

# 뉴럴네트워크의 잔차 가중치를 활용한 스케일러블 AI-PCC 및 평가 방법

이민석 / 경희대학교 Media Lab

본 연구의 목표는 뉴럴네트워크의 잔차 가중치를 활용하여 AI-PCC(AI-based Point Cloud Compression)의 스케일러빌리티(Scalability)를 지원하는 것과 그에 대한 품질 평가 방안을 고안하는 것이다. 본 연구는 스케일러블 AI-PCC를 지원할 수 있는 플랫폼을 제안하며, 해당 플랫폼 내에서 활용할 수 있는 뉴럴네트워크의 잔차 가중치 압축 기술과 복원 포인트 클라우드의 품질 평가 기술을 제안한다. 잔차 가중치 압축 기술의 경우 기존 방식 대비 약 30%의 압축률을 달성하였으며, 평가 방법은 기존 밀도 기반의 PSNR이 가지는 한계를 수학적으로 극복하였다.

최근 3차원 포인트 클라우드의 획득/표현 장비가 발달함에 따라 메타버스 등의 응용 분야에서 3차원 포인트 클라우드를 활용하는 기술 연구가 활발히 진행 중이다. 이러한 포인트 클라우드 활용과 관련된 연구 분야 중, 데이터 크기가 큰 포인트 클라우드의 효율적 전송을 위한 데이터 압축 연구가 국제 표준화 기구인 ISO/IEC 산하 MPEG(Moving Pictures Expert Group)의 WG(Working Group)7에서 진행 중이다. MPEG에서 표준화가 완료된 포인트 클라우드 압축 표준 기술로는

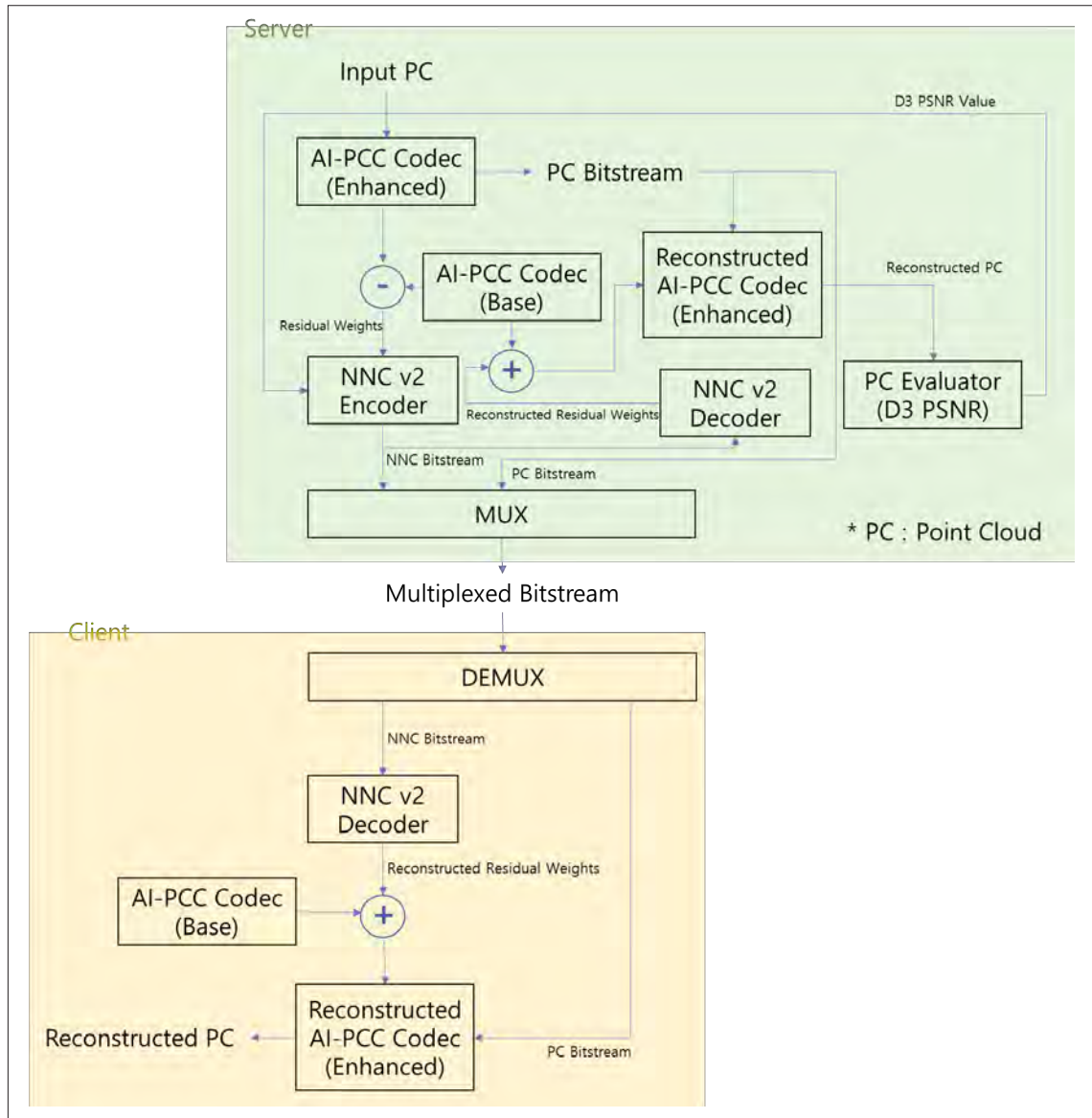
V-PCC(Video-based Point Cloud Compression) 및 G-PCC(Geometry-based Point Cloud Compression) 등이 있으며, 최근 AI-PCC 기술의 표준화가 진행되고 있다. AI-PCC는 2차원 영상 압축 분야에서 큰 성공을 거둔 VAE(Variational Auto Encoder)의 개념을 3차원에 적용한 기술로써, 기존 V-PCC 및 G-PCC 기술과 비교하여 월등히 높은 압축 성능을 낸다는 장점이 있다. 그러나 AI-PCC에서의 NN(Neural Network) 기반 코덱은 품질별로 서로 다른 파라미터로 학습되기에 하나의 통일된 코덱이 존재하지 않으며, 이에 따라 클라이언트는 수신하는 비트스트림의 품질별로 서로 다른 여러 개의 코덱을 소지해야 한다. 이는 서버가 압축된 포인트 클라우드 비트스트림을 전송할 때마다 이를 복호화하기 위한 NN 기반 복호화를 클라이언트에게 함께 전송해야 한다는 문제를 초래하며, 특히 스케일러빌리티가 필요한 적응적 스트리밍(Adaptive Streaming) 등의 환경에서는 큰 제약이 된다.

