

Per-Gaussian Embedding-Based Deformation for Deformable 3D Gaussian Splatting

- <https://arxiv.org/pdf/2404.03613>
- <https://jeongminb.github.io/e-d3dgs/>
- <https://github.com/JeongminB/E-D3DGS>

概要

- 研究対象は動画のNVS
- 既存研究はdeformable NeRFと同じように各時刻におけるcanonical spaceの3dGSからの差分をNN $f(x, y, z, t)$ に学習させるもの
- このdeformationをgaussianごとに持たせるべきという主張
- やったことは以下の3つ
 - 各時刻におけるcanonical spaceからのdeformationを得るために各gaussianにembeddingを持たせて、それとは別に各時刻ごとにtemporal embeddingを持たせる
 - temporal variationsをcoarse deformationとfine deformationに分割
 - coarse deformationは大きくて遅い動きを持つ
 - fine deformationはcoarseがカバーしきれていない早くて細かい動きをもつ
 - per-Gaussian embeddingに対してlocal smoothness regularizationの導入
 - 近くにいるGaussianのembeddingが近くなるようにするための正規化

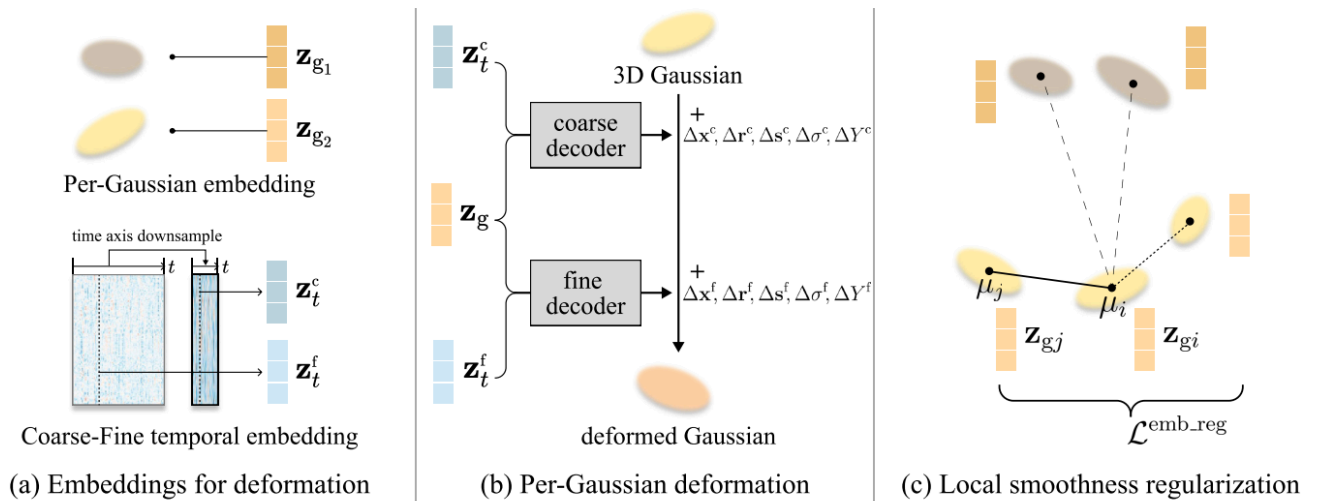
関連研究

- Deforming 3D Canonical Space
 - D-NeRF
 - Nerfies
 - Hyper-NeRF
 - HyperReel
- Dynamic 3D Gaussians
 - 4DGaussians
 - D3DGS
 - 4DGS

- Latent Embedding on Novel View Synthesis
 - NeRF-W
 - Block-NeRF
 - DyNeRF
 - HyperNeRF
 - Sync-NeRF
- Considering Spatial Relationship of Gaussians
 - Scaffold-GS
 - SAGS
 - SC-GS
 - GaussianPrediction
 - Dynamic 3D Gaussians

提案手法

- 提案手法は下図



- 各Gaussianに学習可能なembedding z_{g_i} を持たせる
- 各フレームごとに学習可能なembedding z_t を持たせる
- 各フレームのGaussianのパラメータはcanonical gaussianのパラメータにNN \mathcal{F} から得られる値を足し合わせることで得られる

$$\mathcal{F}_\theta(z_g, z_t) = (\delta x, \delta r, \delta s, \delta \sigma, \delta Y)$$

- x はgaussianの位置, r はrotation quaternion, s はvector for scaling, σ はopacity, Y はSH係数
- z_t は実際はcoarse z_t^c とfine z_t^f に分割される
- NNも画像のように2つに分割されて $\mathcal{F}_{\theta_c}(z_g, z_t^c)$, $\mathcal{F}_{\theta_f}(z_g, z_t^f)$ のように使用される
- local smoothness regularizationとして以下のlossを導入

- これにより近いgaussianは近いembeddingを持つ

$$\mathcal{L}^{\text{emb}_{\text{reg}}} = \frac{1}{k|\mathcal{S}|} \sum_{i \in \mathcal{S}} \sum_{j \in \text{KNN}_{i,k}} (w_{i,j} \|z_{gi} - z_{gj}\|_2)$$

- ここで、 $w_{i,j} = \exp(-\lambda_w \|\mu_j - \mu_i\|_2^2)$ であり μ はGaussianの位置で λ_w と k はハイパラ
- 学習は普通にrenderingしてL1 lossとssim loss

英語

- deformation : 変形
- decompose : 分解する
- polynomial : 多項式
- scaffold : 足場