**Concat 텐서 그룹수와 보존율 분석 보고서**

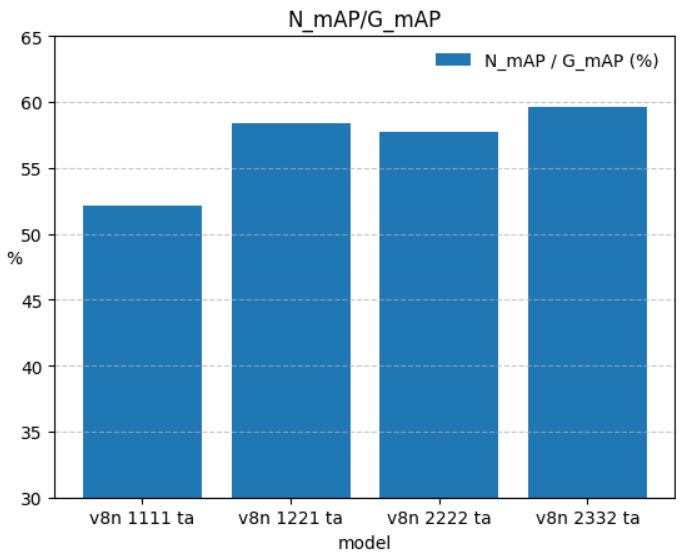
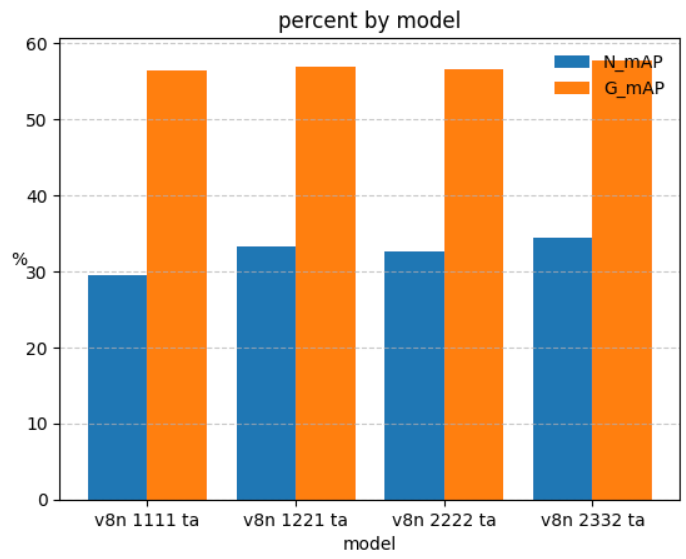
1. **서론**
   1. 배경
      1. 앞선 보고서에서 c3레이어에 대한 bottleneck 반복수에 따른 보존율 상관관계에 알아보았고, 본 보고서에는 c2f에 대한 내용을 다룰 예정이다. 우선 c2f 레이어의 동작 방식은 cv1을 통해 2개의 하위 텐서로 나뉘는 것은 c3레이어와 동일하지만 c3레이어의 Bottleneck반복을 통한 후 concat하는 것과 달리 텐서 복사본을 생성 후 각각 n개의 복사본이 Bottleneck을 통과한 후 원본 정보를 가지고 있는 텐서와 concat되고 출력된다. 본 보고서는 v8n기준 concat 텐서수에 따른 보존율의 상관관계를 분석할 예정이다.
   2. 실험 준비
      1. 실험 항목
         1. v8n\_1111
         2. v8n\_1221
         3. v8n\_2222
         4. v8n\_2332
   3. 목적

보존율 = NmAP / GmAP

* + 1. concat이 받는 텐서 그룹수와 양자화 손실률 상관관계 분석  
        concat 텐서 수가 많아질수록 데이터의 범위가 증가 한다. 즉 값의 분포가 넓어질 가능성이 있는데, 이 넓어진 분포를 양자화된 모델이 제대로 표현하지 못 해 정보 손실이 증가할 수 있다. 또한 concat된 텐서 값들이 특정 범위에 치우지거나 분포가 비선형적인 경우에 양자화 과정에서 작은 값들이 손실되거나 큰 값이 클리핑될 수 있다. 본 실험의 목적은 적절한 concat 텐서수를 알아내기 위해 실험을 진행한다.
  1. 평가 지표
     1. Parameter 수
     2. NPU/GPU 비율
     3. NPU 성능
     4. GPU 성능
     5. FPS