상기 제기된 문제점을 극복하기 위해 본 논문은 <그림 1>과 같은 구조의 플랫폼을 제안한다. 제안 플랫폼은 서버가 클라이언트에게 보낼 데이터의 크기를 기

## 졸업논문 소개

존 방식 대비 크게 줄임으로써 더욱 효율적인 스케일러블 AI-PCC를 지원한다. 제안 플랫폼은 클라이언트가 베이스(Base) AI-PCC 코덱을 가지고 있음을 상정하며, 클라이언트가 새로운 코덱이 필요할 경우 서버는 코덱 전체

를 보내는 것이 아닌, 기존 코덱과의 잔차 가중치를 보내게 된다. 해당 잔차 가중치는 뉴럴네트워크 압축 코덱인 NNC(Neural Network Coding) 부호화기로 압축하게 되며, 압축된 잔차 가중치 비트스트림은 AI-PCC 코덱을 통



<그림 1> 제안 플랫폼 구조도

## 졸업논문 소개

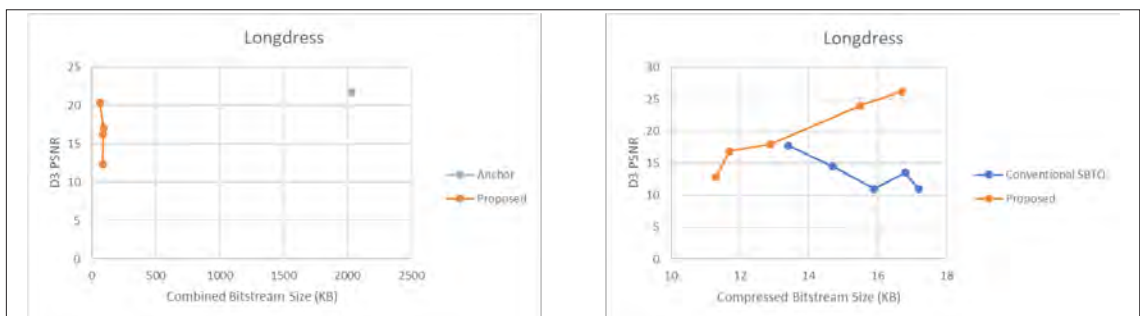
해 압축된 포인트 클라우드 비트스트림과 함께 멀티플렉싱되어 클라이언트에게로 송신된다. 클라이언트는 수신한 비트스트림을 디멀티플렉싱하여 NNC 비트스트림을 먼저 복호화한다. 복호화된 잔차 가중치를 미리 소지하고 있던 베이스 코덱에 더하여 코덱을 업데이트하게 되며, 해당 코덱을 통해 수신한 포인트 클라우드 비트스트림을 복호화하여 결과적으로 포인트 클라우드를 복원한다. 이러한 복원 과정은 서버단에서도 수행되며, 이는 복원 포인트 클라우드의 품질을 사전에 평가하기 위함이다. 복원 품질이 일정 수준 이하로 떨어지게 되면 잔차 가중치의 압축을 개선된 양자화 파라미터를 통해 다시 수행한다.

