

NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis

概要

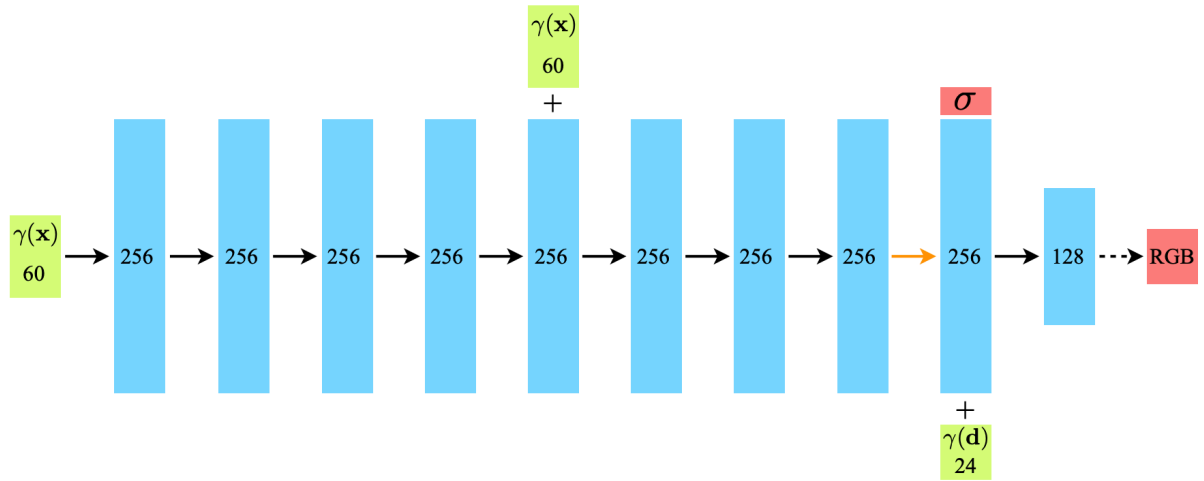
- タスクはNVS(Novel View Synthesis)
- Neural Networkで3d Representationした

NeRF(Neural Radiance Fields)

- NeRFは複数視点の画像データから任意の新視点画像を生成することを目的とする
- 3Dモデル構築部分をNeural Networkでやる
 - 入力 : 位置ベクトル $\mathbf{x} = (x, y, z)$ と方向 (θ, ϕ)
 - 方向は3次元ベクトル \mathbf{d} として扱う
 - これを単位ベクトルとして扱うので、制約が加わって自由度2となる
 - これで結局入力は5次元となり論文中では5D neural networkと記述されている
 - 出力 : 色ベクトル $\mathbf{c} = (r, g, b)$ と密度 σ
- 画像生成の際にcamera rayを打ってそのray上から数点サンプリングして得られた座標とcamera rayから求められる方向をNNに入れて密度と色の集合を得る
- 得られた密度と色の集合からrenderingを計算して画像上のピクセルの色が決まる

Network

- networkはfully-connected network
- 密度 σ は位置 \mathbf{x} だけに依存して、色 \mathbf{c} は位置 \mathbf{x} と方向 \mathbf{d} に依存する
- その依存関係を表現するために最初は位置だけ入力して、密度を出力したあとに方向を入力するようにしている
- また、 γ はpositional encodingでありスカラーを $2L$ 次元にする写像



(元論文より引用)

volume rendering

- camera ray $\mathbf{r}(t) = \mathbf{o} + t\mathbf{d}$ を打った際に色計算は理論的には以下

$$C(\mathbf{r}) = \int_{t_n}^{t_f} T(t) \sigma(\mathbf{r}(t)) \mathbf{c}(\mathbf{r}(t), \mathbf{d}) dt$$

$$T(t) = \exp\left(-\int_{t_n}^t \sigma(\mathbf{r}(s)) ds\right) \quad (1)$$

- t_n, t_f がrayの計算範囲(それぞれnear, far)
- $T(t)$ は累積透過率を表す(遠くに行けば行くほど弱くなる)
- この上式を計算するためにサンプリングを行う
- N 個の点をサンプリングする際は $[t_n, t_f]$ を等間隔の N 個の区間に分割して、各区間で独立に一様分布でサンプリングする
- つまり、 i 個目の点 t_i は以下のようにサンプリングする

$$t_i \sim \mathcal{U}\left(t_n + \frac{i-1}{N}(t_f - t_n), t_n + \frac{i}{N}(t_f - t_n)\right)$$

- これを用いて以下のようにrendering

$$\begin{aligned}
 C(\mathbf{r}) &= \sum_{i=1}^N T_i (1 - \exp(-\sigma_i \delta_i)) \mathbf{c}_i \\
 T_i &= \exp\left(-\sum_{j=1}^{i-1} \sigma_j \delta_j\right) \\
 \delta_i &= t_{i+1} - t_i
 \end{aligned} \tag{2}$$

positional encoding

$$\begin{aligned}
 \gamma : \mathbb{R} &\rightarrow \mathbb{R}^{2L} \\
 \gamma(p) &= (\sin(2^0 \pi p), \cos(2^0 \pi p), \dots, (\sin(2^{L-1} \pi p), \cos(2^{L-1} \pi p)))
 \end{aligned} \tag{3}$$

英語

- quadrature : 求積法
- transmittance : 透過率
- cartesian coordinate : 直交座標(デカルト座標)
- prohibitive : 法外な
- discretize : 離散化する
- march : 行進する、前進する、規則正しく並んでいる
- radiance : 輝き
- long standing : 長い間存在している