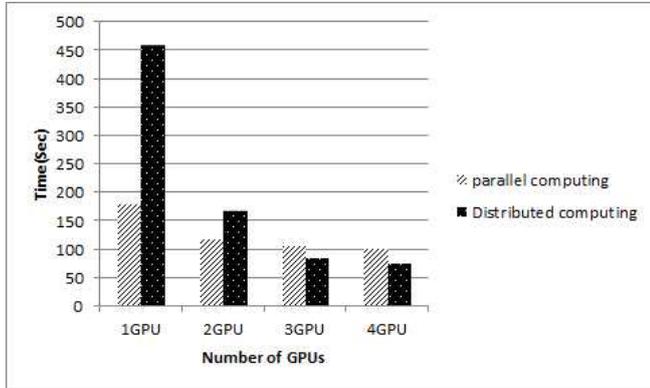
이와 같이 개발된 시스템은 ScienceDMZ 인프라와 연계되어 인공지능 통합 관리 시스템으로 구성되며, 컴퓨팅 인프라가 부족한 연구자들을 위해 제공되고 있다.

3. 실험

인공지능 통합 관리 시스템에서 병렬 컴퓨팅과 분산 컴퓨팅 두 가지 실험을 통해 성능 비교를 보이고자 한다. 병렬 컴퓨팅은 하나의 서버에서 여러 GPU를 이용하여 병렬로 컴퓨팅을 수행하는 것을 말하며, 분산 컴퓨팅은 지역적으로 분산된 여러 노드의 GPU를 이용하여 컴퓨팅을 수행하는 것을 말한다. 현재 구축된 시스템의 실험 환경은 GPU의 사용 개수는 1개부터 4개까지 사용하며, GPU 모델은 TAITAN을 사용하며, 데이터셋은 CIFAR-10을 사용한다. CIFAR-10 데이터 셋은 10개의 레이블 airplane, automobile, bird, cat, deer, dog, frog, horse, ship, truck으로 구성된 32x32 크기의 이미지로 구성된 데이터 셋이다. 전체 데이터 셋의 수는 6만개로 트레이닝 셋은 5만개이며 테스트 셋은 1만개로 구성되어 있다. 딥러닝 모델은 CNN을 사용하며, Epoch의 수는 50개, Batch 사이즈는 1200를 이용하여 병렬 컴퓨팅과 분산 컴퓨팅을 수행한다. 실험을 수행하기 위해 50번의 Epoch를 10번의 실험을 수행한 평균 시간을 계산하여 결과를 도출하였다.

GPU를 이용한 병렬과 분산 컴퓨팅의 비교 그래프는 그림 4와 같다. 그래프를 보면 처음 1-2개의 GPU를 사용할 경우 성능적으로 높은 것은 병렬 컴퓨팅이다. 하지만 GPU의 수가 늘어날수록 성능이

높아지는 것은 분산 컴퓨팅이라는 것을 확인할 수 있었다. 대용량의 데이터를 이용한 컴퓨팅을 수행하기 위해서는 분산 컴퓨팅이 더 적합하고, 실험을 수행하는데 있어 데이터의 양이 적거나 높은 컴퓨팅을 필요로 하지 않는 경우 싱글 또는 병렬이 더 빠르다는 것을 확인할 수 있었다.



(그림 4) 병렬 컴퓨팅과 분산 컴퓨팅 비교 실험 결과

4. 결론

국내·외에서 다양한 인공지능 연구들이 주를 이루고 있다. 이에 따라 고속의 빅데이터 전송과 인공지능을 위한 플랫폼이 필요하지만, 대부분의 연구기관에서는 컴퓨팅을 위한 시스템이 부족한 것이 현실이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 국가과학기술연구망 (KREONET)은 R&E Together 프로젝트를 진행 중에 있다. 이 프로젝트는 컴퓨팅을 필요로 하는 출연연구소 및 대학에 인공지능 연구 플랫폼 개발과 빅데이터 전송 문제를 해결하여 미래형 과학 협업 인프라 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

본 논문에서 개발한 시스템은 인공지능 통합 관리 시스템으로 ScienceDMZ 네트워크 인프라와 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼을 연계하여 빅데이터를 고속으로 전송 받고 전송 받은 데이터를 이용하여 인공지능 작업을 수행할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 이를 위해 ScienceDMZ을 구축하고 구축된 인프라 위에 다양한 오픈소스를 이용한 오픈 분산 컴퓨팅 플랫폼을 개발한다. 이 시스템에서 코어 역할을 수행하는 기능은 분산 컴퓨팅 기술이다. 분산 컴퓨팅 기술을 이용하여 거대한 인공지능 작업을 처리하기 위함이다.

인공지능 통합 관리 시스템을 이용하여 병렬 컴퓨팅과 분산 컴퓨팅을 이용하여 실험을 수행한다. GPU 컴퓨팅을 수행하였을 때 나타나는 결과는 1-2 개 이하의 GPU를 사용할 경우 병렬 컴퓨팅의 연산 결과가 더 빨랐으며, 3개 이상의 GPU를 사용하였을

경우에는 분산 컴퓨팅으로 작업을 수행하였을 때 더 빨랐다는 것을 확인할 수 있었다.

향후 본 시스템은 미국의 PRP 프로젝트[6]에서 개발한 인공지능 연구를 위한 시스템인 Nautilus와 한국의 인공지능 통합 관리 시스템의 Federation을 수행하기 위해 Admiralty[7]를 이용하여 상호간에 컴퓨팅 리소스와 NRP 프로젝트의 컴퓨팅 리소스를 공동 활용할 수 있는 체계를 구축 중에 있다.

5. 사사

본 연구는 2021년도 한국과학기술정보연구원 (KISTI) 주요사업 과제로 수행한 것입니다.

참고문헌

[1] E. Dart, L. Rotman, B. Tierney, M. Hester, and J. Zurawski, "The ScienceDMZ: A network design pattern for data-intensive science," Scientific Programming, vol. 22, no. 2, pp. 173-185, 2014.

[2] 박현문, and 황태호. "엣지컴퓨팅기술의 변화와 동향." 한국통신학회지 (정보와통신) 36, no. 2 (2019): 41-47.

[3] 이은정. "국방 클라우드 보안성 향상을 위한 엣지컴퓨팅 적용방안." PhD diss., 한양대학교, 2020.

[4] DTN (Data Transfer Node), <https://pacificresearchplatform.org/nrp/>, 03, 2021.

[5] KREONET, <https://www.kreonet.net/>, 03, 2021.

[6] PRP(Pacific Research Platform), <https://pacificresearchplatform.org/>, 03, 2021.

[7] Admiralty, <https://admiralty.io>, 03, 2021.