본 논문은 제안 플랫폼의 성능을 높이기 위해 두 가지 문제점을 추가로 극복한다. 첫 번째로, 제안된 플랫폼에서 활용하는 기존 NNC 기반 잔차 가중치 부호화기의 제한된 압축 성능을 극복하여 약 30% 높은 압축률을 달성하였다. NNC 기반 잔차 가중치 부호화기는 양자화 기술로 SBTQ(Stochastic Binary Ternary Quantization) 기술을 사용하는데, 이는 0 이외의 값들을 1의 평균값으로 대체하는 기술이기에, 높은 압축률을 달성하지만 데이터를 크게 왜곡시킨다. 이러한 SBTQ의 왜곡을 줄이기 위해 본 논문은 분산을 기반으로 평균값을 최적화하는 VOA(Variance-based Optimal Averaging) 기

술과 표준정규분포표를 기반으로 평균값의 크기를 조절하는 SNDO(Standard Normal Distribution-based Optimization) 기술을 제안한다. 제안 기술은 2022년 7월 ISO/IEC JTC 1/SC 29 WG4의 NNC 표준에 채택된 바 있다.

두 번째로, 플랫폼의 서버단에서 수행하는 복원 포인트 품질 평가 기술이 가지는 수학적 한계를 극복하여 더욱 정확한 품질 평가를 가능케 하였다. AI-PCC 기술을 통해 압축 후 복원된 포인트 클라우드의 위치값 품질 평가를 위해 일반적으로 D3 PSNR(Density-to-Density) PSNR 메트릭을 활용한다. 그러나 해당 메트릭은 복원 포인트 클라우드의 영역별 밀도에 따라 평가값의 편차가 크게 발생하며, 밀도 측정을 위한 점당 범위 설정을 부정확하게 하기에 메트릭의 신뢰도가 떨어진다. 이러한 한계를 극복하기 위해 본 논문은 밀도 비율 기반의 오차 측정 기술 및 넓은 범위의 범위 설정 기술을 활용한 밀도 기반 포인트 클라우드 품질 평가 방안을 제시한다. 제안 기술은 2023년 4월 ISO/IEC JTC 1/SC 29 WG7의 AI-PCC 세션의 표준화 준비 단계 중 포인트 클라우드 평가 메트릭 소프트웨어로써 승인된 바 있다.

제안 플랫폼의 검증을 위하여, MPEG의 AI-PCC 기술 중



<그림 2> (좌) 제안 플랫폼 RD-curve (우) SBTQ 개선 기술 RD-curve

## 졸업논문 소개

GRASP-NET 모델을 통해 실험을 진행하였다. <그림 2>의 좌측 그래프는 잔차 가중치를 전송하는 제안 플랫폼과 모델 전체를 전송하는 기존 방식에서의 비트스트림(포인트 클라우드 비트스트림과 잔차 가중치 비트스트림의 합) 크기를 비교하는 RD-curve이며, 우측 그래프는 기존 SBTQ 기술을 활용했을 시 잔차 가중치의 압축 비트스트

림 크기와 제안 기술인 VOA 및 SNDO가 적용된 SBTQ의 기술을 비교한 RD-curve이다. 양쪽 그래프에서의 Y축은 복원 포인트 클라우드의 D3 PSNR을 나타낸다. <그림 2>의 결과를 통해 본 논문의 제안 기술이 성공적으로 기존 방식의 한계를 극복했음을 확인할 수 있다.



### 이 민 석

- 2021년 : 경희대학교 전자공학과 학사
- 2021년 ~ : 경희대학교 전자정보융합공학과 석사과정
- 주관심분야 : 포인트 클라우드 압축, 뉴럴네트워크 경량화