1. **본론**
   1. 실험 설계
      1. 실험 방법
         1. 동일한 데이터로 학습한 모델에 대해 동일한 입력 데이터를 사용하여 실험 모델 별 성능 측정.
            1. 학습 데이터 : 제공받은 train set과 추가로 add set을 병합
            2. 입력 데이터 : 제공받은 test set
         2. 실험할 주제 외의 항목은 통제.
   2. 실험 결과 및 분석  
      1. concat 텐서수에 따른 연산 보존율 비교  
         1. 비교 모델 :
            1. v8n\_1111 vs v8n\_1221 vs v8n\_2222 vs v8n\_2332
         2. 모델 설명 :
            1. v8n\_1111: 기본 yolov8n 모델에 concat 탠서수 1, 1, 1, 1를 설정한 모델
            2. v8n\_1221: 기본 yolov8n 모델
            3. v8n\_2222: 기본 yolov8n 모델에 concat 탠서수 2, 2, 2, 2를 설정한 모델
            4. v8n\_2332: 기본 yolov8n 모델에 concat 탠서수 2, 3, 3, 2를 설정한 모델
         3. 가설   
             **concat** 텐서수가 증가하면 모델의 데이터 값들의 분포가 넓어지고, 모델이 학습할 수 있는 정보의 범위가 증가한다. 하지만 8bit 연산 환경에서 범위가 넓어진 데이터 값을 정확히 활용하지 못 할 수 있다. 또한 해당 concat에서의 데이터 값들의 분포가 특정 범위에 치우치거나 outlier 범위에 있을 경우에 작은 값이 손실되거나 큰 값들이 clipping될 수 있다. 따라서 1111모델에서 concat 텐서수가 증가한 모델일수록 보존율 하락폭이 클 것이다.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Parameter 수 | NPU/GPU 비율 | NPU 성능 | GPU 성능 | FPS |
| v8n\_1111 | 2.9M | 52.16% | 29.42% | 56.4% | 181.74 |
| v8n\_1221 | 3.01M | 58.37% | 33.2% | 56.88% | 165.44 |
| v8n\_2222 | 3.02M | 57.72% | 32.66% | 56.58% | 162.03 |
| v8n\_2332 | 3.44M | 59.59% | 34.42% | 57.76% | 146.01 |

* + - 1. 결과 :
      2. 분석 :
         1. v8n\_1111 -> v8n\_1221

보존율 기준 52.16% 에서 58.37%로 약 6.2% 상승폭을 보인다. Concat 텐서수가 증가함에 따라 NPU에서 활용 가능한 정보가 더 증가한 것으로 보임. NPU의 병렬 연산이 효율적으로 수행되어 성능 개선에 기여한 것으로 판단된다.

* + - * 1. v8n\_1221 -> v8n\_2222

보존율 기준 58.37% 에서 57.72%로 약 0.65% 하락폭을 보인다. Concat 텐서수가 균일하게 증가함에 따라 NPU연산 환경에서 값 분포의 복잡성 증가로 인해 효율이 저하되고 값 분포가 넓어짐에 따라 작은 값의 손실 또는 큰 값의 clipping이 발생했을 가능성이 있음. 또한 GPU에서의 성능도 약간 감소함에 따라 NPU에서의 성능도 저하되어 보존율에도 영향을 미친다. 이는 GPU에서의 연산 효율이 저하된 것으로 판단된다.

* + - * 1. v8n\_2222 -> v8n\_2332

보존율 기준 57.72% 에서 59.59%로 약 2% 상승폭을 보인다. Concat 텐서수를 비대칭적으로 조정한 경우에 각 레이어에서 생성되는 데이터의 다양성이 달라져 데이터 값 분포가 더 균형적으로 조정된 것으로 추정한다. 텐서수를 일정하게 늘리는 경우보다 각 레이어의 역할에 따른 텐서수 최적화가 NPU성능 향상에 기여한 것으로 보인다.

1. **결론**
   1. 주요 결론
      1. 적정 텐서 수 조합

v8n\_2332모델이 가장 높은 보존율 59.59%을 보여준다. 이는 비대칭적으로 텐서수를 조정했을 때 데이터 값 분포가 더 균형적으로 조정되어 정보 손실이 적다고 판단했다. 반대로 균일하게 증가한 v8n\_2222는 하락폭을 보였다. 이는 데이터 값 분포에서 더 다양한 정보를 제공하지만 GPU 연산 효율이 저하되어 보존율이 오히려 감소했다.

* + 1. Concat 텐서 수가 NPU 성능에 미치는 영향

NPU 환경에서의 병렬 연산은 concat 텐서수가 적절하게 조정된 경우 성능을 향상시킨다. 하지만 값 분포의 범위가 지나치게 넓어지거나 작은 값, 혹은 큰 값에 몰려있으면 정보 손실량이 매우 많아저 오히려 연산 효율이 저하되는 상황을 초래한다. 따라서 모델 설계 시 데이터 분포와 NPU 연산 환경을 고려한 concat텐서수를 설정해야 한다.

* 1. 향후 연구 방향

이번 분석으로 앞선 보고서의 c3레이어의 Bottleneck과 c2f레이어의 concat에 대해 알아보았다. c2f레이어가 c3 레이어에 비해 파라미터 수가 많고 그에 따라 성능도 좋게 나왔다. 이러한 결과를 바탕으로 모델 크기에 따른 분석과 c3레이어에서 연산량을 줄인 c3ghost레이어의 특징을 추가로 알아보고자 한다.